

Monitorización En Tiempo Real Del Control De Calidad Del Aire Para La Plataforma Del Grupo Aereo Presidencial



Kevin Andre Molina Gutierrez
Carrera de Ingeniería de Sistemas, Escuela Militar de Ingeniería
La Paz, Bolivia
kmolinag@est.emi.edu.bo



Real-time monitoring of air quality control for the platform of the presidential air group

Resumen - El presente proyecto de grado fue elaborado con el propósito de disminuir la contaminación atmosférica causada por el transporte aéreo y sus efectos dañinos en la salud de los operarios del Grupo Aéreo Presidencial.

El objetivo principal del presente trabajo es de informar en tiempo real a los operarios del Grupo Aéreo Presidencial el valor del índice de calidad del aire y disminuir los riesgos de contaminación ambiental en dicha instalación, para ello se creó un prototipo con las características para mostrar en tiempo real la calidad del aire.

El prototipo diseñado fue acondicionado con todos los componentes necesarios para lograr el objetivo. El mismo consta de una estación remota de monitoreo que es un dispositivo formado por seis sensores ambientales cuya función es de medir la contaminación ambiental del lugar. Lo anteriormente expuesto no será suficiente si no cuenta con un módulo que es la central de monitoreo, la misma también fue creada para cumplir a cabalidad el objetivo, cuya función es procesar los datos recibidos de la estación remota para posteriormente emitir la información en tiempo real e inclusive registrarse en una base de datos para la toma de decisiones futuras.

En este sentido, se procedió en el primer capítulo a analizar el planteamiento del problema, estableciendo objetivos, delimitando geográficamente y generando el alcance del proyecto. En el segundo capítulo se realizó la investigación teórica necesaria para el desarrollo del trabajo. Asimismo, el tercer capítulo implica el marco práctico donde se realizó el desarrollo del prototipo, en el mismo se realizó el análisis de los requerimientos funcionales de los componentes utilizados para posteriormente proceder con el diseño electrónico, la implementación, pruebas y resultados obtenidos. La cuarta parte del proyecto es la evaluación técnica y económica del proyecto, dando la señal de que si es viable y los beneficios que

tiene el presente trabajo. Finalmente, la quinta parte del proyecto es la conclusiva y recomendada.

Palabras Claves— API, BBDD, EPA, CAD, CSS, GPIO, HDMI, HTTP, Iaa, IBNORCA, IDE, ICA, IoT, IoV, JS, JSON, M2M, MVC, PaaS, PSMCA, PM, PPM, REST, RFID, RPC, RUP, SaaS, SBC, SOAP, SQL, SSL, USB, UML, USB, WSN.

Abstract - This degree project was developed with the purpose of reducing air pollution caused by air transport and its harmful effects on the health of the operators of the "Grupo Aéreo Presidencial".

The main objective of this work is to inform in real time to the operators of the "Grupo Aéreo Presidencial" the value of the air quality index and reduce the risks of environmental pollution in this facility, for this purpose a prototype was created with the characteristics to show in real time the air quality.

The design of this prototype was conditioned with all the necessary components to achieve the objective. It consists of a remote monitoring station which is a device formed by six environmental sensors whose function is to measure the environmental pollution of the place. The above mentioned will not be enough if it does not have a module that is the monitoring center, which was also created to fully meet the objective, whose function is to process the data received from the remote station to subsequently issue the information in real time and even recorded in a database for future decision making.

In this sense, in the first chapter we proceeded to analyze the problem statement, establishing objectives, geographically delimiting and generating the scope of the project. In the second chapter, the theoretical research necessary for the development of the work was carried out. Likewise, the third chapter involves the practical framework where the

development of the prototype was carried out, in which the analysis of the functional requirements of the components used was performed in order to proceed with the electronic design, implementation, tests and results obtained. The fourth part of the project is the technical and economic evaluation of the project, giving the signal that it is feasible and the benefits of this work. Finally, the fifth part of the project is the conclusive and recommended part.

Keywords— API, BBDD, EPA, CAD, CSS, GPIO, HDMI, HTTP, Iaa, IBNORCA, IDE, ICA, IoT, IoV, JS, JSON, M2M, MVC, PaaS, PSMCA, PM, PPM, REST, RFID, RPC, RUP, SaaS, SBC, SOAP, SQL, SSL, USB, UML, USB, WSN.

I. INTRODUCCION

Según estimaciones de 2016, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 4,2 millones de muertes prematuras; esta mortalidad se debe a la exposición a materia particulada de 2,5 micrones o menos de diámetro (PM2.5), que puede causar enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como cáncer.

De esta manera, la contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma. Las causas de la contaminación no solo se deben a la tala excesiva y preocupante de los árboles, o emisiones y vertidos industriales a la atmósfera y a la hidrosfera, o a la extracción, procesamiento y refinamiento de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural), sino también a la contaminación provocada por los medios de transporte, ya sea por el uso excesivo de medios de transporte terrestre como los automóviles, medios fluviales o por medios de transporte aéreos como ser helicópteros y aviones que son medios de transporte impulsados por gasolina o diésel que en los últimos años el tránsito aéreo cada vez se va incrementando. En cuanto a la contaminación de los medios de transporte aéreo, a nivel mundial la aviación causa más del 5% de las emisiones mundiales de Dióxido de Carbono (CO₂), los efectos ambientales de la aviación no se detienen ahí. Aparte del dióxido de carbono, los aviones producen otros elementos nocivos (metano, ozono, hollín, estelas y nubosidad inducida) con mayor impacto climático que el CO₂.¹

¹ Informe Stay Grounded, La Aviación y la Contaminación, 2020

Por lo tanto, la adopción de políticas e inversiones de apoyo al uso de medios de transporte menos contaminantes permitirían reducir algunas de las principales fuentes de contaminación del aire en las ciudades para de esta manera contribuir a la disminución no solo de una ciudad, si no del país y porque no de la contaminación mundial. Por ello, la importancia de medir la calidad del aire es vital, aunque ésta es variable y puede verse afectada por diversos factores, por ejemplo, la velocidad del viento, la densidad de población, la distribución de contaminantes y si la ubicación es en interiores o exteriores. Convencionalmente, las estaciones de control de la contaminación del aire son de gran tamaño, costosas para la instalación y el mantenimiento.

Es así, que el presente proyecto de grado a través de los conocimientos adquiridos en los años de estudio pretende realizar un prototipo para coadyuvar a la disminución de la contaminación, a través de la emisión de información, gracias a la monitorización en tiempo real de la calidad del aire.

El presente proyecto, realizó la prueba piloto con el prototipo en el Grupo Aéreo Presidencial de la ciudad de El Alto, en el mismo se realizó una evaluación general respecto al tema donde se escogerán los datos más relevantes que serán de utilidad para realizar el prototipo, y de la misma manera se aplicara el internet de las cosas (IoT) como una herramienta para tecnologizar la medición de calidad de aire.

II. MATERIALES MÉTODOS

Tabla. Método Temático

ALCANCE	DETALLE
Área de Investigación	Electrónica analógica I, II y III. /Sistemas de control I y II./Microcontroladores I y II. /Procesamiento digital de señales/Redes de comunicación I y II.
Tema Específico	MONITORIZACION EN TIEMPO REAL DEL CONTROL DE CALIDAD DEL AIRE PARA LA PLATAFORMA DEL GRUPO AEREO PRESIDENCIAL
Nivel de Investigación	Cualitativo-Analítico

Fuente y Elaboración: Propia

**MONITORIZACION EN TIEMPO REAL DEL CONTROL DE CALIDAD DEL AIRE
PARA LA PLATAFORMA DEL GRUPO AEREO PRESIDENCIAL**

El uso de una metodología de desarrollo es muy beneficioso para la organización de proyectos, ya que establece que métodos y técnicas se debe usar en cada fase del ciclo de vida del proyecto

La interpretación de los datos obtenidos por medio de las encuestas y entrevistas que se realizaron al personal destinado en el Grupo Aéreo presidencial es de manera muy interesante ya que se medirá la calidad de aire que se tiene y así poder tener los cuidados y usar la protección necesaria cuando uno tenga que estar cerca de los aviones y helicópteros ya que saben que pueden estar con el aire contaminado por la emisión de los gases que causa el transporte aéreo ya que se quema el combustible y al combinarse con el oxígeno es donde se emite la contaminación ambiental.

1) Resultados de la Evaluación de la Calidad del Aire

Estado del Aire	Propano C3H8	Metano CH4	Monóxido de Carbono CO	Dióxido de Carbono CO2	P M	P M
Bueno	0 - 15,6	0 - 14,6	0 - 4,4	0 - 10	5	0
	15,6 - 45,3	14,6 - 42,5	4,5 - 12,4	11,5 - 36,9	5	0
Regular	45,3 - 100	42,5 - 100	12,4 - 20	36,9 - 100	5	1
	100	100	20	100	5	2

Fuente: Elaboración Propia

Por todo lo expuesto, se plantea que el presente proyecto es de gran relevancia e importancia, debido a la reducción de la contaminación ambiental y a cuantificar la afectación al medio ambiente se debe seguir un estricto protocolo también tener en cuenta que las concentraciones de contaminantes emitidos al medio ambiente producto de cualquier actividad del transporte aéreo que como parte de sus operaciones cause afectaciones al medio ambiente y garantizar un ambiente sano y minimizar los riesgos sobre la salud humana que puedan ser causados por la concentración de contaminantes en el aire ambiente.

Estructura macro general del sistema propuesto



Fuente: Elaboración Propia

La estructura del presente trabajo se tomo el flujo de gases emitido por el transporte aéreo, donde los sensores reciben los datos de la contaminación percibidos a través del contacto del aire con los sensores para posteriormente los datos recibidos sean emitidos a través del interfaz.

El diseño es el proceso de construir y ajustar la estructura del sistema para conseguir sus objetivos planteados esta definición será de vital importancia revisar para el desarrollo del prototipo

Arquitectura General del Sistema en Bloques

En base a las especificaciones de requerimientos analizadas en el sistema de bloques, es posible abordar el diseño de la arquitectura del prototipo de sistema de monitorización de calidad del aire. Al ser un sistema basado en IoT se propone una arquitectura estratificada en cinco capas, basada en el diseño arquitectónico “Fog Computing IoT” (Calihman, 2019).

La capa inferior corresponde a la capa física o de percepción conformada por sensores y dispositivos de adquisición de datos, la segunda capa corresponde a la capa de niebla consistente en el preprocesamiento de los datos obtenidos, la tercera capa es la capa de transporte la cual lleva los datos obtenidos en capas inferiores a través de una determinada red, en este caso será el internet, la cuarta capa es la de procesamiento, en la que se analiza, procesa, y almacena los datos, la quinta y última capa es la de aplicaciones la cual se encarga de proporcionar servicios específicos de aplicación a los usuarios.

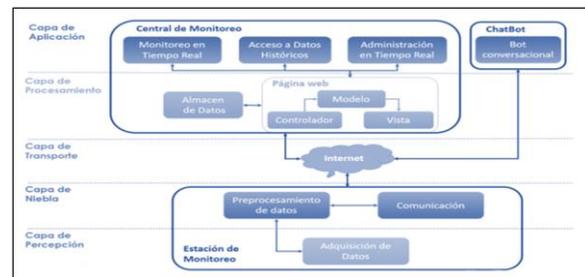


Figura Arquitectura General del Sistema en Bloques

Fuente: (Calihman, 2019)

En la Figura se muestra una representación general en bloques de la arquitectura del sistema de monitoreo de calidad del aire, estratificada en las capas mencionadas en el párrafo anterior, Al mismo tiempo, dentro de dicha arquitectura se pueden

identificar los tres entornos identificados en el esquema general del sistema que son: central de monitoreo y estación remota

III. RESULTADOS

Módulo Estación Remota

Como se mencionó en el capítulo anterior, la estación remota de monitoreo implementada (Figura), corresponde a la parte de hardware del prototipo, desarrollada sobre los sistemas embebidos Arduino y Raspberry Pi.

Implementación: Estación Remota de Monitoreo



Fuente: Elaboración Propia.

Etapa de Adquisición de Datos

Comprende desde la captación de señales analógicas referentes a los valores de las concentraciones de CH4, CO, C3H8 y CO2 y señales digitales referentes a PM10, PM2,5, temperatura y humedad; hasta la transmisión de las lecturas preprocesadas al dispositivo procesador.

a) Etapa de Adquisición de Datos

Comprende desde la captación de señales analógicas referentes a los valores de las concentraciones de CH4, CO, C3H8 y CO2 y señales digitales referentes a PM10, PM2,5, temperatura y humedad; hasta la transmisión de las lecturas preprocesadas al dispositivo procesador.

Aunque la transmisión de los datos adquiridos se lo realiza en un mensaje de una sola línea, para visualizar los resultados obtenidos del funcionamiento de esta etapa (Figura), se cambió el formato de salida de las mediciones obtenidas.

Mediciones Preprocesadas de Concentraciones de Contaminantes

```
0.00 0.00 0.00 0.00 Humedad: nan % Temperatura: nan C
  concentration1 = 0.62 pcs/0.01cf - concentration2 = 0.62 pcs/0.01cf -
0.00 0.00 0.00 0.00 Humedad: nan % Temperatura: nan C
  concentration1 = 0.62 pcs/0.01cf - concentration2 = 0.62 pcs/0.01cf -
0.00 0.00 0.00 0.00 Humedad: nan % Temperatura: nan C
  concentration1 = 0.62 pcs/0.01cf - concentration2 = 0.62 pcs/0.01cf -
0.00 0.00 0.00 0.00 Humedad: nan % Temperatura: nan C
  concentration1 = 0.62 pcs/0.01cf - concentration2 = 0.62 pcs/0.01cf -
0.00 0.00 0.00 0.00 Humedad: nan % Temperatura: nan C
  concentration1 = 0.62 pcs/0.01cf - concentration2 = 0.62 pcs/0.01cf -
.....
Wifi conectado
Direccion IP:
192.168.57.244
Intentando conexion MQTT...Conectado
198.80 15.10 59.82 30.02 Humedad: 44.00 % Temperatura: 17.70 C
  concentration1 = 0.62 pcs/0.01cf - concentration2 = 0.62 pcs/0.01cf -
243.36 12.37 58.80 31.15 Humedad: 44.00 % Temperatura: 17.80 C
  concentration1 = 0.62 pcs/0.01cf - concentration2 = 0.62 pcs/0.01cf -
216.59 15.69 73.14 42.25 Humedad: 44.00 % Temperatura: 17.90 C
  concentration1 = 0.62 pcs/0.01cf - concentration2 = 0.62 pcs/0.01cf -
```

Fuente: Elaboración Propia, Monitor Serie de Arduino

Página de Inicio de la Aplicación Web

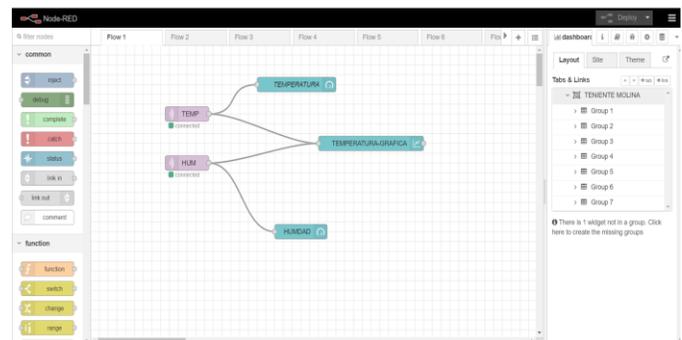
Node-RED Es una herramienta de programación que conecta dispositivos de hardware, API y servicios en línea arrastrando y soltando en el navegador para formar un flujo de datos, lo que permite a los usuarios crear rápidamente sus propias aplicaciones web.

Código Arduino

```
casac@Kevin Arduino 1.8.10
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
casac@Kevin
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <Wire.h>
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
const char* ssid="Kevinandreo";
const char* password="esp25000";
const char* mqtt_server="192.168.57.230";
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 32
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
int mqRout [] = {36 , 39 , 34 , 35};
//const int MQ_9=36;
//const int MQ_7=39;
//const int MQ_5=34;
//const int MQ_135=35;
float wa1 [] = {0, 0, 0, 0};
int mqR [] = {986, 991, 983, 987};
long FO [] = {1630, 1866, 4073, 1211};
float minRaHo [] = {0.89, 1.9, 0.2, 0.3};
float a [] = {4289.338676, 98.30322302, 74.18883835, 112.7141688};
float b [] = {-2.602573745, -1.530309874, -2.526160591, -2.865571105};
float dco [] = {0.694, 3.799, 1.144, 1.798};
```

Fuente: Elaboración Propia

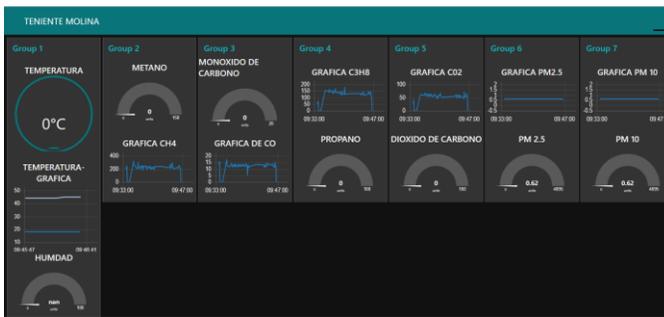
Diagrama del Node- RED



Fuente: Elaboración Propia

MONITORIZACION EN TIEMPO REAL DEL CONTROL DE CALIDAD DEL AIRE PARA LA PLATAFORMA DEL GRUPO AEREO PRESIDENCIAL

Interfaz Node-RED



Fuente: Elaboración Propia

Interfaz funcionando condiciones iniciales



Fuente: Elaboración Propia

IV. DISCUSION

Se desarrolló un prototipo de sistema con el objeto de controlar el estado de la calidad del aire, cuyas principales funcionalidades son el monitoreo, análisis y comunicación en tiempo real del valor del ICA y de las concentraciones de determinados contaminantes atmosféricos; en base a mediciones automáticas y periódicas realizadas por un dispositivo basado en IoT.

V. CONCLUSIONES

En base a los objetivos específicos planteados inicialmente, se presentan las siguientes conclusiones:

- Se realizó una evaluación de la situación actual del GAP en cuanto a la calidad del aire, esta evaluación principalmente empezó por encuestas, entrevistas y observación donde se pudo evidenciar que si existía una preocupación por la contaminación que se percibía a través de los sentidos. Posteriormente al análisis de dicha evaluación surgió aun más la motivación de realizar el prototipo posteriormente a la culminación el mismo se llevó a las

instalaciones donde se pudo evidenciar lo anteriormente expuesto.

En el desarrollo del presente trabajo, se realizó la estructura del sistema de monitoreo y control de la calidad del aire el cual proporciona datos de entrada en el microprocesador y de sensores, para que posteriormente esta información sea almacenada en una base de datos y permita su visualización en una interfaz de usuario para una posible toma de decisiones (ejemplo la implementación del uso de barbijo KN95 para los operarios).

El requerimiento que necesitó el sistema de monitoreo de la calidad de aire es el de sensores que proporcionan los datos de temperatura/humedad, gases electroquímicos y polvo como especifica en las tablas de cada componente que se requirió en el presente proyecto de la misma forma se realizó la comparación de los mismos para ver los rangos permitidos de los sensores y cumplimiento de normas dentro del estado plurinacional de Bolivia.

Se realizó la implementación y construcción del sistema control de la calidad de aire, para la parte de hardware se utilizó los componentes electrónicos requeridos y para la parte de software se realizó la programación y se creó una base de datos donde se cuantifican las concentraciones de los contaminantes atmosféricos: CH₄, CO, CO₂, NH₃, PM₁₀ y PM_{2,5} y el procesamiento de datos.

Se realizó la verificación del funcionamiento de las mediciones con los parámetros de los sensores y una base de datos obteniendo los valores de los sensores para poder ver la contaminación en tiempo real. También se realizó las pruebas del interfaz para ver cómo puede ver el usuario final desde diferentes tipos de dispositivos.

VI. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente proyecto, se consideraron las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda implementar en las distintas plataformas el presente proyecto para el control de la calidad del aire ya que es de bajo costo y puede coadyuvar en el buen desempeño de los operarios del lugar.
- Se recomienda al Ministerio de Medio Ambiente y Agua, tomar al presente proyecto como base referencial para la implementación de un sistema a nivel nacional que informe en

- tiempo real el estado de la calidad del aire en ambientes similares para disipar la contaminación que se genera en dichos lugares.
- Se recomienda a la FAB y a todas las unidades independientes que tengan transporte aéreo realicen la implementación de este proyecto, como parte de un servicio de protección ambiental y cuidado de la salud de la población en general.
 - Se recomienda el uso de la información del presente proyecto para otros proyectos referidos a gases volátiles.

REFERENCES

- [1] Ernesto Martínez Ataz y Yolanda Díaz de Mera Morales. (2004). *Contaminación atmosférica*. España: Universidad de Castilla-La Mancha, Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.
- [2] Andrés, M. B. (2018). *INTERNET DE LAS COSAS*. Madrid: reus.
- [3] Anze R., Franken M., Zaballa M., Pinto M. (2007). Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia. *Instituto de Ecología - Carrera de Biología, Universidad Mayor de San Andrés*, 22.
- [4] AOSONG. (5 de febrero de 2022). *Temperature and humidity module DHT11 Product Manual*. Obtenido de <https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/DHT11.pdf>
- [5] Arduino. (16 de enero de 2022). Obtenido de <https://www.arduino.cc/>
- [6] Calihman, A. (30 de Enero de 2019). *NetBurner*. Obtenido de <https://www.netburner.com/learn/architectural-frameworks-in-the-iot-civilization/>
- [7] Cervi. (2018). *Sistema de cableado UTP Cat.5*.
- [8] Commons., C. (16 de abril de 2009). *Guimi*. Obtenido de https://guimi.net/monograficos/G-Redes_de_comunicaciones/G-Redes_de_comunicaciones.pdf
- [9] Corporation, O. (10 de enero de 2022). *Oracle*. Obtenido de <https://www.oracle.com/mx/legal/copyright.html>
- [10] EP, E. (2015). *Informe de la Calidad del Aire de Cuenca*. Cuenca Ecuador.
- [11] Espeso, P. (25 de Noviembre de 2016). *Xataka*. Obtenido de <https://www.xataka.com/autor/whiskito>
- [12] IDEAM. (16 de Diciembre de 2012). *Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007 - 2010, Colombia*. Bogota D. C. Colombia. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/68521396/5.+Informe+del+estado+de+la+calidad+del+aire+2007-2010.pdf/52d841b0-afd0-4b8e-83e5-444c3d17ed29?version=1.0>
- [13] Inc, F. E. (20 de enero de 2022). Obtenido de www.figaro.co.jp/en/technicalinfo/principle/mos-type.html
- [14] Innovaation, A. (25 de febrero de 2020). *El prototipo en el diseño Industrial*. Obtenido de https://www.atriainnovation.com/prototipado-diseño-industrial/#%C2%BFQue_es_un_prototipo
- [15] J. Colomer, J. M. (2008). Sistemas de Supervisión, Introducción a la Monitorización y Supervisión experta de Procesos. En J. M. J. Colomer, *Sistemas de Supervisión*. España: CEA/IFAC.
- [16] Jose Yuni y Claudio Urbano. (2014). *Técnicas para Investigar*. Argentina: Brujas.
- [17] Leon, F. (22 de Mayo de 2022). *Dynamo*. Obtenido de <https://dynamoelectronics.com/que-son-los-sensores-y-para-que-sirven/>
- [18] LIDEMA. (2010). *Informe del Estado Ambiental de Bolivia 2010*. La Paz, Bolivia: Liga de Defensa del Medio Ambiente LIDEMA SOIPA Ltda.
- [19] López, S. V. (2019). *Desarrollo de un sistema para la adquisición de datos climáticos en un invernadero utilizando LABVIEW*. Cartagena.
- [20] Madsen, M. (30 de enero de 2022). *Electronic Nose, Introduction to machine olfaction*. Obtenido de <http://www.maskau.dk/projects/electronic-nose>
- [21] Manahan, S. (2007). *Introducción a la química*. Mexico: Reverté S.A.
- [22] María Cristina Useche, Wileidys Artigas, Beatriz Queipo y Édison Perozo. (2019). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos cualitativos*. Colombia: Gente Nueva.
- [23] MARINKOVIC, V. (16 de enero de 2019). *energía bolivia*. Obtenido de http://www.energiabolivia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=5389:los-aviones-y-la-contaminacion-ambiental&catid=53&Itemid=175#:~:text=En%20este%20marco%2C%20la%20Asociaci%C3%B3n,de%20pasajeros%20hasta%20ese%20entonces.
- [24] Mora, J. (2011). *Arquitectura de Software para Aplicaciones Web*. Mexico.
- [25] Nava, J. (2004). Aplicación de RUP en el Desarrollo de Proyectos de Sistemas Electrónicos. Bolivia .
- [26] Ortiz, M. (2015). *Sistemas en Tiempo Real. Universidad de Cordova Argentina* , 10.
- [27] Palomo, J. M. (9 de febrero de 2006). Desarrollo de Software para Sistemas de Tiempo Real Basado en UML. Un Enfoque Formal Basado en Metamodelado. Malaga , España.
- [28] Pérez, A. M. (2013). Análisis de la Concentración Numérica de Partículas Atmosféricas en la Ciudad de Valladolid. Valladolid.
- [29] Pi, R. (16 de Enero de 2022). *Raspberry Pi*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/>
- [30] Puente, J. A. (2007). Introducción a los sistemas de tiempo real. En a. b. wellings, *real-time systems and programming languages*. Madrid España.
- [31] Red MoniCA, S. (2016). *Informe Nacional de Calidad del Aire de Bolivia Gestiones 2014-2015*. Bolivia: Ministerio de Medio Ambiente y Agua.
- [32] RethinkDB. (13 de agosto de 2020). *RethinkDB*. Obtenido de <https://rethinkdb.com/blog>
- [33] Salud, O. M. (2006). Guías de calidad del aire de la OMS. En e. o. relativas al material particulado. Ginebra suiza.
- [34] Sarraipa, J., Artífice, A, Jiménez, H. . (2019). *Metodología De Evaluación De Prototipo*. Karen Roldán Piñeros .
- [35] Sober, M. M. (23 de marzo de 2010). *INTRODUCCIÓN. AL PROCESADO DIGITAL DE SEÑALES*. . Obtenido de <http://ocw.uv.es/ingenieria-y-arquitectura/1-1/tema1.pdf>
- [36] Solá, X. G. (2004). Thad Godish "Calidad del aire". En X. G. Solá, *Solá, Xavier Guardino*. EE. UU.: 4ta edición, Editorial Lewis Publishers.
- [37] Tarquin, L. B. (2002). *Economía para la Ingeniería*. Mexico: Mc Graw Hill.
- [38] Torossi, G. (2010). *Sistemas de Supervisión, Introducción a la Monitorización y Supervisión experta de Procesos*. Mexico.
- [39] Valdivia, J. F. (2018). *CABLES UTP*. nicaragua.