

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**DISEÑO DE UN APLICATIVO MÓVIL PARA VISUALIZAR LA
CONCENTRACIÓN DE CO, LIMA, 2021**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADA POR

Bach. ROJAS ASCATE CARLOS STEFANO

Bach. SIGARROSTEGUI GUERRERO ENRIQUE DAVID FELIPE

Asesor: Ing. CUADRADO LERMA LUIS ALBERTO

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico la presente investigación a toda mi familia y a mi esposa que estando lejos siempre estuvo cerca.

Carlos Stefano Rojas Ascate

Dedico la presente investigación a mis familiares y novia quienes me apoyaron incondicionalmente, y a mi perro.

Enrique David Felipe Sigarróstegui
Guerrero

AGRADECIMIENTOS

Nuestro sincero agradecimiento a nuestro asesor Ing. Luis Cuadrado quien nos apoyó incondicionalmente durante este trayecto, al Ing. Pedro Huamaní que sumó en gran medida al crecimiento de éste proyecto hoy convertido en tesis y a los profesionales quienes nos brindaron las herramientas necesarias para culminar esta investigación, además de una comunicación continua para perfeccionar nuestra labor. Sin duda alguna también agradecemos a nuestra familia y amigos quienes están en las buenas y en las malas.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 Descripción del problema.....	13
1.2 Formulación del problema.....	13
1.2.1 Problema general.....	13
1.2.2 Problemas específicos.....	14
1.3 Importancia y justificación del estudio.....	14
1.3.1 Importancia del estudio.....	14
1.3.2 Justificación del estudio.....	14
1.4 Delimitación del estudio.....	15
1.5 Objetivos de la investigación.....	15
1.5.1 Objetivo general.....	15
1.5.2 Objetivos específicos.....	15
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	16
2.1 Marco Histórico.....	16
2.2 Investigaciones relacionadas con el tema.....	17
2.2.1 Antecedentes Internacionales.....	17
2.2.2 Antecedentes Nacionales.....	19
2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.....	20
2.3.1 Aplicativo Móvil.....	20
2.3.2 Monóxido de Carbono.....	21
2.3.3 Carboxihemoglobina.....	21
2.4 Definición de términos básicos.....	22
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO	26
3.1 Tipificación de la Tesis.....	26
3.1.1 Tipo y método de Investigación para la Tesis.....	26
3.1.2 Nivel de Investigación para la Tesis.....	26
3.1.3 Ubicación de lugar al estudio.....	26
3.2 Metodología del diseño específico.....	28
3.2.1 Relación entre variables.....	28
3.2.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.2.3 Procedimiento para la recolección de datos.....	28

3.2.4 Etapas del diseño.....	28
CAPÍTULO IV: DISEÑO DEL APLICATIVO MÓVIL PARA VISUALIZAR LA CONCENTRACIÓN DE CO.....	30
4.1 Etapas para el desarrollo del aplicativo móvil.....	31
4.1.1 Primera Etapa: Adquisición y Digitalización de Datos.....	31
4.1.2 Segunda Etapa: Transmisión y recepción inalámbrica.....	32
4.1.3 Tercera etapa. Desarrollo de aplicación móvil.....	33
4.2 Estructura final de los módulos de comunicación.....	43
CAPÍTULO V: PRUEBAS Y RESULTADOS.....	46
5.1 Pruebas y Resultados.....	46
5.2 Aspectos Administrativos.....	54
5.2.1 Presupuesto.....	54
CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
ANEXOS.....	61
Anexo 1. Circuito Interno Sensor MQ-7.....	61
Anexo 2. Curva característica del Sensor MQ-7 expresado en partes por millón.....	61
Anexo 3. Configuración pines sensor MQ-7.....	62
Anexo 4. Configuración de pines Atmega328p.....	62
Anexo 5. Matriz de Consistencia.....	63
Anexo 6. Matriz de Operacionalización.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Síntomas por concentración de Monóxido de Carbono.....	24
Tabla N° 2. Estándares de Calidad Ambiental para Aire de CO según normativa peruana.....	42
Tabla N° 3. Métodos de referencias internacionales.....	42
Tabla N° 4: Resultados de medición de concentración de CO horario mañana.....	59
Tabla N° 5: Resultados de medición de concentración de CO horario tarde.....	60
Tabla N° 6: Gasto total y general por diseño del proyecto.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación de estudio.....	29
Figura N° 2: Diagrama de bloques del diseño para alerta y medición de concentración de CO.....	32
Figura N° 3: Sensor MQ-7.....	33
Figura N° 4: Microcontrolador ATmega328p.....	33
Figura N° 5: Módulo XBee Transmisión con protocolo de Comunicación Zigbee.....	34
Figura N° 6: Módulo XBee Recepción con protocolo de Comunicación Zigbee.....	35
Figura N° 7: Módulo Bluetooth.....	35
Figura N° 8: Programación en bloques para la conexión Bluetooth.....	37
Figura N° 9: Programación en bloques para el almacenamiento de datos.....	38
Figura N° 10: Programación en bloques para la importación de datos.....	39
Figura N° 11: Programación en bloques para la exportación de datos.....	40
Figura N° 12: Programación para visualizar alerta de acuerdo a la concentración.....	41
Figura N° 13: Icono Aplicación Medición CO.....	42
Figura N° 14: Interfaz del Aplicativo móvil de medición.....	42
Figura N° 15: Entorno de Programación en bloques para activación GPS y visualización de mapas.....	43
Figura N° 16: Cajas de paso de PVC con herrajes para la estación de transmisión.....	44
Figura N° 17: Cajas de paso de PVC con herrajes para la estación de recepción.....	44
Figura N° 18: Esquema general de diseño de un aplicativo móvil para visualizar la concentración de CO.....	45
Figura N° 19: Construcción de aplicativo previo a prueba.....	46
Figura N° 20: Prueba del diseño con gas nocivo del encendedor.....	47
Figuras N° 21: Captura del aplicativo para almacenamiento.....	48
Figuras N° 22: Captura de exportación de datos.....	48
Figura N° 23 : Configuración para Medición de datos en San Borja.....	51
Figura N° 24 : Medición de datos en San Borja 2.....	51
Figura N° 25 : Obtención de datos con el aplicativo móvil San Borja.....	52
Figura N° 26 : Captura de la medición realizada en San Borja. Medida más GPS.....	52
Figura N° 27 : Captura de opción de almacenamiento del dato.....	53
Figura N° 28 : Captura de opción de exportación de datos.....	53
Figura N° 29 : Captura de archivo con el último dato exportado.....	54

Figura N° 30. Circuito interno sensor MQ-7.....	62
Figura N° 31. Curva característica del Sensor MQ-7 expresado en partes por millón...	62
Figura N° 32. Configuración pines MQ-7.....	63
Figura N° 33. Configuración pines ATmega328P.....	63

RESUMEN

El poco conocimiento sobre la contaminación que existe en el aire (o medio ambiente) en la actualidad es un tema alarmante que puede poner en riesgo nuestra salud. El monóxido de carbono (CO) es uno de los gases más contaminantes y nocivos para la salud, y se encuentra en el humo de la combustión de automóviles, estufas, estufas de gas y aparatos de calefacción. Este puede acumularse en ambientes con mala circulación de aire. Por ello, el objetivo de esta investigación fue presentar un sistema de medición de monóxido de carbono (CO) en tiempo real a través de una aplicación móvil que permita al usuario conocer los niveles de concentración a los que están expuestos. Para la adquisición de datos se realizó el acondicionamiento del sensor MQ-7 que detecta la concentración de CO, esta señal tiene una conversión digital a través del microcontrolador ATmega328p. Luego, el sensor MQ-7 envía los datos a un microcontrolador que se comunica de forma inalámbrica con otro microcontrolador a través de los dispositivos XBee S2 utilizando el protocolo Zigbee. El segundo microcontrolador envía la información al Smartphone a través de Bluetooth en tiempo real. Finalmente, se puede visualizar a través de una aplicación desarrollada en MIT App Inventor que funciona en el sistema operativo Android. Los niveles de concentración de CO medidos se expresan en partes por millón (ppm). En la aplicación se muestra la alerta tipo semáforo (verde, azul y rojo), con baja concentración de verde, concentración media de azul y alta concentración de rojo. Teniendo en cuenta la seguridad del usuario, la aplicación fue desarrollada para emitir una alarma sonora si se detecta una alta concentración, asimismo la aplicación continúa funcionando en segundo plano. Los resultados mostraron entre 6 y 38 ppm para los distintos ambientes en los que se hicieron las mediciones, con las alertas respectivas de la aplicación se puede demostrar la funcionalidad de la aplicación en altas concentración que incluye un alerta semáforo y una alerta sonora. Se puede concluir que se lograron los objetivos de la tesis.

Palabras clave: aplicativo móvil, microcontrolador, red inalámbrica, monóxido de carbono.

ABSTRACT

The little knowledge about the pollution that exists in the air (or environment) today is an alarming issue that can put our health at risk. Carbon monoxide (CO) is one of the most polluting and harmful gases for health, and it is found in the smoke from the combustion of cars, stoves, gas stoves and space heaters. This can accumulate in environments with poor air circulation. Therefore, the objective of this research was to present a real-time carbon monoxide (CO) measurement system through a mobile application that allows the user to know the concentration levels to which they are exposed. For data acquisition, the MQ-7 sensor that detects the CO concentration was conditioned, this signal has a digital conversion through the ATmega328p microcontroller. The MQ-7 sensor then sends the data to a microcontroller which communicates wirelessly with another microcontroller via XBee S2 devices using the Zigbee protocol. The second microcontroller sends the information to the Smartphone via Bluetooth in real time. Finally, it can be viewed through an application developed in MIT App Inventor that works on the Android operating system. The measured CO concentration levels are expressed in parts per million (ppm). The application shows the traffic light alert (green, blue and red), with a low concentration of green, a medium concentration of blue and a high concentration of red. Taking into account the safety of the user, the application was developed to emit an audible alarm if a high concentration is detected, also the application continues to work in the background. The results showed between 6 and 38 ppm for the different environments in which the measurements were made. With the respective alerts of the application, the functionality of the application can be demonstrated in high concentration, which includes a traffic light alert and an audible alert. It can be concluded that the objectives of the thesis were achieved.

Key words: mobile application, microcontroller, wireless networks, carbon monoxide

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la contaminación ambiental es una realidad mundial porque no es solo un supuesto o tendencia, sino un tema importante que está afectando a toda la población. Bueno, con esto, nos deja cuestionar sobre aquellos lugares o barrios donde residimos o visitaremos por largos períodos de tiempo, que a corto, mediano o largo plazo afectarían nuestra salud, deteriorándose directamente hasta llegar a causar la muerte.

De esta forma, el desconocimiento de la contaminación del aire por gases tóxicos es un tema alarmante que puede poner en riesgo nuestra salud. Por lo tanto, entre estos gases se encuentra el monóxido de carbono (CO), que se encuentra en baja concentración; sin embargo, a largo plazo resulta perjudicial para la salud. Asimismo, el CO es uno de los gases más contaminantes y dañinos para nuestro organismo, y lo ubicamos en el humo de la combustión de automóviles, estufas, estufas de gas y aparatos de calefacción. Además, esto puede acumularse en habitaciones con mala circulación de aire. Por tanto, el problema de la contaminación se fundamenta en la falta de información sobre los lugares donde se puede residir o visitar, territorios o áreas que suelen tener una concentración diversa de gases tóxicos y no tóxicos, y que no solo contaminan el medio ambiente sino también afectan a las personas.

Por esta razón, muchos centros de investigación, universidades y empresas de tecnología se ven obligados a desarrollar una solución para medir el monóxido de carbono (CO) de diferentes áreas donde hay una alta concentración.

Otra razón por la que es necesario medir la concentración de CO, es que tanto el petróleo como el gas son recursos naturales importantes que se están explotando y consumiendo diariamente en los sectores doméstico, industrial y de transporte, en todos los países, y resultando en la pérdida de muchas vidas.

Como resultado de esto, y con el propósito de diseñar un aplicativo móvil para visualizar la concentración de CO, se estructura el desarrollo en los cinco capítulos de esta Tesis.

En el capítulo I se realiza un abordaje al tema de tesis, planteando el problema sobre el cual gira la tesis, su descripción, importancia y objetivos que apuntan a resolver la incógnita ¿Cómo diseñar un aplicativo móvil para visualizar la concentración de CO, Lima, 2021?

En el capítulo II se brinda la base teórica de cada variable de la tesis, se exponen antecedentes nacionales e internacionales referentes al tema de tesis, de igual forma se describen los elementos y dispositivos que nos llevan al desarrollo de la tesis.

En el capítulo III nos brinda el diseño metodológico de la tesis en la que se puede apreciar su base teórica sobre la tipificación y nivel. Asimismo, se menciona el método a seguir para lograr el objetivo de la tesis.

En el capítulo IV se brindan detalles del diseño, detalles de los pasos a seguir para lograr la adquisición de datos, digitalización de datos, programación de la aplicación y ejecución de la misma.

En el capítulo V se brindan las pruebas y resultados de la tesis, en las que se muestra la puesta en marcha de la fase experimental, mostrando así la aplicación móvil final, su desempeño y características. Para finalizar la tesis se muestran las conclusiones y recomendaciones, asimismo las referencias bibliográficas y los anexos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Hoy en día la contaminación ambiental es una realidad, debido al incremento del parque automotor, artefactos de calefacción, talleres improvisados impacta que en la mayoría de países del mundo se tenga una concentración de CO elevada. Es tan grave el problema que en algunos países se ha detectado asma en animales y males congénitos en la población humana. Estos males pueden ser desde cefaleas hasta causar la muerte en concentraciones muy elevadas.

Las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre la calidad del aire ofrecen una evaluación de los efectos sanitarios derivados de la contaminación del aire, así como los niveles de contaminación perjudiciales para la salud. (OMS, 2016)

La ausencia de información sobre las concentraciones de CO en zonas urbanas conduciría a la falta de conocimiento sobre los niveles de concentración de CO nocivos para la salud.

La falta de alertas en un entorno con riesgo de contaminación tendría efectos nocivos sobre las personas que causarían enfermedades e incluso la muerte.

Esto nos lleva a cuestionar sobre los lugares y/o distritos en donde podamos residir o transitar, ya que puede afectar a nuestra salud a corto, mediano y largo plazo.

Por este motivo se está presentando la solución de diseñar un aplicativo móvil para visualizar la concentración de monóxido de carbono (CO), dando la posibilidad al usuario de ser advertido de una zona con alta concentración de CO, mediante una alarma producida por el aplicativo móvil en tiempo real. Del mismo modo se podrán almacenar y exportar los datos para su tratamiento respecto a concientización y propuestas normativas para la salud.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo diseñar un aplicativo móvil para visualizar la concentración de CO,
Lima, 2021?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Cómo diseñar un aplicativo móvil para visualizar en tiempo real la concentración de CO, Lima, 2021?
- b) ¿Cómo diseñar un aplicativo móvil para visualizar con alerta la concentración de CO, Lima, 2021?
- c) ¿Cómo diseñar un aplicativo móvil para visualizar el almacenamiento de la concentración de CO, Lima, 2021?
- d) ¿Cómo diseñar un aplicativo móvil para visualizar la exportación de datos de concentración de CO, Lima, 2021?

1.3 Importancia y justificación del estudio

1.3.1 Importancia del estudio

Este estudio tiene como importancia dar a conocer la concentración del monóxido de carbono expresado en partes por millón (ppm), a los usuarios, el estado de contaminación en el entorno urbano donde residen, trabajan, estudian o transitan.

Con el diseño de medición y alerta de concentración de CO, alternativo, económico, portátil y de uso urbano a través de una aplicación móvil, se tendrían muchos beneficios sociales, económicos y saludables.

1.3.2 Justificación del estudio

a) Justificación tecnológica

Con el presente proyecto se pretende conseguir un dispositivo amigable, intuitivo y accesible para ser usado en cualquier zona o ambiente, y hacer mediciones en tiempo real usando tecnologías inalámbricas y de interfase móvil. Alertará e informará al usuario sobre los niveles de CO que se encuentran en el medio ambiente en tiempo real.

b) Justificación económica

El presente proyecto se basará en la plataforma MIT APP Inventor, herramienta de uso libre que nos permite diseñar la aplicación de manera gratuita, asimismo el acondicionamiento del sensor para la detección del gas se realizará con componentes de bajo costo.

c) Justificación social

El presente proyecto tiene como fin informar y alertar sobre la concentración del monóxido de carbono que puede deteriorar la salud en corto, mediano y largo plazo. Asimismo, en niveles muy altos, puede causar la muerte. A su vez, concientizar y regular políticas de medio ambiente y salud.

1.4 Delimitación del estudio

El presente proyecto se puede realizar tanto en lugares abiertos como cerrados, para fines del estudio se realizarán mediciones en ocho puntos al azar en Lima tanto en la mañana como en la tarde para contrastar los datos. Las mediciones fueron realizadas al aire libre.

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 Objetivo general

Diseñar un Aplicativo móvil para visualizar la concentración de CO, Lima, 2021

1.5.2 Objetivos específicos

- a. Diseñar un aplicativo móvil para visualizar en tiempo real la concentración de CO, Lima, 2021.
- b. Diseñar un aplicativo móvil para visualizar con alerta la concentración de CO, Lima, 2021.
- c. Diseñar un aplicativo móvil para visualizar el almacenamiento de la concentración de CO, Lima, 2021.
- d. Diseñar un aplicativo móvil para visualizar la exportación de datos de concentración de CO, Lima, 2021.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Histórico

Tal como afirma J. Nielsen (2012), la tecnología inalámbrica con la nueva tecnología de dispositivos móviles ha ayudado a introducir una nueva forma de aprendizaje. Además, el rápido desarrollo de la red de Internet, especialmente la red inalámbrica, ha alentado a la gente a emplear el aprendizaje móvil en aplicaciones que les permite aprender en cualquier lugar y en cualquier momento utilizando sus propios dispositivos móviles.

Las aplicaciones móviles se pueden definir como un sistema de software que está funcionando en los dispositivos móviles. En estos días, nosotros tenemos una variedad de tipos de aplicaciones móviles, como aplicaciones financieras, aplicaciones educativas, publicidad y aplicaciones de marketing. (Zhang y Adipat,2005)

Según K. Jammsheer (2019), si retrocedemos a los días tradicionales del diseño y desarrollo de aplicaciones móviles, entonces, probablemente podamos encontrar que las primeras aplicaciones utilizadas fueron principalmente los calendarios mensuales, calculadoras e incluso juegos que se desarrollaron en el marco de Java. Pero, curiosamente, el primer teléfono inteligente conocido fue lanzado por IBM en el año 1993. Y vino con características como la libreta de contactos, el calendario, el reloj mundial y la calculadora. Unos años más tarde, en el año 2002, se lanzó el próximo teléfono inteligente, es decir, el teléfono inteligente Blackberry. Este fue uno de los principales logros en el campo de la aplicación móvil desarrollada, lo que marca la importancia de Blackberry Limited, también conocida como Research in Motion Limited (RIM). Esto fue lo que provocó la integración del concepto conocido como correo electrónico inalámbrico.

Según J. Gaudosi (2011), en el año 2011 ya había más de un millón de aplicaciones disponibles y el uso de las aplicaciones finalmente superó el uso de la web móvil. En los años siguientes, Apple y Google vieron cómo la popularidad de sus mercados se disparó con más de 15 mil millones de descargas. Aplicaciones populares como Draw Something e Instagram alcanzaron más de 50 millones de descargas y el juego viral Angry Birds tiene más de mil millones de descargas. Las plataformas abiertas facilitan que las empresas de desarrollo de aplicaciones creen y comercialicen sus aplicaciones en numerosos dispositivos. Al observar el historial del desarrollo de aplicaciones, los

desarrolladores de aplicaciones pueden saber qué tipos de aplicaciones desean más los usuarios. Con cada aplicación repentinamente popular, los desarrolladores tienen otra oportunidad de crear una versión mejor. Con cada dispositivo lanzado, los desarrolladores tienen una nueva forma de mostrar aplicaciones.

El mundo se ha vuelto móvil. Hoy en día, con la creciente avalancha de dispositivos móviles de mano, podemos acceder a la información, socializar y trabajar, todo con la punta de los dedos. Ahora es poco común y extraordinario encontrar un habitante de la ciudad que no posea un teléfono inteligente o tableta. Debido a la creciente movilidad de nuestra vida cotidiana, el dispositivo móvil debe ser más que un simple medio de contacto o comunicación. Nuestros teléfonos inteligentes ahora son capaces de hacer mucho más que simplemente llamar a la gente.

Con cientos y miles de aplicaciones móviles, nuestros dispositivos pueden convertirse en una oficina portátil, un comunicador social, un indicador de salud y una fuente constante de información, y eso es solo la punta del iceberg. El aumento del uso de dispositivos móviles portátiles ha generado un creciente interés en el desarrollo de aplicaciones móviles, lo que la convierte en una de las industrias de más rápido crecimiento en el mundo actual. (Unifunds, 2021)

En 2013, como resultado de una tesis de pregrado en la Universidad Católica del Perú, nació el proyecto qAIRa (Quality Air Automation) basado en una red de drones para el monitoreo de la calidad del aire. El objetivo principal de este proyecto fue realizar mediciones de hasta 100 metros de altura, cubriendo un área más amplia, con la idea de detectar si el aire contaminado dañaba las localidades cercanas a los centros mineros.

De igual forma, el municipio del distrito de Santiago de Surco, en Lima-Perú, instaló un módulo ecológico ante el grave problema de contaminación ambiental que afecta la salud de los vecinos. Estos dispositivos ecológicos son parte de un proyecto piloto llamado qHAWAX, que también es promovido por la comunidad del distrito junto con el socio ecológico qAIRa para trabajar juntos y reducir la contaminación.

2.2 Investigaciones relacionadas con el tema

2.2.1 Antecedentes Internacionales

Rojas, C. (2019) en su investigación titulada Implementation of a CO concentration measurement and alert prototype applying IoT and mobile

application de Lima en la Universidad Ricardo Palma; expuso la siguientes conclusiones: Con el diseño de un circuito de acondicionamiento para el sensor MQ-7, la programación de los microcontroladores ATmega328p, la implementación del módulo de comunicación inalámbrica a través del protocolo Zigbee y Bluetooth, y la programación en el software App Inventor, fue viable desarrollar el prototipo de medición y alerta de concentración de monóxido de carbono aplicando IoT, y a un costo mínimo; además, se logró visualizar los datos medidos de la concentración de monóxido de carbono en ppm, a través de un aplicativo Android que es reproducido en un Smartphone y en tiempo real, y con la posibilidad de almacenar las mediciones en una hoja de excel para futuras descargas y análisis.

Monar, J. (2016), en su investigación titulada Determinación de la exposición a monóxido de carbono en el personal policial del grupo de tránsito del centro histórico del distrito metropolitano de Quito en la Universidad Técnica del Norte Ecuador; expuso las siguientes conclusiones: la aplicación de la prueba Post-Hoc, realizada en el programa estadístico informático SPSS, se refleja dos grupos de puestos de servicio con diferentes resultados del examen de carboxihemoglobina, el primer grupo que corresponde al Centro, Marín, Trébol, Administrativos y Av. 12 de Octubre, presentan menor exposición a monóxido de carbono; mientras que la Av. Patria, Necochea y Túneles reflejan niveles de alerta por la exposición a monóxido de carbono, en especial los Túneles que superan los límites permisibles.

Rosales, A. Delgado A. J. Canales, H. (2017), en su investigación titulada Creación de una estación de monitoreo ambiental utilizando microcontrolador Arduino Yun y sensores electroquímicos para la realización de mediciones de monóxido de carbono, ozono y material particulado de 2.5 μm y 10 μm , presentes en el aire en la ciudad de León, con capacidad de enviar datos a través de una red para su posterior consulta en un sitio web especializado, durante el período noviembre 2017 - marzo 2018 en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Unan-León; expuso la siguiente conclusión: Con esto brindamos las herramientas informáticas necesarias para un estudio profundo de contaminación del aire en la ciudad de León que verifique si se cumple con los estándares establecidos en la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense de la

Calidad del Aire NTON 05 012-02 y haciendo posible que se propongan nuevas políticas medioambientales dirigidas a la disminución de estos contaminantes.

2.2.2 Antecedentes Nacionales

MINSA, (2011. p. 64), en su “Estudio de saturación Lima Metropolitana y Callao”, concluye que: - Este estudio determinó que el principal contaminante presente en Lima y Callao, sigue siendo el material particulado, PM10 y PM2.5 el mismo que se dispersa de sura nor-este por acción de los vientos, lo que podría contribuir al incremento de enfermedades respiratorias de la población expuesta en los distritos ubicados en esas zonas.

SNIA Comisión multisectorial para la gestión de la iniciativa del aire limpio para Lima y Callao (2019), en el documento Diagnóstico de la gestión de la calidad del aire de Lima-Callao, establece que los costos por morbilidad y mortalidad anual podrían ascender hasta aproximadamente un 0,5 % (US \$929 506 925) del PBI nacional y 0,9 % del PBI de Lima.

Mallqui, R. (2019), en su investigación titulada Determinación de niveles de carboxihemoglobina en policías de tránsito de la ciudad de Huancayo, 2019 en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima-Perú; expuso las siguientes conclusiones: Respecto al tiempo de servicio en la unidad de tránsito (menos de 1 año, un año, dos años, de 3 a 5 años), se observa que el grupo que presenta mayor cantidad de policías con carboxihemoglobina que superan el valor normal, se encuentra en el grupo de 1 año con un porcentaje de 15,6%, seguido de aquellos que tienen 2 años de servicio en la unidad de tránsito de la policía, asimismo Se encontró que según el tiempo de exposición al monóxido de carbono (menos de 7 horas, de 8 a 11 horas y de 12 a 16 horas) los participantes expuestos de 8 a 11 horas y de 12 a 16 horas presentan mayor porcentaje de carboxihemoglobina superior al valor normal.

Flores, R. (2017), en su investigación titulada Determinación del nivel de contaminación de dióxido de carbono por parque automotor en la ciudad de Puno, 2017 en la Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú; expuso las siguientes conclusiones: Se registró la concentración de gases provocados por el parque automotor en la ciudad de Puno, donde la relación existente de CO₂

respecto a O₂, CO respecto a O₂, CO₂ respecto a CO, no existe influencia significativa en los 16 puntos de monitoreo, ya que $F_c < F_t$ (2.403), asimismo el p-valor es mucho mayor que 0.05 del nivel de significancia, se manifiesta que no hay contaminación, se dice que no existe relación de gases generado por el parque automotor, asimismo no existe actualización de mapas y monitoreo en la ciudad de Puno respecto a los gases de CO₂ y CO.

2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.

2.3.1 Aplicativo Móvil.

Para el desarrollo del proyecto es necesario comprender el concepto y alcance de una aplicación móvil, su importancia en el proyecto es fundamental. A continuación, se expondrá la información de tres autores:

Son componentes descargados desde el Internet para desempeñar una función que el usuario requiera o solicite (Cuello & Vittone, 2013)

Son contenidos de Internet que cubren las necesidades de una Sociedad, proporciona: comunicación, entretenimiento, productividad y otras utilidades. (Carrasco, 2015)

Son herramientas con características especiales, orientadas para dispositivos pequeños como: tabletas o teléfonos inteligentes. (Yeeply, 2017)

Tomando en cuenta los conceptos determinados por los autores mencionados, se puede determinar que los sistemas operativos móviles son considerados programas madre, permite que los usuarios interactúen con los dispositivos móviles, permitiendo usar sus funcionalidades y tienen semejanza a los sistemas operativos que vienen previamente instalados en los ordenadores de escritorio y ordenadores portátiles. Con esto se abren las infinitas posibilidades a aplicaciones y usos que se le pueden dar a estos programas para beneficio de la sociedad que en este proyecto se presentan como beneficios sociales, económicos y saludables. Asimismo, el proyecto se desarrolla con software libre con lo que permite tener mayor alcance de desarrollo, sin embargo, estará disponible para el sistema operativo Android.

2.3.2 Monóxido de Carbono

El CO es un gas que en condiciones normales es incoloro, inodoro, tóxico e inflamable en el aire a distintas concentraciones (Ortiz & Mamani, 2013), se lo obtiene por combustión incompleta del carbono presente en los combustibles fósiles cuando no se oxidan completamente todos los elementos combustibles (Aranguéz, 1999). En los productos de combustión aparece el CO y carbono no quemado (hollín) y es un gas "invisible y silencioso" (EPA, 2015) cuando el aporte de oxígeno no es suficiente para oxidar por completo el combustible, con lo que se forman gases como el CO (Ledesma, 2012).

Tomando en cuenta los conceptos determinados por los autores mencionados, se puede determinar que CO es un gas muy difícil de detectar por lo que un dispositivo que pueda medir su concentración puede ser muy útil para diversos estudios y regulaciones ambientales, lo que permitirá una mejoría en la salud de las personas y animales que pudiesen estar en expuestos a este gas en medianas o altas concentraciones y por medianos o largos periodos de tiempo.

Algunos datos importantes del CO brindadas por el ILO International Labour Organization (2018):

- Las vías de exposición ocurren por inhalación.
- Al haber ausencia de un gas, el CO alcanza una concentración nociva rápidamente.
- La sustancia afecta en la sangre lo que da lugar a la Carboxihemoglobina con alteraciones cardiacas. Esto producirá la muerte.
- Al estar expuesto por un tiempo prolongado o repetido, habrá consecuencias en el sistema cardiovascular y nervioso, además que produce alteraciones en la reproducción humana.

2.3.3 Carboxihemoglobina

La carboxihemoglobina (COHb) es la unión de un gas tóxico, el monóxido de carbono, con la hemoglobina, la proteína de la sangre que transporta el oxígeno. Cuando hay presencia de monóxido de carbono, mucho más afín a la hemoglobina que el oxígeno, ocupa los lugares que tendría que ocupar éste, desplazándose en el transporte sanguíneo. (Farmacosalud, 2021)

Según Fernandez (2015), la carboxihemoglobina nos quita el oxígeno, que es una de nuestras moléculas de la vida. El no tener oxígeno implica una serie de situaciones negativas para el metabolismo de las células. Si hay mucha COHb, es menos oxígeno que transportamos en la sangre; es negativo para el metabolismo celular que la concentración de COHb en sangre sea muy elevada.

La tabla siguiente explica las concentraciones de CO en el ambiente, el porcentaje de formación de COHb y los síntomas que ocasionan a esos niveles.

Tabla N° 1. Síntomas por concentración de Monóxido de Carbono

Concentración de Monóxido de Carbono	de COHb (%)	Síntomas
Menos de 35 ppm (cigarrillo)	5	Ninguno o cefalea leve
0.005% (50 ppm)	10	Cefalea leve, disnea de grandes esfuerzos, vasodilatación cutánea
0.01% (100 ppm)	20	Cefalea pulsátil, disnea de moderados esfuerzos
0.02% (200 ppm)	30	Cefalea severa, irritabilidad, fatiga, visión borrosa
0.03-0.05% (300-500 ppm)	40 – 50	Cefalea, taquicardia, náuseas, confusión, letargia, colapso, respiración de Cheyne Stokes
0.08 – 0.12% (800-1200 ppm)	60 – 70	Coma, convulsiones, falla respiratoria y cardíaca
0.19% (1900 ppm)	80	Muerte

Fuente: Silvana y Rosas. (2018).

2.4 Definición de términos básicos

Bluetooth

Bluetooth Basic Rate / Enhanced Data Rate (BR / EDR), es un radio de baja potencia que transmite datos a través de 79 canales en la banda de frecuencia industrial, científica y médica (ISM) sin licencia de 2.4GHz. Compatible con la comunicación de dispositivos punto a punto, Bluetooth Classic se utiliza principalmente para permitir la transmisión inalámbrica de audio y se ha convertido en el protocolo de radio estándar detrás de los altavoces inalámbricos, auriculares y sistemas de entretenimiento. Bluetooth Classic también permite aplicaciones de transferencia de datos, incluida la impresión móvil. (Bluetooth Special Interest Group, 2021)

Bluetooth Low Energy (LE) está diseñada para un funcionamiento de muy baja

potencia. Al transmitir datos a través de 40 canales en la banda de frecuencia ISM sin licencia de 2.4GHz. Admite múltiples topologías de comunicación, que se expanden de punto a punto a la transmisión y, más recientemente, a la malla, lo que permite que la tecnología Bluetooth respalde la creación de redes de dispositivos confiables a gran escala. (Bluetooth Special Interest Group, 2021)

Zigbee

Según el Zigbee Alliance (Zigbee Alliance, 2021) el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

En principio, el ámbito donde se prevé que esta tecnología cobre más fuerza es en domótica, como puede verse en los documentos de la Zigbee Alliance, en las referencias bibliográficas que se dan más abajo en el documento «Zigbee y Domótica». La razón de ello son diversas características que lo diferencian de otras tecnologías:

- Bajo consumo.
- Topología de red en malla.
- Fácil integración (se pueden fabricar nodos con muy poca electrónica).

Android

Es el sistema operativo para móviles más popular en este momento, el cual fue lanzado por Google en 2008. Android es un sistema operativo de código abierto escrito en Linux y diseñado básicamente para teléfonos inteligentes y tabletas. Inicialmente, el sistema operativo Android no creó ningún escándalo en el mundo de los dispositivos móviles, pero comenzó a crecer gradualmente. (Prashanth, 2021)

Smartphone

Es un dispositivo electrónico de mano que proporciona una conexión a una red celular. Los teléfonos inteligentes permiten a las personas hacer llamadas telefónicas, enviar mensajes de texto y acceder a Internet. (Frankenfield, 2020)

Una combinación de teléfono celular y computadora de mano que creó la mayor revolución tecnológica desde Internet. Un teléfono inteligente hace todo lo que puede hacer una computadora personal y, debido a su movilidad, mucho más. Aunque el tamaño de la pantalla es una limitación en comparación con un monitor de escritorio, las resoluciones y la densidad de píxeles cada vez más altas hacen que la visualización sea placentera. (PCMAG, 2021).

Sensores, Actuadores y Transductores son dispositivos encargados de obtener información, es decir, de proporcionar señales de entrada a la unidad de control para que ésta pueda determinar la orden de salida. Esta orden de salida es convertida en una señal eléctrica, la cual es enviada a un actuador que convertirá la energía eléctrica en otra forma de energía. Para simplificar se puede decir que el sensor envía información a la unidad de control, ésta la procesa y envía una orden, que recibe el actuador y se encarga de ejecutarla (Guarella, 2018).

Sensor MQ-7

Es un sensor para la detección de monóxido de carbono (CO) para medir la concentración de este gas en el aire. El MQ-7 puede medir concentraciones de gas monóxido entre 20 a 2000 partes por millón (ppm)

El sensor MQ7 posee una alta sensibilidad y rápido tiempo de respuesta, es muy fácil además realizar la interfaz del sensor con un microcontrolador, ya que podemos usar un pin de entrada analógico para medir la concentración del gas. Las conexiones que requiere el sensor son muy básicas solo requiere alimentación de 5V para el elemento calefactor. (Tesla Electronic, 2021).

Microcontroladores

Es un circuito integrado que tiene la potestad de ejecutar órdenes, las cuales son grabadas en su memoria. Posee bloques funcionales que están diseñados para cumplir una tarea específica. Sus tres unidades funcionales son la unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida (Valdés, 2007).

ATmega328P

Es un Chip microcontrolador creado por ATMEL, de alto rendimiento con la capacidad de leer mientras escribe, 1KB de memoria EEPROM, 2KB de SRAM, 23

líneas de E/S, 32 registros de proceso general. Posee puerto serial, opera entre 1.8 y 5.5 voltios. Alcanza una respuesta promedio de 1 MIPS en un solo ciclo de reloj (Kurniawam, 2012).

Arduino

El software de código abierto facilita el poder realizar la escritura de códigos para poder grabarlos en el microprocesador. Es posible ejecutarlo en Windows, Mac OS y Linux. Se puede utilizar con cualquier placa Arduino. (Barret, 2010).

Normativas y Regulaciones

Ley N 30309: Ley que promueve la investigación científica e innovación tecnológica. Publicada el 13 de marzo de 2015. Esta ley es necesaria para poder realizar investigaciones y aportes en el avance tecnológico del país, bajo una rigurosa supervisión de entidades públicas (L30309, 2015). 2.2.11.2 Recomendación UIT-R M.1073-1: Establece recomendaciones sobre las características técnicas y de explotación de los sistemas celulares digitales de telecomunicaciones móviles terrestres para uso internacional y regional. Mediante la recopilación y comparación de las características de estos, así como la provisión de las referencias asociadas, la Recomendación suministra a las administraciones directrices para la evaluación de distintos sistemas celulares en sus aplicaciones proyectadas (UIT, 2012).

MIT App Inventor

Según la página oficial de MIT App Inventor, es un entorno de programación visual e intuitivo que permite a todos, incluso a los niños, crear aplicaciones completamente funcionales para teléfonos inteligentes y tabletas con Android e iOS. Aquellos nuevos en MIT App Inventor pueden tener una primera aplicación simple en funcionamiento en menos de 30 minutos. Y, lo que es más, nuestra herramienta basada en bloques facilita la creación de aplicaciones complejas y de alto impacto en mucho menos tiempo que los entornos de programación tradicionales. El proyecto MIT App Inventor busca democratizar el desarrollo de software al empoderar a todas las personas, especialmente a los jóvenes, para pasar del consumo de tecnología a la creación de tecnología. (MIT App Inventor, 2021)

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Tipificación de la Tesis

3.1.1 Tipo y método de Investigación para la Tesis.

Según Sampieri y Mendoza (2018) este proyecto de tesis es una Investigación aplicada y tecnológica sin hipótesis, debido a que la investigación cumple el propósito de resolver problemas prácticos.

El método de investigación fue experimental debido a que se realizó la medición de CO observándose en un dispositivo móvil. Este proceso se dividió en 3 etapas:

- Primera etapa. Adquisición y digitalización de datos.
- Segunda etapa. Transmisión y recepción inalámbrica.
- Tercera etapa. Desarrollo de aplicativo móvil.

3.1.2 Nivel de Investigación para la Tesis

El nivel de investigación fue descriptivo debido a que no se formularon hipótesis y debido a nuestro alcance inicial de estudio.

Según Sampieri y Mendoza (2018), no debemos olvidar que una investigación puede abordar parte del problema de forma descriptiva y parte explicativa. Aunque debemos señalar que los estudios descriptivos no suelen contener hipótesis, y ello se debe a que en ocasiones es difícil precisar el valor que se puede manifestar en una variable.

3.1.3 Ubicación de lugar al estudio

Este proyecto de investigación midió los niveles de concentración de CO en la región de Lima. A continuación, se muestra en la figura nuestro rango de actividad en los que se tomaron las mediciones:

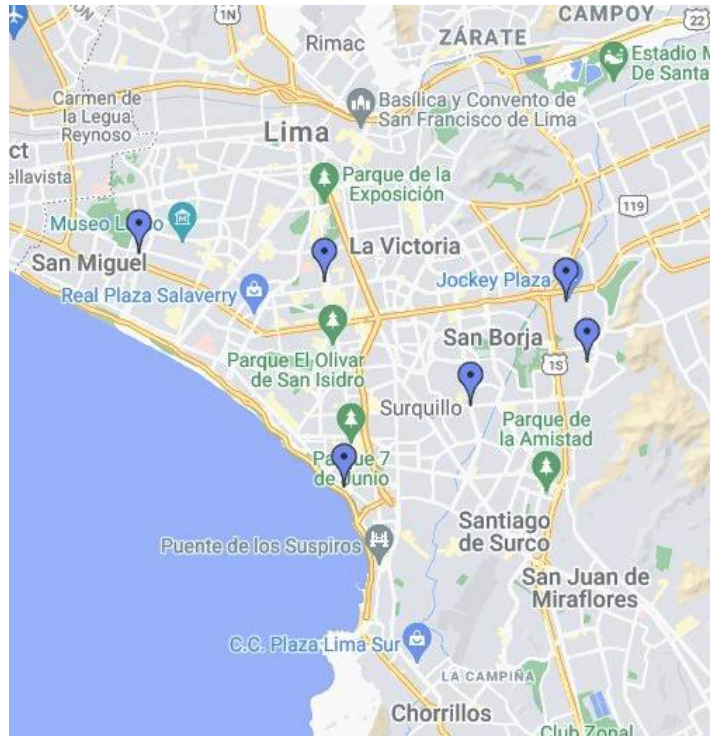


Figura N° 1: Ubicación de estudio

Fuente: Google Maps.

Se eligieron ocho lugares distintos de la ciudad de Lima, y se procedió a tomar lecturas. Los lugares seleccionados fueron:

- Universidad Ricardo Palma (berma frente a la universidad)
- Polideportivo en el distrito de San Borja
- Parque de los museos en el Cercado de Lima.
- Óvalo Higuiereta en el distrito de Santiago de Surco
- La Curva de Villa Chorrillos
- Óvalo Higuiereta
- Óvalo de Miraflores
- Residencial San Felipe
- Óvalo Jorge Chávez

Para la selección de ubicaciones se tiene en cuenta lugares locales por donde los integrantes de este grupo recurren y debido a restricciones sanitarias COVID 19 previo a vacunación.

3.2 Metodología del diseño específico

3.2.1 Relación entre variables

Variable dependiente: Concentración de CO

Variable Independiente: Aplicativo Móvil

3.2.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se preparó una interfaz gráfica de tal forma que sea posible visualizar el nivel de monóxido de carbono en partes por millón, así como también la ubicación geográfica a través de latitud y longitud obtenida directamente del propio Smartphone.

Además, se recurrió a las rutinas del App Inventor para programar la conexión bluetooth, recepción de datos, activación GPS, visualización en mapa, lista, almacenamiento, limpieza, importación y exportación de base de datos, entre otras más.

Se contó con la opción de almacenamiento de mediciones en una hoja de Excel mostrando los campos: número de medición por tiempo, lugar, latitud, longitud, concentración y diagnóstico.

3.2.3 Procedimiento para la recolección de datos

Se recolectaron datos de manera aleatoria, teniendo en cuenta horas de alta fluidez de tránsito, espacios poco y altamente ventilados, y zonas industriales (talleres mecánica, pintura, etc). Con esto se comprobó la exportación de datos a través del aplicativo móvil y su usabilidad para posteriores estudios o normativas regulatorias ambientalistas.

3.2.4 Etapas del diseño

Se contó con tres etapas:

Adquisición y digitalización de datos, el cual consistió en adquirir datos a través del sensor y medir la concentración de CO en partes por millón esto gracias a un proceso electroquímico. El microcontrolador se encargó de comunicar el transmisor con el sensor.

Transmisión y recepción inalámbrica, etapa donde los datos ya digitalizados se enviaron bit a bit a través módulo de transmisión, éste envió los datos al módulo

receptor de manera inalámbrica para poder enlazar con el aplicativo móvil.

Desarrollo y uso del aplicativo móvil, el cual nos fijó el entorno para lograr tener los datos medidos en tiempo real del receptor al dispositivo móvil y poder exportar los datos con etiquetas.

CAPÍTULO IV: DISEÑO DEL APLICATIVO MÓVIL PARA VISUALIZAR LA CONCENTRACIÓN DE CO

En el presente capítulo se brinda el detalle sobre el diseño de un aplicativo móvil para visualizar la concentración de CO, asimismo el acondicionamiento de un sensor que nos permita realizar las mediciones en un entorno de hardware y software mediante la transmisión y recepción de datos; posteriormente, se describe el funcionamiento del hardware, software y algoritmos desarrollados utilizando microcontroladores, módulos y entorno de programación. Finalmente, la integración total de las partes.

Para el diseño de un aplicativo móvil para visualizar la concentración de CO, desde el punto de vista de hardware, se necesitaron de dos módulos de comunicación inalámbrica XBee Serie 2, dos microcontroladores Atmega328p, 1 módulo Bluetooth HC-05, un sensor MQ-7, y un celular Smartphone con sistema operativo Android. Y, desde el punto de vista de software, se requirió del entorno de desarrollo de software MIT App Inventor para la programación del aplicativo en el móvil, y del software Bootloader de Arduino para la programación del microcontrolador Atmega328p, comunicación con los módulos Bluetooth y XBee. A continuación, en la figura N° 2, se muestra el diagrama de bloques de forma general para este diseño.

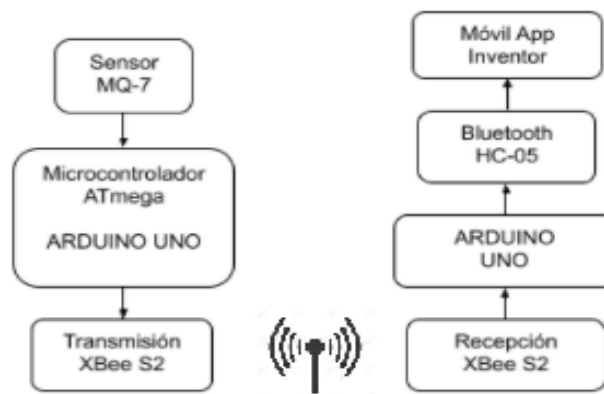


Figura N° 2. Diagrama de bloques del diseño para alerta y medición de concentración de CO

Fuente: Elaboración Propia

De manera equivalente, el diseño propuesto se desarrolló en base a tres etapas principales. El primero dirigido a la adquisición y digitalización de los datos obtenidos a través del sensor MQ-7. La segunda etapa se encarga de la transmisión y recepción a través de un

enlace inalámbrico. Y, como última etapa, la comunicación con el dispositivo móvil y su correspondiente programación a través de la aplicación App Inventor.

4.1 Etapas para el desarrollo del aplicativo móvil

4.1.1 Primera Etapa: Adquisición y Digitalización de Datos

Esta etapa consistió en la adquisición de datos del sensor de monóxido de carbono MQ-7 mostrado en la Figura N° 3 , ubicado en la estación de transmisión. De esta forma, fue posible medir la concentración de monóxido de carbono en el aire y en un rango de 0 a 2000 partes por millón (ppm) mediante un proceso electroquímico. Luego, una vez realizada la adquisición en niveles de voltaje, se procedió a la digitalización a través del microcontrolador ATmega328p (mostrado en Figura N° 4) para una posterior transmisión inalámbrica de datos permitiendo, además, procesamiento de la información, la interconexión de los módulos y sensores en cada estación.

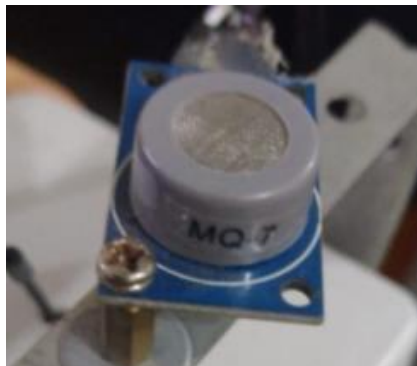


Figura N° 3: Sensor MQ-7

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 4: Microcontrolador ATmega328p

Fuente: Elaboración Propia

Se preparó parte del código fuente utilizado en la programación del ATmega328p para la lectura de los datos suministrados por el sensor MQ-7.

El código a continuación:

```
#define DEBUG 0
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  while(!Serial)
  { ; } //Espacio entre datos para mejorar la lectura.
}
void loop()
{
  int sensorValue = analogRead(A0);
  Serial.print(sensorValue);
  delay(1000); // 1000 ms para lectura de datos
}
```

4.1.2 Segunda Etapa: Transmisión y recepción inalámbrica

Con los datos digitalizados temporalmente en el microcontrolador ATmega 328p, se continuó con el envío al módulo de transmisión XBee S2, mostrado en la Figura N° 5, a través del protocolo ZigBee.

Este módulo hizo posible enviar los datos a través de un enlace inalámbrico digital de baja potencia en la banda de 2,4 GHz y basado en el estándar IEEE 802.15.4. Por lo tanto, para establecer la comunicación entre la estación transmisora y la estación receptora, fue necesario añadir otro módulo XBee S2 en el lado del receptor. (Figura N° 6). En resumen, 1 módulo XBee S2 para la estación de Transmisión y 1 módulo XBee S2 para la estación de Recepción.



Figura N° 5: Módulo XBee Transmisión con protocolo de Comunicación Zigbee

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 6: Módulo XBee Recepción con protocolo de Comunicación Zigbee

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3 Tercera etapa. Desarrollo de aplicación móvil

Una vez que los datos del sensor MQ-7 están en el lado del receptor, fue necesario usar otro microcontrolador para poder enviar dichos datos al aplicativo móvil del smartphone. Para ello se utilizó un módulo Arduino, que previamente se comunicaba con una interfaz de conexión inalámbrica de dispositivos móviles, módulo Bluetooth HC-05, en la banda de frecuencia de 2,4 GHz, y con modulación GFSK.

La Figura N° 7 muestra el módulo bluetooth usado en la estación de recepción, que será la interfaz de conexión inalámbrica de la aplicación móvil para la visualización de los datos.

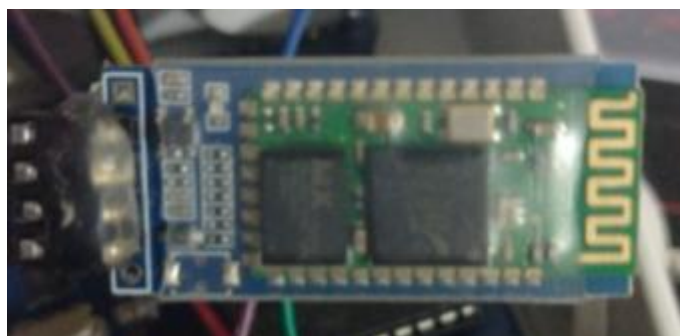


Figura N° 7: Módulo Bluetooth

Fuente: Elaboración Propia

Del mismo modo, a continuación, se adjunta parte del código fuente utilizado en la programación de Arduino, para la lectura de los datos suministrados por el sensor MQ-7 correspondiente al lado del receptor para poder luego se transmitido vía bluetooth hacía el smartphone que contiene la aplicación móvil.

```
#include <SoftwareSerial.h>; // Librería SoftwareSerial
SoftwareSerial BT(10,11); // Rx y Tx serial
void setup()
{
  BT.begin(9600);
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  if (BT.available() ) // si dato en puerto BT, enviar al mon.
  {
    Serial.write(BT.read());
  }
  if (Serial.available() ) // si dato en monitor serial, enviar
  {
    BT.write(Serial.read());
  }
}
```

Asimismo, en esta etapa se desarrolló la aplicación móvil App Inventor de Google Labs. Por ello, la interfaz gráfica fue preparada de tal forma que es posible visualizar la concentración de monóxido de carbono en partes por millón con alertas del tipo visual y sonora para altas concentraciones, almacenamiento de datos y exportación de los mismos, y la ubicación geográfica a través de latitud y longitud obtenida directamente desde el propio Smartphone.

En la Figura N° 8 se muestra parte de la programación para lograr el enlace bluetooth entre el dispositivo móvil y el módulo de recepción.

```

initialize global DATOS_LLEGADA_BT to false

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

when ListPicker1 .AfterPicking
do set datos_BT .Text to CONECTADO
set ListPicker1 .Selection to call BluetoothClient1 .Connect
address ListPicker1 .Selection

set Clock1 .TimerEnabled to true
set Desconectar .Enabled to true
set ListPicker1 .Enabled to false
set global DATOS_LLEGADA_BT to false

when Desconectar .Click
do call BluetoothClient1 .SendText
text S
set Clock1 .TimerEnabled to false
set global DATOS_LLEGADA_BT to false
call BluetoothClient1 .Disconnect
set datos_BT .Text to DESCONECTADO
set idDebug .Text to S
set Sensor .Text to S
set ListPicker1 .Enabled to true
set Desconectar .Enabled to false

when Clock1 .Timer
do if BluetoothClient1 .IsConnected
then if get global DATOS_LLEGADA_BT
then call receiveText
else call BluetoothClient1 .SendText
text F
set global DATOS_LLEGADA_BT to true

```

Figura N° 8: Programación en bloques para la conexión Bluetooth

Fuente: Elaboración Propia

Se muestra el bloque en la Figura N° 9 el almacenamiento de datos el cual luego de apretar el botón de Guardado lo registra.

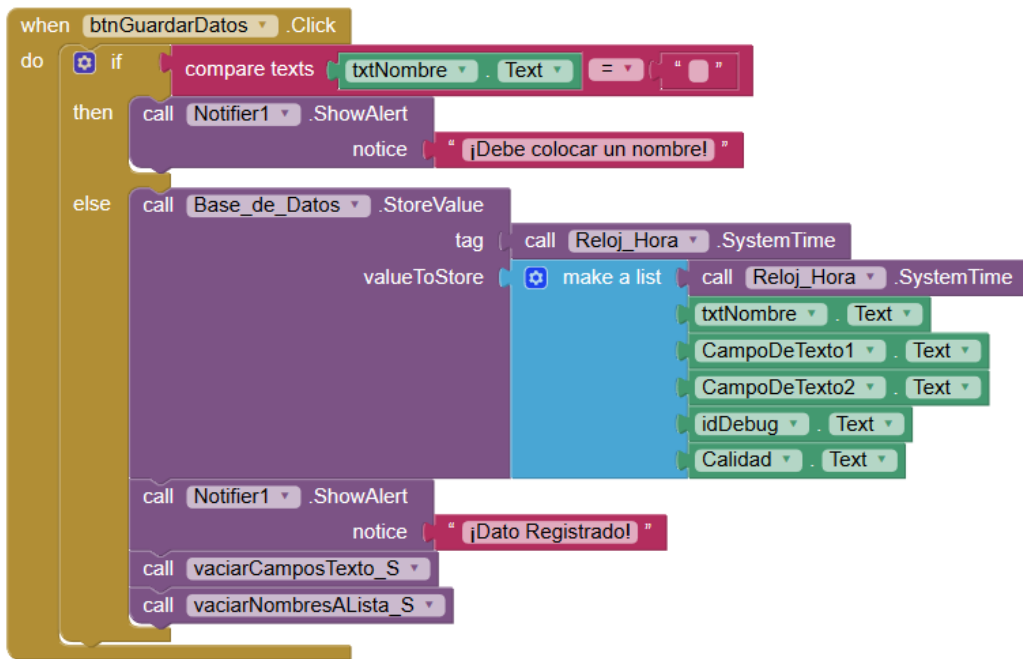


Figura N° 9: Programación en bloques para el almacenamiento de datos.

Fuente: Elaboración Propia

Luego de almacenar los datos de la medición en tiempo real, tuvo que pasar por una importación de datos para crear una lista de registro.

Este registro se guarda en una tabla con formato .CSV para luego pasar a la exportación de datos en nuestro móvil.

Estos datos se almacenan con las siguientes etiquetas:

- Nombre
- Lugar
- Latitud
- Longitud
- PPM
- Diagnóstico

A continuación, en la Figura N° 10 se muestra el bloque programado para la importación de datos y en la Figura N° 11 para la exportación de datos.

```

when btnImportarDatos .Click
do
  call File2 .ReadFrom
  fileName "/datos.csv"

initialize global Archivo_Lista to create empty list

initialize global Registroo to create empty list

when File2 .GotText
text
do
  call Base de Datos .ClearAll
  set text to replace all text get text
  segment
  replacement
  set global Archivo_Lista to list from csv table text get text
  for each nombre in list get global Archivo_Lista
  do
    set global Registroo to make a list
    select list item list get nombre
    index 1
    select list item list get nombre
    index 2
    select list item list get nombre
    index 3
    select list item list get nombre
    index 4
    select list item list get nombre
    index 5
    select list item list get nombre
    index 6
    call Base de Datos .StoreValue
    tag select list item list get nombre
    index 2
    valueToStore get global Registroo
  open another screen screenName Screen2

```

Figura N° 10: Programación en bloques para la importación de datos.

Fuente: Elaboración Propia

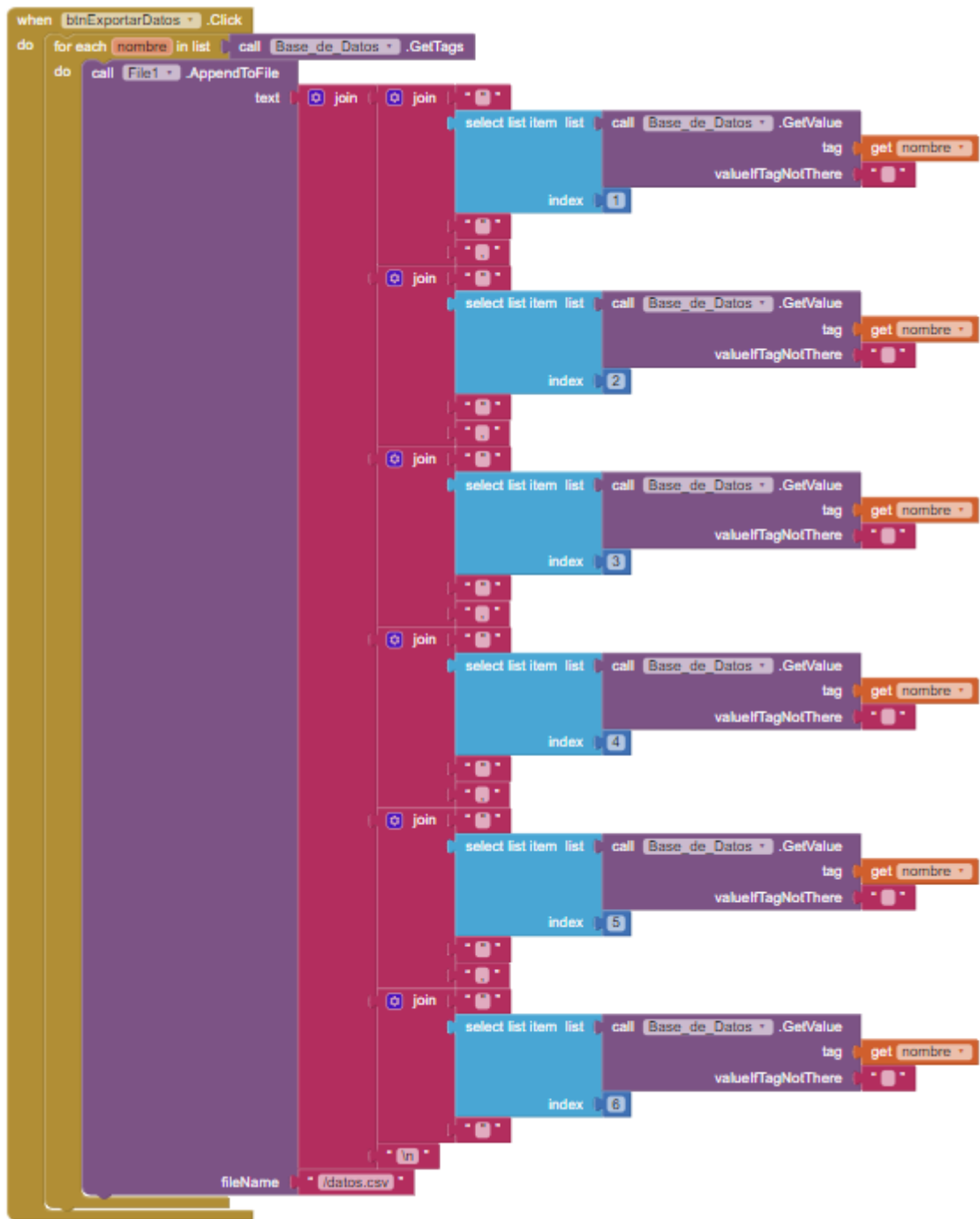


Figura N° 11: Programación en bloques para la exportación de datos.

Fuente: Elaboración Propia

Para el alerta semáforo y sonora, se programó en bloques de acuerdo a lo mostrado en la Figura N° 12.

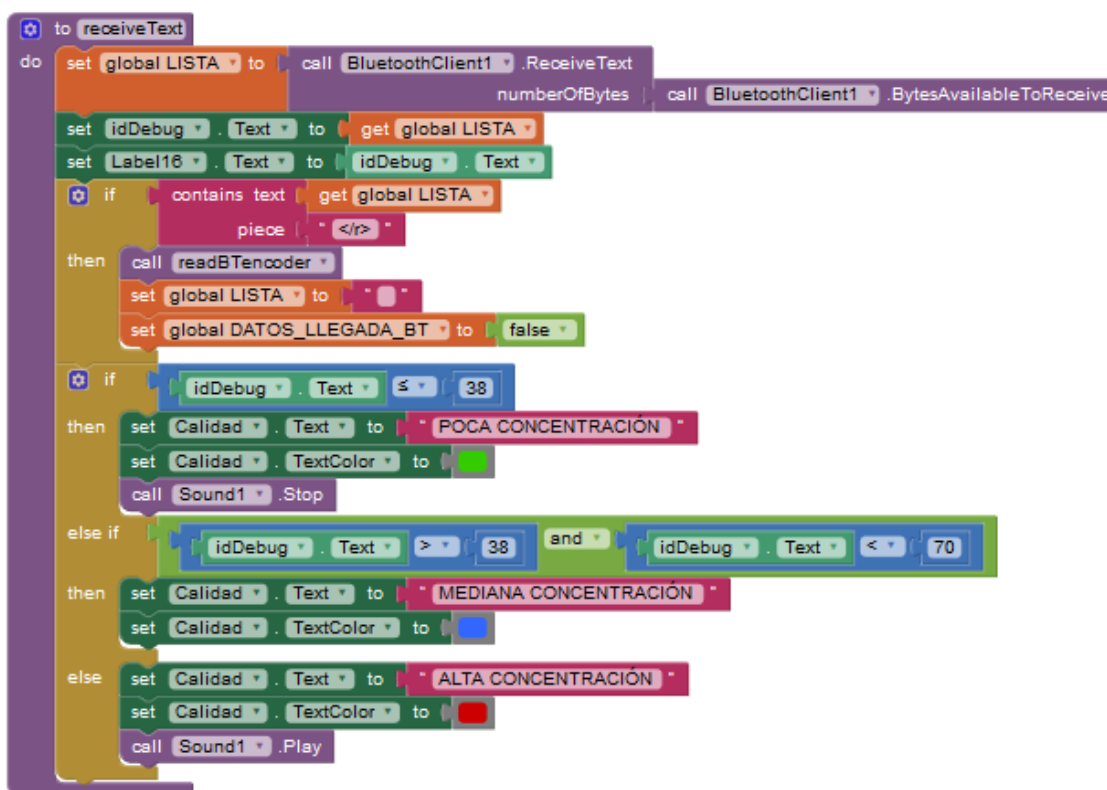


Figura N° 12: Programación para visualizar alerta de acuerdo a la concentración.

Fuente: Elaboración Propia

Ante la llegada de un dato se presenta tres opciones de muestra en la pantalla del aplicativo:

- POCA CONCENTRACIÓN (color verde, menor o igual a 38 ppm)
- MEDIANA CONCENTRACIÓN (color azul, entre 39 ppm y 70 ppm)
- ALTA CONCENTRACIÓN (color rojo, mayor a 70 ppm)

Cuando se obtiene ALTA CONCENTRACIÓN, además de presentar un color rojo en el texto del dato, se reproduce un sonido de alerta replicado en el dispositivo móvil.

Nota: Los valores colocados para los rangos de poca, mediana y alta concentración han sido tomados bajo criterio propio, basándose en el cuadro de efectos nocivos para la salud a determinadas concentraciones de monóxido de carbono mencionado en la tabla N° 1 de la presente Tesis. Estos valores pueden

ser alterados o reemplazados en el aplicativo móvil para efectos de reglamentación o normatividad vigente.

Los valores medidos se muestran en ppm en el aplicativo móvil, los cuales pueden ser convertidos a microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) bajo el protocolo de monitoreo de la calidad de aire y gestión de los datos establecido por la dirección general de salud ambiental en la página 47.

La normativa actual sobre los límites en las concentraciones de monóxido de carbono se encuentra en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire del Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. Estos valores se muestran en la tabla N° 2:

Tabla N° 2. Estándares de Calidad Ambiental para Aire de CO según normativa peruana.

Parámetros	Período	Valor [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Criterios de evaluación	Método de análisis
Monóxido de Carbono (CO)	1 Hora	30000	No exceder más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (método automático)
	8 Horas	10000	Media Aritmética Móvil	

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2017 - MINAM. Perú (2017).

Adicionalmente, se añade el extracto del Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire el cual muestra los métodos equivalentes a nivel internacional y el consolidado referencial con el método peruano. La tabla N° 3 nos muestra el extracto mencionado en el Decreto Supremo:

Tabla N° 3. Métodos de referencias internacionales.

N°	Sección	Parámetro	Tipo de Método	Denominación genérica del método	Norma técnica correspondiente
19	E.3.1	CO	Método de Referencia	Infrarrojo No Dispersivo con Filtro de Correlación de Gas	Norma Técnica Peruana: NTP 900.031, o NTP que la reemplace
20	E.3.2		Método Equivalente	-	· EPA(USA) · Mcerts (Inglaterra) · TUV (Alemania)

Fuente: Protocolo Nacional de Monitoreo de la calidad ambiental del aire. MINAM (2019)

De esta manera se ha estructurado nuestro entorno de diseño para cumplir con todos los objetivos de este proyecto de investigación.

Las Figuras N° 13 y N° 14 muestran las vistas del aplicativo en el móvil, desde el instalado hasta el funcionamiento.



Figura N° 13: Icono Aplicación Medición CO

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 14: Interfaz del Aplicativo móvil de medición

Fuente: Elaboración Propia

En resumen, se utilizaron rutinas de App Inventor para programar la conexión bluetooth, recepción de datos, activación GPS, visualización de mapas, listado, almacenamiento, limpieza, importación y exportación de base de datos, entre otros. El entorno de programación para el sistema GPS se muestra en la figura N° 15.

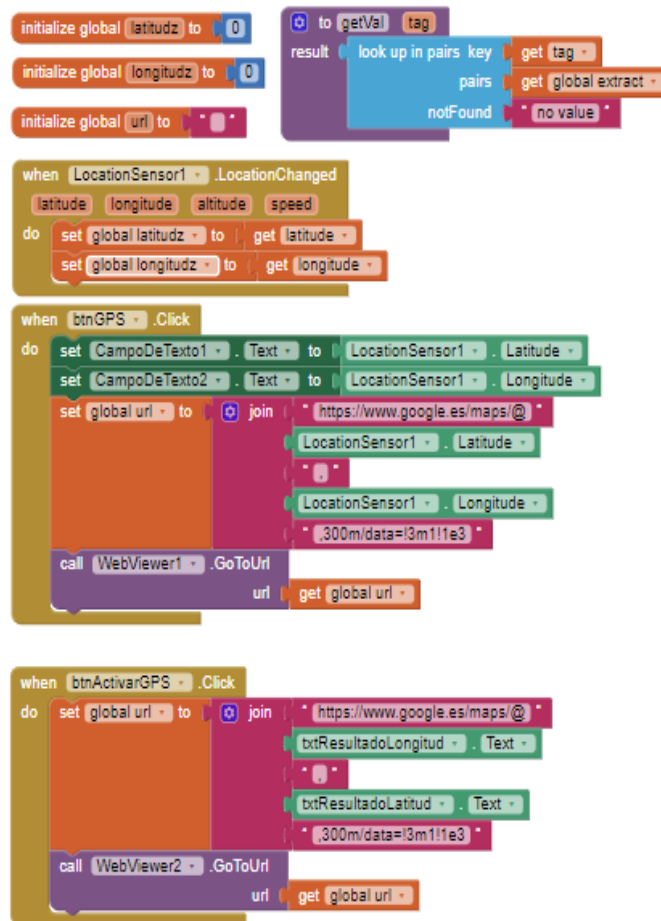


Figura N° 15: Entorno de Programación en bloques para activación GPS y visualización de mapas.

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Estructura final de los módulos de comunicación.

Para poder demostrar que la aplicación funcione requerimos un sistema con módulos de comunicación.

Se eligieron dos cajas de paso de PVC para acomodar el hardware diseñado, programado e implementado.

Una caja para la estación de transmisión mostrada en la Figura N° 16 y otra para la estación de recepción mostrada en la Figura N° 17.

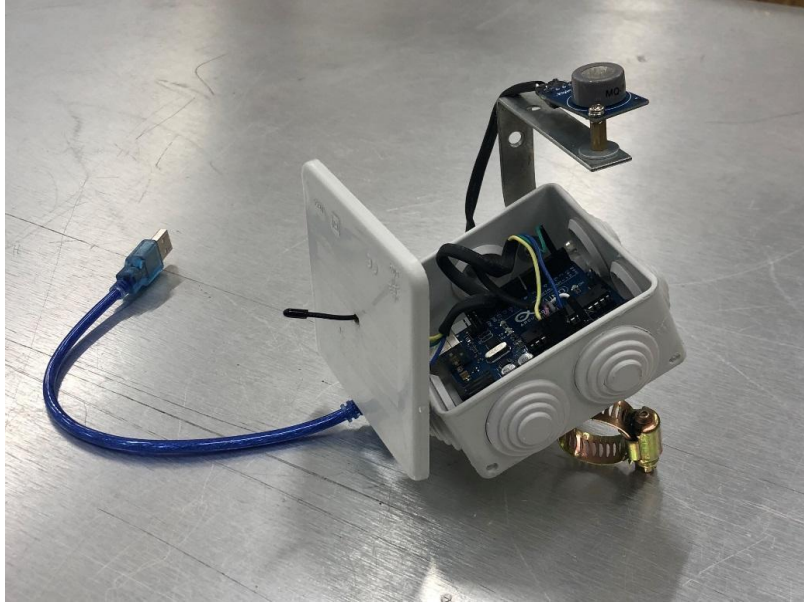


Figura N° 16: Cajas de paso de PVC con herrajes para la estación de transmisión

Fuente: Elaboración Propia

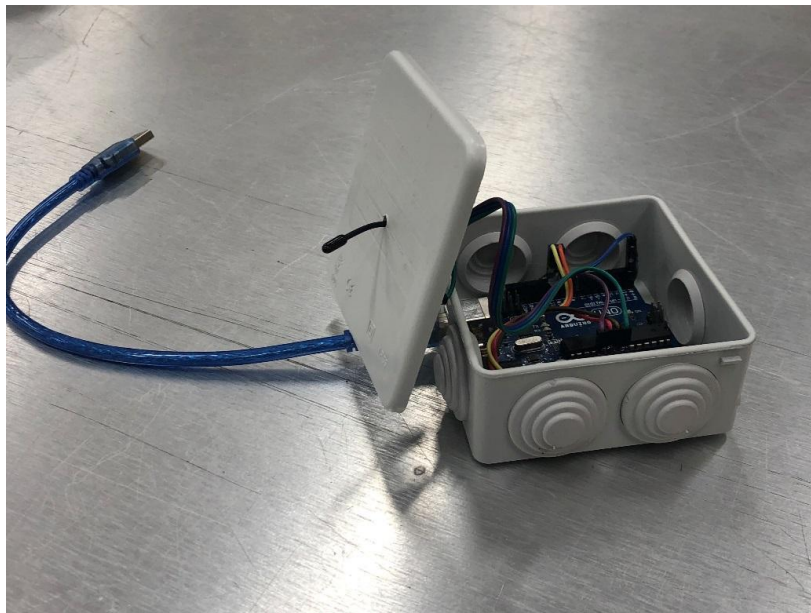


Figura N° 17: Cajas de paso de PVC con herrajes para la estación de recepción.

Fuente: Elaboración Propia

De esta manera se implementó de acuerdo al diagrama de la Figura N° 18 el cual es el esquema general de nuestro proyecto.

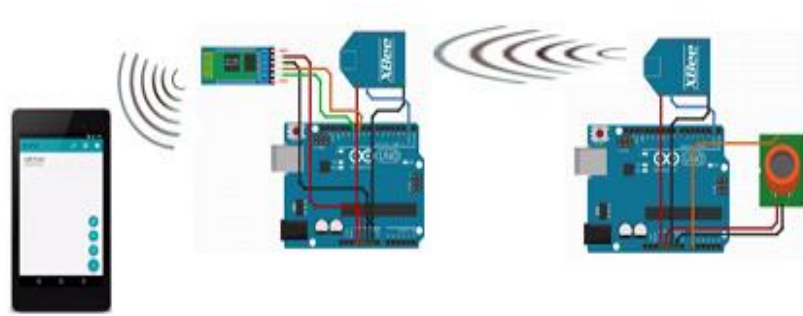


Figura N° 18: Esquema general de diseño de un aplicativo móvil para visualizar la concentración de CO

Fuente: Fritzing electronics made easy v.0.9.9 (2021).

<https://fritzing.org/learning/>

CAPÍTULO V: PRUEBAS Y RESULTADOS

En el siguiente capítulo se describen los diferentes resultados de cada etapa y el diseño final. Además contará con imágenes que demuestran el funcionamiento y eficiencia de este proyecto cumpliendo con los objetivos mencionados en Capítulo I.

5.1 Pruebas y Resultados

Luego de haber subido la programación en el hardware ya conectado: microcontrolador de cada estación y la programación en bloques para la comunicación XBee - Sensor - Dispositivo Móvil, procedimos a instalar nuestro aplicativo .apk.

La figura N° 19 muestra la simulación del aplicativo en dispositivo móvil:

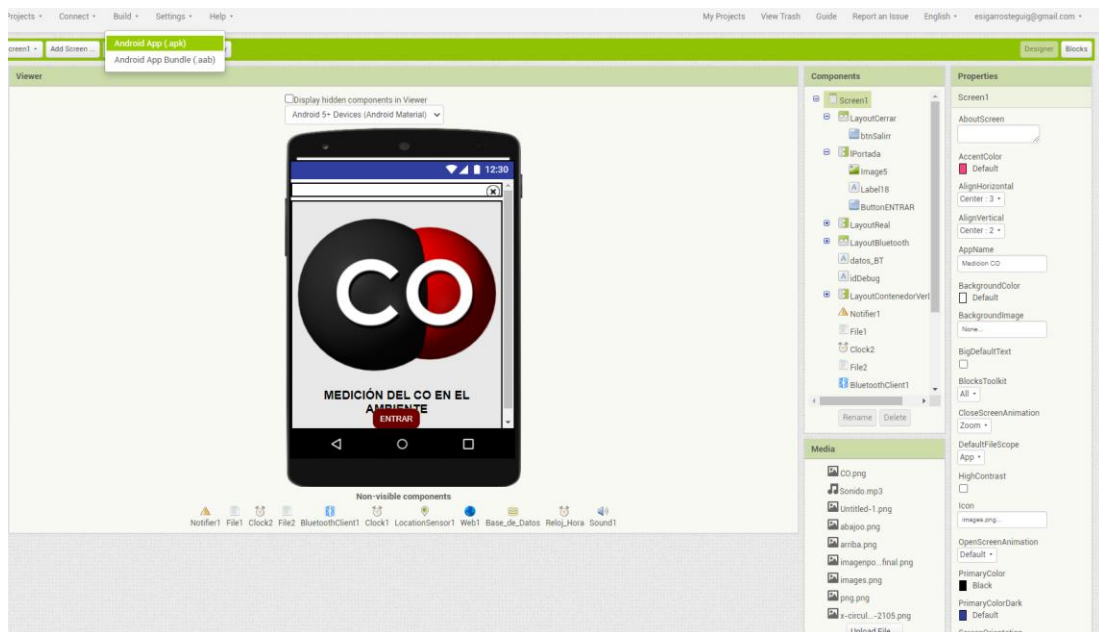


Figura N° 19: Construcción de aplicativo previo a prueba

Fuente: Elaboración Propia

Se verificó la perfecta funcionalidad de todos los menús, conexión bluetooth y sistema GPS del aplicativo.

A continuación en las Figuras N° 20, N° 21 y N° 22 se muestran los resultados de las pruebas realizadas con el gas de un encendedor.

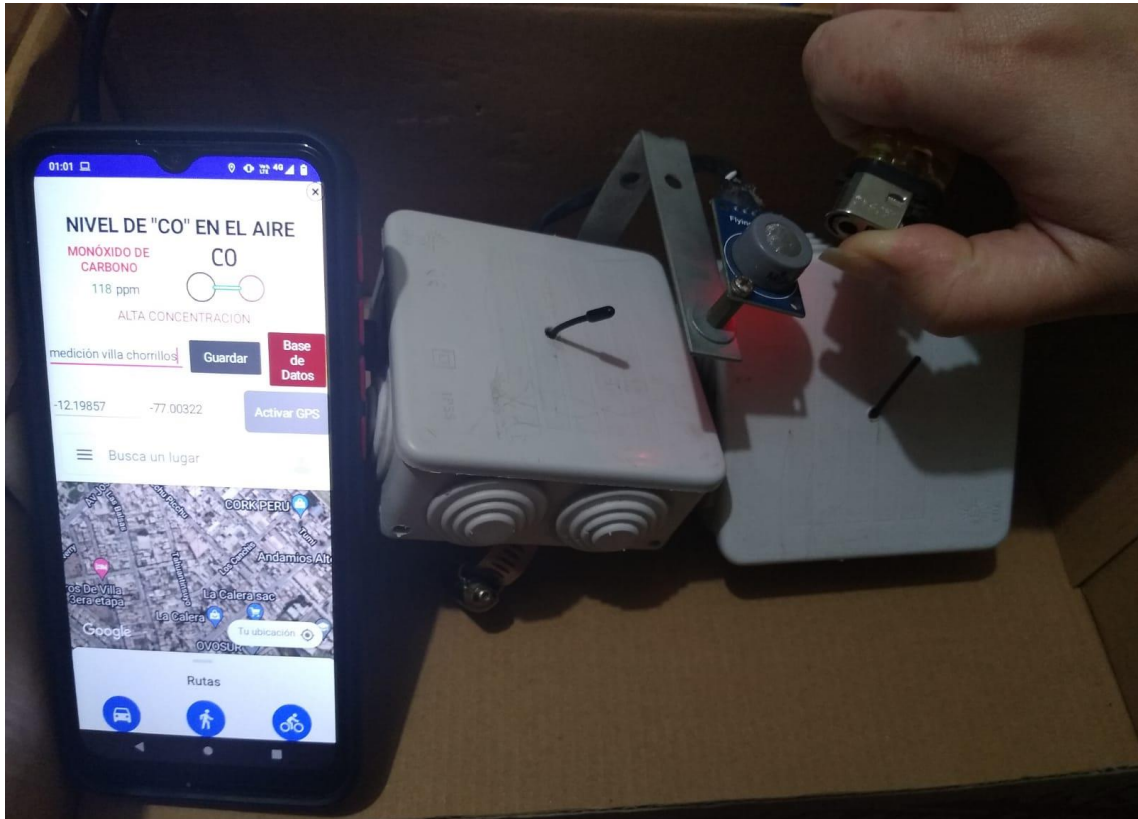


Figura N° 20: Prueba del diseño con gas nocivo del encendedor

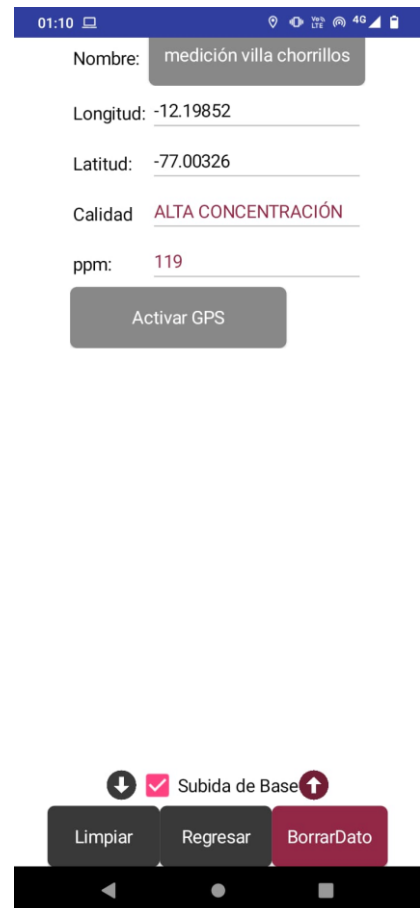
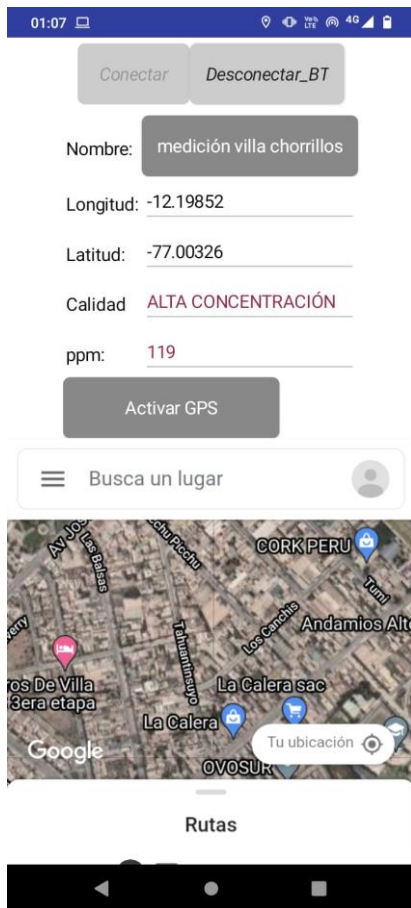
Fuente: Elaboración Propia

Según el resultado observado de 118 ppm, indica una alta concentración de monóxido de carbono debido al encendedor el cual producirá cefalea leve y disnea en una exposición continua. De acuerdo a lo mencionado en el Capítulo IV de Diseño, se presenta una alerta roja acompañado de un sonido alerta reproducido en el dispositivo móvil.

Se colocó en el botón “Guardar” para almacenar nuestro registro “Medición villa Chorrillos” y luego en el botón “Base de Datos” para acceder los menús en las Figuras

N° 21 y N° 22. Se observó el dato almacenado con las características: Nombre, Longitud, Latitud, Calidad (puede ser BAJA, MEDIA y ALTA CONCENTRACIÓN) y ppm.

Además, se observa la activación GPS para mostrar la ubicación exacta según la base de Google Maps.



Figuras N° 21 y N° 22 : Captura del aplicativo para almacenamiento y captura de exportación de datos.

Fuente: Elaboración Propia

Luego del almacenamiento podemos exportar los datos con el botón “Subida de Base” el cual guarda todas las mediciones en un archivo Excel el cual podemos compartir.

Para mostrar las pruebas y resultados reales en Lima obtenidos con el módulo de medición de concentración de monóxido de carbono, se eligieron ocho lugares distintos de la ciudad de Lima, y se procedió a tomar lecturas. Los lugares seleccionados fueron:

- Universidad Ricardo Palma (berma frente a la universidad)
- Polideportivo en el distrito de San Borja
- Parque de los museos en el Cercado de Lima.
- Óvalo Higuiereta en el distrito de Santiago de Surco
- La Curva de Villa Chorrillos

- Óvalo Higuiereta
- Óvalo de Miraflores
- Residencial San Felipe
- Óvalo Jorge Chávez

Seguidamente, en las tablas N° 2 y N° 3 se muestran el promedio de las mediciones tomadas en el mes de Agosto del 2021, y correspondientes a un horario de la mañana y otro de la tarde. Los valores mostrados son un promedio de 20 pruebas realizadas por lugar.

Para la selección de ubicaciones se tiene en cuenta lugares locales por donde los integrantes de este grupo recurren y debido a restricciones sanitarias COVID 19 previo a vacunación.

Tabla N° 4: Resultados de medición de concentración de CO horario mañana

	LUGAR DE MEDICIÓN	LAT / LONG	MEDICIÓN DE CONCENTRACIÓ N
1	Universidad Ricardo Palma (berma frente a la universidad)	- 11.91978 / -76,6561	19 ppm
2	Polideportivo de San Borja	-12.10845 / -77,00796	7 ppm
3	Parque de los museos Cercado de Lima	- 12.05024 / -77,05838	15 ppm
4	La curva de Villa Chorrillos	- 12.13073 / -76,97949	26 ppm
5	Óvalo Higuiereta	-12,129229 / -77,00133	34 ppm
6	Óvalo de Miraflores	-12,119465 / -77,029107	19 ppm

7	Residencial San Felipe	-12,089364 / -77,05396	13 ppm
8	Óvalo Jorge Chávez	-12,064751/ -77,039069	31 ppm

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 5: Resultados de medición de concentración de CO horario tarde.

	LUGAR DE MEDICIÓN	LAT / LONG	MEDICIÓN DE CONCENTRACIÓN
1	Universidad Ricardo Palma (berma frente a la universidad)	- 11.91978 / -76,6561	20 ppm
2	Polideportivo de San Borja	-12.10845 / -77,00796	6 ppm
3	Parque de los museos Cercado de Lima	- 12.05024 / -77,05838	17 ppm
4	La curva de Villa Chorrillos	- 12.13073 / -76,97949	27 ppm
5	Óvalo Higuiereta	-12,129229 / -77,001331	36 ppm
6	Óvalo de Miraflores	-12,119465 / -77,029107	21 ppm
7	Residencial San Felipe	-12,089364 / -77,05396	14 ppm
8	Óvalo Jorge Chávez	-12,064751 / -77,039069	33 ppm

Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, con el afán de comprobar los resultados de las mediciones obtenidas en las tablas N° 2 y N° 3, se recurrió a la plataforma web Real-time Air Quality Index la cual otorga los datos de contaminación del aire alrededor del mundo en tiempo real.

De esta manera, al realizar la comparación de la medición realizada en San Borja el 25 de Agosto del 2021 tanto en el horario de la mañana y la tarde, se confirma que estos se encuentran en los rangos mostrados en la referencia del índice de Calidad de Aire.

A continuación, se muestran fotografías que fueron adquiridas mientras se realizó la prueba en San Borja señalada en las tablas N° 2 y N° 3.

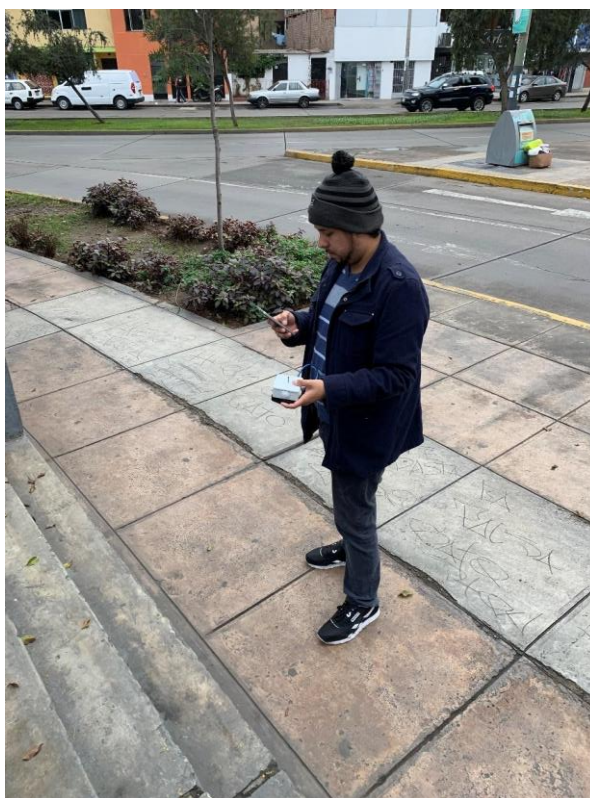


Figura N° 23 : Configuración para Medición de datos en San Borja.

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 24 : Medición de datos en San Borja 2.

Fuente: Elaboración Propia

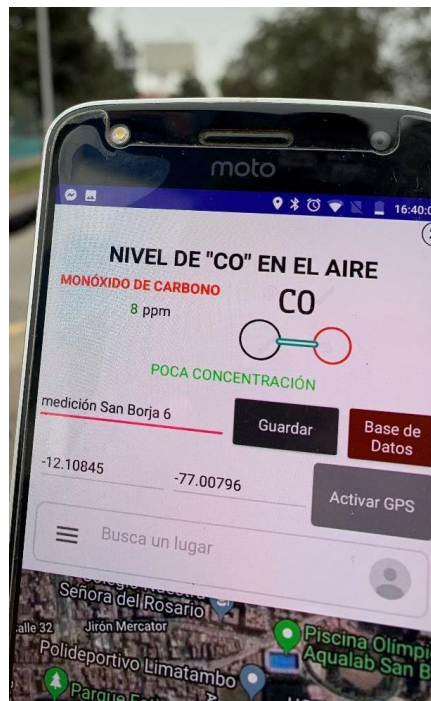


Figura N° 25 : Obtención de datos con el aplicativo móvil San Borja

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 26 : Captura de la medición realizada en San Borja. Medida más GPS

Fuente: Elaboración Propia

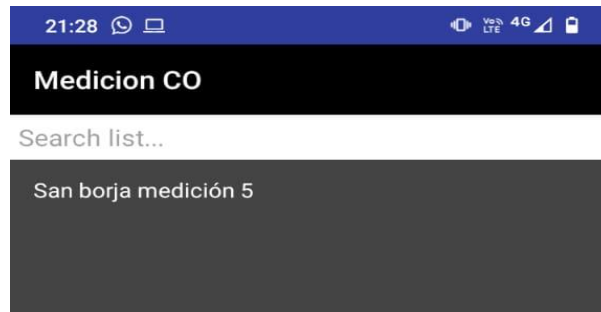


Figura N° 27 : Captura de opción de almacenamiento del dato.

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 28 : Captura de opción de exportación de datos.

Fuente: Elaboración Propia

	A	B	C	D	E	F	G
1	NÚMERO	LUGAR	LAT	LONG	PPM	DIAGNÓSTICO	
2	1.5604E+12	Alamos Prueba	-12.1034	-76.9564	42	MEDIANA CONCENTRACIÁN	
3	1.5604E+12	medición con gas	-12.1034	-76.9564	80	ALTA CONCENTRACIÁN	
4	1.5604E+12	urp	-11.9198	-76.6561	19	POCA CONCENTRACIÁN	
5	1.5604E+12	polideportivo sb	-12.1085	-77.008	7	POCA CONCENTRACIÁN	
6	1.5604E+12	Parque museos	-12.0602	-77.0594	15	POCA CONCENTRACIÁN	
7	1.5604E+12	Curva Villa	-12.1307	-76.9795	26	POCA CONCENTRACIÁN	
8	1.5604E+12	Ovalo Higuiereta	-12.1292	-77.0291	34	POCA CONCENTRACIÁN	
9	1.5604E+12	Ovalo Miraflores	-12.1195	-77.054	19	POCA CONCENTRACIÁN	
10	1.5604E+12	San Felipe	-12.0894	-77.054	13	POCA CONCENTRACIÁN	
11	1.5604E+12	Ovalor J Chavez	-12.0648	-77.0391	31	POCA CONCENTRACIÁN	
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Figura N° 29: Captura de archivo con el último dato exportado.

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Aspectos Administrativos

5.2.1 Presupuesto

A continuación, se muestra el gasto general contabilizado en el presente proyecto.

Se tiene en cuenta que los costos se deben en una primera instancia del desarrollo el cual irán disminuyendo ante la posibilidad de mayores diseños.

Tabla N° 6: Gasto total y general por diseño del proyecto.

Dispositivos	Precio (S/.)
2 Atmega328p	40
Sensor MQ-7	15
Bluetooth HC-05	30
2 XBee S2C	400
2 Cajas PVC protección dispositivo	20
2 PowerBank 5000mAh	100
Cables y misceláneos	30
Programación (Horas/Hombre)	1000
TOTAL	S/. 1635

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

1. Con el diseño de un circuito de acondicionamiento para el sensor MQ-7, la programación de los microcontroladores ATmega328p, la implementación del módulo de comunicación inalámbrica a través del protocolo Zigbee y Bluetooth, y la programación en el software App Inventor, se logró diseñar un aplicativo móvil para visualizar en tiempo real la concentración de CO, Lima, 2021.
2. Se logró diseñar un aplicativo móvil para visualizar con alerta la concentración de CO, Lima, 2021. Además, mediante programación de bloques se añade una alerta sonora reproducida del dispositivo móvil.
3. Se logró diseñar un aplicativo móvil para visualizar el almacenamiento de la concentración de CO, Lima, 2021. Este almacenamiento incluye todos los datos completos de las distintas mediciones realizadas con la aplicación.
4. Se logró diseñar un aplicativo móvil para visualizar la exportación de datos de concentración de CO, Lima, 2021. Con la posibilidad de tener las mediciones en una hoja de Excel para compartir y análisis.

Con los resultados logrados y mostrados en las Tablas N° 2 y N° 3, se demuestra que los valores recomendados por la OMS son similares a lo visualizado en el aplicativo desarrollado; sin embargo, no fue posible realizar la comparación con un equipo calibrado y profesional por el tema económico. Pues, alquilar tales equipos resulta muy elevado en costo. Asimismo, el uso de una alimentación independiente (PowerBank), proporcionó facilidad para la prueba en campo ejecutada en distintos distritos de la ciudad de Lima.

RECOMENDACIONES

1. Tener en cuenta que, al trabajar con distintos lenguajes de programación, los procesos de codificación y decodificación de datos son propios de cada lenguaje. Por ello debemos considerar las variables de codificación con la que trabaja cada lenguaje.
2. Con los resultados obtenidos se recomienda usar IoT e inteligencia artificial para armar una red de sensado, la cual permita pronosticar y recomendar nuevas regulaciones para el medio ambiente.
3. Se requiere que para el uso del aplicativo tener activado Bluetooth, GPS y conexión móvil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (2021). *Monóxido de carbono*.
<https://espanol.epa.gov/cai/monoxido-de-carbono>
- Altronics (2021). *Microcontrolador ATmega328P*. Recuperado el 15 de Septiembre del 2021. <https://altronics.cl/microcontrolador-atmega328p>
- Aranguéz, E. *Contaminantes atmosféricos y su vigilancia*. Servicio de Sanidad Ambiental y Antropozoonosis Consejería de Sanidad y Servicios Sociales. <https://scielosp.org/article/resp/1999.v73n2/123-132/>
- Bluetooth Special Interest Group. (2021). *Bluetooth Technology Overview*. [Descripción general de la tecnología Bluetooth.]. <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/tech-overview/>
- Cuello, J., Vittone, J. (2013). *Diseñando apps para móviles*. Editorial Catalina Duque Giraldo, 1, pp.5.
- Carrasco, S. (2015). *Análisis de la aplicación de la tecnología móvil en las empresas*. Universidad Politécnica de Valencia.
- DIGESA (2017). *Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Aire y Gestión de los Datos*. Dirección General de Salud Ambiental, pp. 42.
- Farmacosalud. (2021). *Carboxihemoglobina (COHb): un peligroso intruso al que se puede evitar*. <https://farmacosalud.com/carboxihemoglobina-cohb-un-peligroso-intruso-al-que-se-puede-evitar/>
- Fernandez, R. (2014) *Niveles elevados de carboxihemoglobina: fuentes de exposición a monóxido de carbono*. Unidad de Gestión Clínica de Pulmón, Servicio de Neumología, Hospital Universitario Central de Asturias, Oviedo, Asturias, España. *Archivos de Bronconeumología*, 50, pp. 465 - 468.
- Flores, R. (2017). *Determinación del nivel de contaminación de dióxido de carbono por parque automotor en la ciudad de Puno*. Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú, pp. 73.

- Frankenfield, J. (2020) *What Is a Smartphone?* [¿Qué es un Smarthphone?] Investopedia.
<https://www.investopedia.com/terms/s/smartphone.asp>
- Gaudiosi, J. (2011). *Apple and Google Each Top 10 Billion Cumulative App Downloads in 2011*. [Apple y Google cada uno de los 10 mil millones de descargas de aplicaciones acumuladas en 2011].
<https://www.forbes.com/sites/johngaudiosi/2011/12/27/apple-and-google-each-top-10-billion-cumulative-app-downloads-in-2011/?sh=a107cf56f9f8>
- Hujainah, F., Dahlan H., Basheer A. (2013). *Usability guidelines of mobile learning application*. JOURNAL OF INFORMATION SYSTEMS RESEARCH AND INNOVATION
- International Labour Organization (2018). *0023- CARBON MONOXIDE*. International Chemical Safety Cards (ICSCs).
https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=en&p_card_id=0023&p_version=2
- Jamsheer, K. (05 de Julio del 2019). *THE HISTORY AND EVOLUTION OF MOBILE APPS*. [LA HISTORIA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS APLICACIONES MÓVILES] <https://acodez.in/evolution-mobile-apps/>
- Ledesma, P. (2012) *Evaluación de la concentración ambiental del monóxido de carbono presente en el proceso de soldadura de una metalmecánica*. Universidad san francisco de quito y Universidad de huelva–españa.
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2274/1/104392.pdf>
- MINAM (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias*. DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM, pp. 4.
- MINAM (2019). *Decreto Supremo que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire*. Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM, pp. 48.
- MIT App Inventor (2021). *About us*. [Acerca de Nosotros]. Massachusetts Institute of Technology. <http://appinventor.mit.edu/about-us>

- Monar, J. (2013). *Determinación de la exposición a monóxido de carbono en el personal policial del grupo de tránsito del centro histórico del distrito metropolitano de Quito*. Universidad tecnológica equinoccial, Ecuador.
- MINSA. (2012). *Estudio de saturación Lima metropolitana y Callao año 2011*. Dirección General de Salud Ambiental, Ministerio de Salud, Perú.
- Mallqui, R. (2019). *Determinación de niveles de carboxihemoglobina en policías de tránsito de la ciudad de Huancayo, 2019 en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima-Perú*. Dirección General de Estudios de Posgrado Facultad de Farmacia y Bioquímica UNMSM, pp. 36.
- Naylamp Mechatronics. *Tutorial sensores de gas MQ2, MQ3, MQ7 y MQ135*. https://naylampmechatronics.com/blog/42_tutorial-sensores-de-gas-mq2-mq3-mq7-y-mq135.html
- Nielsen, J., (2013) *Usability 101: Introduction to Usability*. Jakob Nielsen's Alertbox, 25.
- Ortiz, S., Mamani, W. (2013). *INTOXICACION POR MONOXIDO DE CARBONO*. Revista de Actualización Clínica, 36, pp 1-2.
- Prashanth, S. (2021). *Evolution of Android OS [Evolución de Android OS]*. Spinfeld. <https://www.spinfeld.com/evolution-of-android-os/>
- PCMAG. (2021). *Smartphone*. <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/smartphone>
- Real-time Air Quality Index. (2021). *The World Air Quality Project*. China. <https://aqicn.org/city/peru/lima/san-borja/>
- Rojas, C. (2019). *Implementation of a CO concentration measurement and alert prototype applying IoT and mobile application*. [Implementación de un prototipo de alerta y medición de concentración de CO aplicando IoT y aplicación móvil]. IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8905572>
- Rosales, A., Delgado, A., Canales, H. (2017). *Creación de una estación de monitoreo ambiental utilizando microcontrolador Arduino Yun y sensores electroquímicos para la realización de mediciones de monóxido de carbono, ozono y material particulado de 2.5 y 10um, presentes en el aire en la ciudad de León, con*

capacidad de enviar datos a través de una red para su posterior consulta en un sitio web especializado, durante el período noviembre 2017 - marzo 2018.
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua.

Silvana, M., Rosas, R. (2018). *Riesgo toxicológico del monóxido de carbono en trabajadores de las islas de recarga de hidrocarburos en la terminal de petroecuador de la ciudad de cuenca.* Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Químicas
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/29933/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

Tesla Electronic. (2021). *Sensor de Monóxido de Carbono MQ-7.*
<https://www.teslaelectronic.com.pe/producto/sensor-de-monoxido-de-carbono-mq-7/>

Sampieri, R., Fernandez, C., Baptista, M. (2018). *Metodología de la investigación.* McGraw-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. 7ma Edición.pp. XXIV

SNIA Comisión multisectorial para la gestión de la iniciativa del aire limpio para Lima y Callao (2019). *Diagnóstico de la gestión de la calidad del aire de Lima-Callao.* Ministerio del Ambiente - MINAM, 1, 97.

Unifunds (2021). *History of Mobile Application Development.* [Historia del desarrollo de aplicaciones móviles] <https://unifunds.com/history-of-mobile-application-development>

Yeeply (2017). *¿Qué son las Aplicaciones Nativas, Web e Híbridas?*
<https://www.yeeply.com/blog/tipos-de-app-y-para-que-sirven/>

Zhang, D., Adipat, B. (2005) *Challenges, Methodologies, and Issues in the Usability Testing of Mobile Applications.* International Journal of Human-Computer interaction, 293

Zigbee Alliance. (2021). *What is Zigbee?* [¿Qué es Zigbee?]
<https://zigbeealliance.org/solution/zigbee/>

ANEXOS

Anexo 1. Circuito Interno Sensor MQ-7

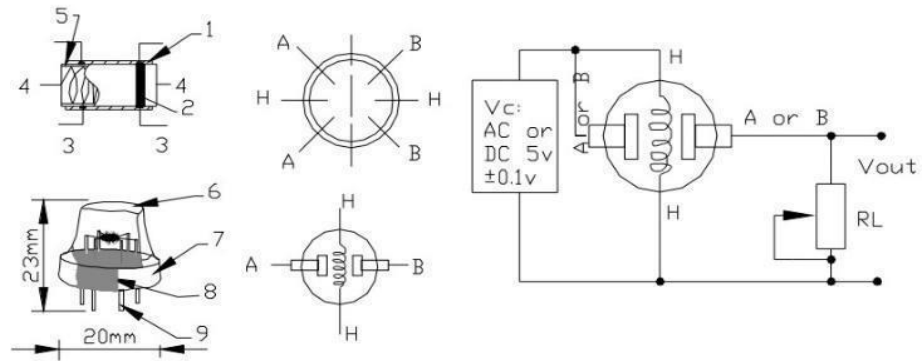


Figura N° 30: Circuito interno sensor MQ-7

Fuente: “Tutorial sensores de gas MQ2, MQ3, MQ7 y MQ135” por Naylamp Mechatronics (2021).
https://naylampmechatronics.com/blog/42_tutorial-sensores-de-gas-mq2-mq3-mq7-y-mq135.html

Anexo 2. Curva característica del Sensor MQ-7 expresado en partes por millón.

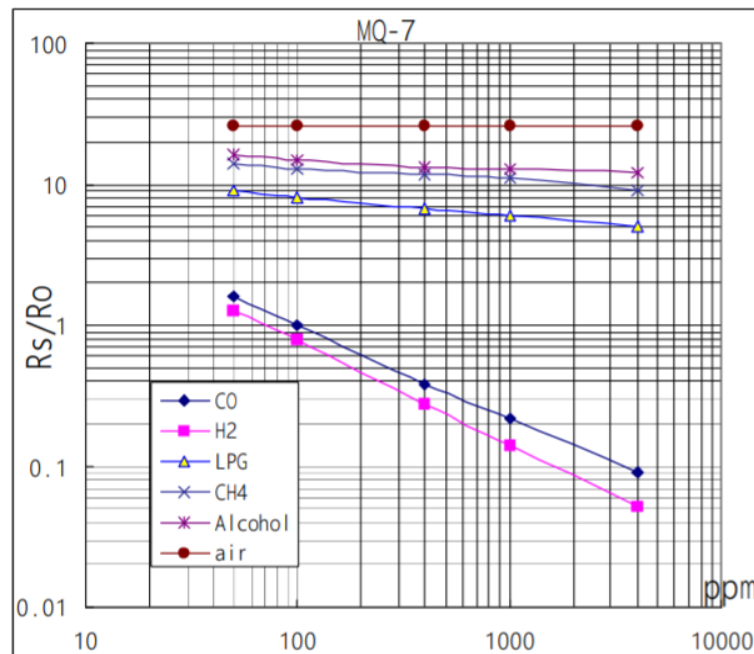


Figura N° 31: Curva característica del Sensor MQ-7 expresado en partes por millón.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3. Configuración pines sensor MQ-7



Figura N° 32: Configuración pines MQ-7

Fuente: “Tutorial sensores de gas MQ2, MQ3, MQ7 y MQ135” por Naylamp Mechatronics (2021).
https://naylampmechatronics.com/blog/42_tutorial-sensores-de-gas-mq2-mq3-mq7-y-mq135.html

Anexo 4. Configuración de pines Atmega328p

ATmega328 Pin Mapping

Arduino function	ATmega328 Pin	ATmega328 Pin	ATmega328 Pin	Arduino function
reset	(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
digital pin 0 (RX)	(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
digital pin 1 (TX)	(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
digital pin 2	(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
digital pin 3 (PWM)	(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
digital pin 4	(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	VCC	7	22	GND
GND	GND	8	21	AREF
crystal	(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
crystal	(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
digital pin 5 (PWM)	(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
digital pin 6 (PWM)	(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
digital pin 7	(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
digital pin 8	(PCINT0/CLKO/CP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)
				digital pin 5
				analog input 4
				analog input 3
				analog input 2
				analog input 1
				analog input 0
				GND
				analog reference
				VCC
				digital pin 13
				digital pin 12
				digital pin 11 (PWM)
				digital pin 10 (PWM)
				digital pin 9 (PWM)

Digital Pins 11, 12 & 13 are used by the ICSP header for MISO, MOSI, SCK connections (Atmega 168 pins 17, 18 & 19). Avoid low-impedance loads on these pins when using the ICSP header.

Figura N° 33: Configuración pines ATmega328P

Fuente: “Microcontrolador ATmega328P” por Altronics (2021). <https://altronics.cl/microcontrolador-atmega328p>

Anexo 5. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	MUESTRA	METODOLOGÍA
<p><u>General:</u> ¿Cómo diseñar un aplicativo móvil para visualizar la concentración de CO, Lima, 2021?</p> <p><u>Específicos:</u> a. ¿Cómo diseñar un aplicativo móvil para visualizar en tiempo real la concentración de CO, Lima, 2021? b. ¿Cómo diseñar un aplicativo móvil para visualizar con alerta la concentración de CO, Lima, 2021? c. ¿Cómo diseñar un aplicativo móvil para visualizar el almacenamiento de la concentración de CO, Lima, 2021? d. ¿Cómo diseñar un aplicativo móvil para visualizar la exportación de datos de concentración de CO, Lima, 2021?</p>	<p><u>General:</u> Diseñar un Aplicativo móvil para visualizar la concentración de CO, Lima, 2021</p> <p><u>Específicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> . Diseñar un aplicativo móvil para visualizar en tiempo real la concentración de CO, Lima, 2021. o. Diseñar un aplicativo móvil para visualizar con alerta la concentración de CO, Lima, 2021. . Diseñar un aplicativo móvil para visualizar el almacenamiento de la concentración de CO, Lima, 2021. l. Diseñar un aplicativo móvil para visualizar la exportación de datos de concentración de CO, Lima, 2021. 	<p>Variable Dependiente: Y: Concentración de CO</p> <hr/> <p>Variable Independiente: X1: Aplicación Móvil</p>	<p>La muestra estará conformada por mediciones realizadas al azar aplicada y en Lima metropolitana, teniendo en cuenta horas de alta fluidez de tránsito, espacios poco y altamente ventilados, y zonas industriales (talleres mecánica, pintura, etc). Con esto se comprobó la exportación de datos a través del aplicativo móvil y su usabilidad para posteriores estudios o normativas regulatorias ambientalistas.</p>	<p>Investigación tecnológica sin hipótesis</p>

Anexo 6. Matriz de Operacionalización

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones
Concentración de CO	<p>El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro, no irritante pero sumamente tóxico.</p> <p>Elevadas concentraciones de este gas se generan en la atmósfera baja de centros urbanos e industriales y son originadas principalmente por la combustión incompleta de combustibles fósiles (petróleo y derivados, carbón, gas natural).</p>	Concentración de CO en partes por millón (ppm)
Aplicación móvil	<p>Las aplicaciones móviles se pueden definir como un sistema de software que está funcionando en los dispositivos móviles. En estos días, se tienen una variedad de tipos de aplicaciones móviles, como aplicaciones financieras, aplicaciones educativas, publicidad y aplicaciones de marketing. La usabilidad de estas aplicaciones es muy importante, ya que ayuda a que las aplicaciones móviles sean fácil de usar, aumenta la productividad, son fáciles de usar y mejora la satisfacción del usuario</p>	<p>a. Tiempo Real</p> <p>b. Alerta de Concentración</p> <p>c. Almacenamiento</p> <p>d. Exportación de datos</p>