UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN PARA EL MONÓXIDO DE CARBONO AMBIENTAL EMITIDOS POR VEHÍCULOS A COMBUSTIBLE FÓSIL, UCAYALI, 2019"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

JUAN MANUEL NUÑEZ GARCIA

PUCALLPA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE APROBACION DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 143/2022-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 09:05 a.m. del miércoles 11 de mayo de 2022, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en forma virtual, mediante la plataforma unificada de comunicación y colaboración Microsoft Teams, los mismos que estuvo designados con Memo Múltiple N° 053-2022-UNU-FCFyA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

Lic. Mg. Desiderio Vásquez Placido	Presidente
Dr. David León Moreno	Miembro
Ing. M. Sc. Moisés Torres Velasco	Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **"CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN PARA EL MONÓXIDO DE CARBONO AMBIENTAL EMITIDOS POR VEHÍCULOS A COMBUSTIBLE FÓSIL, UCAYALI, 2019",** presentado por el bachiller **JUAN MANUEL NUÑEZ GARCÍA;** asesorado por el **Dr. FERNANDO VELÁSQUEZ DE LA CRUZ,** habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante, en consecuencia la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD Y RECOMENDACIÓN DE PUBLICACIÓN,** quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL,** después de las correcciones respectivas de la tesis. Siendo las 10:46 a.m. horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

Lic. Mg. Desiderio Vásquez Placido
Presidente

Dr. David León Moreno
Miembro

Ing. M. Sc. Moisés Torres Velasco
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Lic. Mg. Desiderio Vásquez Placido

Presidente

Dr. David León Moreno

Miembro

Ing. M. Sc. Moisés Torres Velasco

Miembro

Dr. Fernando Velásquez De La Cruz

Asesor

Bach. Juan Manuel Nuñez García

Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACION

DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N° V/0213-2022

La **Dirección de Producción Intelectual**, hace constar por la presente, que el **Informe final de Tesis, titulado:**

"CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN PARA EL MONÓXIDO DE CARBONO AMBIENTAL EMITIDOS POR VEHÍCULOS A COMBUSTIBLE FÓSIL, UCAYALI, 2019"

Cuyo(s) autor (es)	:	**NÚÑEZ GARCÍA, JUAN MANUEL**
Facultad	:	CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela Profesional	:	INGENIERIA. FORESTAL.
Asesor(a)	:	Dr. VELASQUEZ DE LA CRUZ, FERNANDO

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 6%.**

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y CODIFICA la presente constancia

FECHA 25/04/2022

Dr. ABRAHAM ERMITANIOHUAMAN ALMIRON
Dirección de Producción Intelectual

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, JUAN MANUEL NUÑEZ GARCIA.
Autor de la TESIS titulada:
"CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN PARA EL MONÓXIDO DE CARBONO AMBIENTAL EMITIDOS POR VEHICULOS A COMBUSTIBLE FÓSIL, UCAYALI, 2019"

Sustentada el año: 2022.
Con la asesoría de: Dr. FERNANDO VELÁSQUEZ DE LA CRUZ.
En la Facultad de: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES.
Carrera Profesional de: INGENIERIA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL [x] Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 11 / 05 / 2022

Email: nugarcia.jm@gmail.com
Firma:

Teléfono: 951303131
DNI: 46922745

DEDICATORIA

Dedico a Dios, por mantenerme firme en esta meta que nos proponemos. A mis hijas, que cada día son mi motor y motivación para seguir adelante. A mi madre, por la ayuda incondicional en cada etapa de mi vida. A mi coasesor, al Ingeniero Melchor Herbert Dolmos Castro, por ser mi mentor, que ahora descansa en paz.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi casa superior de estudios superior a la Universidad Nacional de Ucayali, por permitirme desarrollarme profesionalmente y formar parte de mi vida siendo ya mi alma máter.

A mis maestros de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, por el discernimiento de sus enseñanzas, valores y exigencias brindadas en toda mi formación académico y profesional.

A mi asesor, al Dr. Fernando Velásquez De La Cruz, por la oportunidad, paciencia y enseñanzas en la elaboración y ejecución del proyecto de investigación.

A mis padres, por el apoyo económico que me han brindado a lo largo de mi formación académica y profesional.

A la gran comunidad de Arduino, Fritzing y de Github, por el conocimiento compartido que se da en estas comunidades, para la elaboración de este proyecto de investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO vii

ÍNDICE GENERAL viii

ÍNDICE DE TABLAS xi

ÍNDICE DE FIGURAS xii

RESUMEN xiv

ABSTRACT xv

INTRODUCCION 1

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1 PLANTEAMIENTO TEÓRICO 5

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 26

1.2.1 Problema general 26

1.2.2 Problemas específicos 26

1.3 OBJETIVOS 26

1.3.1 Objetivo General 26

1.3.2 Objetivos específicos 26

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 27

2.1 ANTECEDENTES 27

2.1.1 Internacional 27

2.1.2 Nacional 30

2.1.3 Local 33

2.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 34

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA 36

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 36

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 36

3.3 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 36

3.3.1 Arquitectura inicial del sistema 37

3.3.2 Diseño inicial de la carcasa del Equipo 42

3.3.3 Ensamblaje de las piezas 44

3.3.4 Programación del microcontrolador 44

3.3.5 Pruebas de captación al equipo (sensor de medición de CO ambiental) 45

3.4 TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS 46

3.4.1 Técnicas 46

3.4.2 Instrumentos 46

3.5 TRATAMIENTO DE DATOS. 46

3.5.1 Prueba de t student para muestras pareadas 46

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 48

4.1. ARQUITECTURA FINAL DEL SISTEMA 48

4.1.1 Selección del microcontrolador 48

4.1.2 Selección de Componentes y los Sensores 49

4.2 DISEÑO DE LA CARCASA DEL EQUIPO 53

4.3 ENSAMBLAJE DE LAS PIEZAS DEL EQUIPO 55

4.4 PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR 57

4.5 PRUEBAS DE CAPTACIÓN AL EQUIPO 66

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 76

5.1. CONCLUSIONES 76

5.2. RECOMENDACIONES 77

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA 79

ANEXOS 87

Anexo 1. Iconografía 88

Anexo 2. Tabla del costo referencial estimado para la construcción y presentación 97

Anexo 3. Medidas generales del equipo y sus partes 98

Anexo 4. Esquemático general de los componentes en el equipo 101

Anexo 5. Esquemático general de los shield y placa Arduino Uno Rev3 102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de detección del MICS-6814 12

Tabla 2 Parámetros técnicos del sensor MICS-6814 14

Tabla 3 Parámetros ambientales del sensor MICS-6814 15

Tabla 4 Estándares de calidad ambiental para aire (ECA) 19

Tabla 5 Método de referencia y equivalente del CO 21

Tabla 6 Estándares nacionales de calidad de aire ambiental (EPA) 23

Tabla 7 Emisiones de contaminantes provenientes del parque automotor, 2000 proyectado al 2025 32

Tabla 8 Medidas generales de los componentes y sensores 53

Tabla 9 Estadísticas de muestras emparejadas de medias del sensor MICS-6814 en estado de reposo 73

Tabla 10 Prueba de muestras emparejadas del sensor MICS-6814 en estado de reposo 74

Tabla 11 Costo referencial estimado para la construcción y presentación del equipo 97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Circuito de alimentación del sensor MICS-6814 13

Figura 2 Circuito de medición del sensor MICS-6814 14

Figura 3 Emisiones de contaminantes en el sector hidrocarburo, 2002-2012 (Miles de Toneladas) 31

Figura 4 Arquitectura inicial del equipo 37

Figura 5 Grove Sensor de gas multicanal 40

Figura 6 Módulo reloj DS3231 40

Figura 7 Módulo de Pantalla LCD 20x4 41

Figura 8 Módulo de memoria microSD 41

Figura 9 Diseño inicial del equipo 42

Figura 10 Vista frontal y posterior del diseño inicial del equipo 43

Figura 11 Vistas laterales del diseño inicial del equipo 43

Figura 12 Arquitectura final del equipo 51

Figura 13 Conexiones con el microcontrolador del equipo 52

Figura 14 Diseño final del equipo, cuerpo principal 54

Figura 15 Tapa del cuerpo principal del equipo 54

Figura 16 Base solar del cuerpo principal del equipo 55

Figura 17 Ensamble del diseño final del equipo 56

Figura 18 Detalle del ensamblaje de la base solar y complemento 56

Figura 19 Guardado en bruto de datos de los sensores 67

Figura 20 Registro del tiempo de curado del equipo 68

Figura 21 Medición de la Temperatura y Humedad Relativa 69

Figura 22 Primer registro de las pruebas al Sensor MICS-6814.....70

Figura 23 Segundo registro de las pruebas al Sensor MICS-6814.....71

Figura 24 Comparación del registro en reposo con el registro esperado.....72

RESUMEN

La investigación “Construcción de un Equipo de Medición para el Monóxido de Carbono Ambiental Emitidos por Vehículos a Combustible Fósil, Ucayali, 2019” tuvo el objetivo de construir un equipo de medición para monóxido de carbono ambiental emitidos por vehículos a combustible fósil, la cual se determinó primero la arquitectura del sistema para sí diseñar la carcasa del equipo y posteriormente se imprime en 3D con PET-G para su construcción y así programar el microcontrolador para la comunicación y funcionamientos de los sensores y los componentes electrónicos que se utilizó; de tal manera para realizar las pruebas de captación en el laboratorio y determinar su rango de medición practico, donde el rango de las captaciones de las mediciones del sensor MICS-6814 se obtiene desde 7 ppm hasta 48 ppm de acuerdo a primera prueba después de 3 horas de funcionamiento, en la segunda prueba desde 6 ppm hasta 23 ppm después de más de 9 horas de funcionamiento estado de reposo para ambas pruebas, así mismo en la prueba t para muestra pareadas nos muestra que en estado de reposo donde el sensor no está expuesto al gas de interés (CO) nos muestra una diferencia altamente significativa entre la captación esperada con la captación realizada en el laboratorio, esto fue una limitación de la investigación ya que el proceso de calibración demanda más tiempo y recursos económicos, no obstante, estas capturas realizadas por el sensor MICS-6814 (Siendo de hardware y software libre y de bajo costo) con su calibración de “fabrica”, nos puede ayudar a mostrar “indicios” de aumento del gas de interés, para así realizar posteriormente mediciones con equipos de “alta gama”.

Palabras clave: Equipo de medición de monóxido de carbono, MICS-6814, Arduino Uno, contaminación del aire, salud pública.

ABSTRACT

The research "Construction of a Measurement Equipment for Environmental Carbon Monoxide Emitted by Fossil Fuel Vehicles, Ucayali, 2019" had the objective of building a measurement equipment for environmental carbon monoxide emitted by fossil fuel vehicles, which will be First, it determined the architecture of the system in order to design the casing of the equipment and later it is printed in 3D with PET-G for its construction and thus program the microcontroller for the communication and operation of the sensors and electronic components that were used; in such a way to carry out the uptake tests in the laboratory and determine its practical measurement range, where the range of the uptake of the MICS-6814 sensor measurements is obtained from 7 ppm to 48 ppm according to the first test after 3 hours of operation, in the second test from 6 ppm to 23 ppm after more than 9 hours of operation state of rest for both tests, likewise in the t-test for paired samples it shows us that in state of rest where the sensor is not exposed to the gas of interest (CO) shows us a highly significant difference between the expected uptake and the uptake made in the laboratory, this was a limitation of the investigation since the calibration process demands more time and economic resources, however, these captures made by the MICS-6814 sensor (Being free and low-cost hardware and software) with its "factory" calibration, it can help us show "signs" of increased d the gas of interest, in order to subsequently carry out measurements with “high-end” equipment.

Keywords: Carbon Monoxide Measurement Equipment, MICS-6814, Arduino Uno, Air Pollution, Public Health.

INTRODUCCION

El crecimiento demográfico de la ciudad de Pucallpa trae consigo retos ambientales como, el crecimiento del parque automotor siendo este un tema de importancia, ya que es uno de los problemas más graves que se presentan en las grandes ciudades. Así mismo los habitantes urbanos principalmente de los países en desarrollo, se encuentran sometidos a una gran cantidad de efectos nocivos a su salud y bienestar, sin que sus dirigentes se preocupen por solucionar esta avalancha de problemas ambientales cada día más críticos.

Siendo uno de los efectos a la salud humana del monóxido de carbono (CO) derivan de su capacidad para formar un compuesto estable con la hemoglobina, la carboxihemoglobina, haciendo que la sangre pierda su eficacia de transportar oxígeno. Donde los síntomas consisten en la disminución de la tolerancia al ejercicio, confusión colapso e inconciencia; estos síntomas pueden aparecer en un corto tiempo o desarrollarse progresivamente si la concentración es baja pero prolongada.

En el país, SENAMHI ha implementado sistema de monitoreo continuos en la capital donde monitorea estos gases tóxicos derivados del parque automotor, estos puntos de monitoreo son colocados estratégicamente para así desarrollar políticas y acciones ante el incremento de estos contaminantes. Así mismo se están implementado sistema de monitoreo “low cost” donde una empresa privada está desarrollando estos equipos, implementando tanto como en la capital como en provincias.

En Pucallpa, las municipalidades aún no se ha implementado sistemas de monitoreo continuo, más se desarrollan proyectos de investigación a nivel de tesis donde se data de estas concentraciones de monóxido de carbono, donde los puntos críticos son las concurrencias excesivas del parque automotor en lugares de gran aforo, como los centros comerciales y estadios.

Es por ello que se plantea, iniciativas de implementación de monitorios continuos “low cost” ya que su implementación es de bajo costo, de tal manera que construir un equipo de medición de monóxido de carbono ambiental con hardware y software libre, emitidos por el parque automotor sea el inicio de esta iniciativa.

Siendo el objetivo principal que buscó la actual investigación: Construir un equipo de medición para el monóxido de carbono ambiental, emitidos por vehículos a combustible fósil, donde se inició con el diseño de la arquitectura del sistema del equipo, la cual implica principalmente la elección de los sensores y componentes electrónicos la cual se utilizará; posteriormente se diseñó la carcasa del equipo en un programa de diseño 3D, para después ser impreso en una impresora 3D donde la carcasa está impresa con PET-G, después ya es el armado del equipo como tal y así programar el microcontrolador para la comunicación y funcionamientos de los sensores y los componentes electrónicos que se utilizó; y así para sus pruebas de captación en el laboratorio y determinar su rango practico.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación por monóxido de carbono de origen automotor es actualmente uno de los problemas más graves que se presentan en las grandes ciudades (Reyes, 1982). Así mismo los habitantes urbanos principalmente de los países en desarrollo, se encuentran sometidos a una gran cantidad de efectos nocivos a su salud y bienestar, sin que sus dirigentes se preocupen por solucionar esta avalancha de problemas ambientales cada día más críticos. Siendo así los principales efectos del monóxido de carbono (CO) derivan de su capacidad para formar un compuesto estable con la hemoglobina, carboxihemoglobina, reduciendo la eficacia de la sangre para transportar oxígeno. Los síntomas consisten en la disminución de la tolerancia al ejercicio, confusión colapso e inconciencia; estos síntomas pueden aparecer en un corto tiempo o desarrollarse progresivamente si la concentración es baja pero prolongada. El grado de saturación de la hemoglobina depende la concentración del CO en el aire inspirado y del tiempo de exposición. La gravedad de los síntomas depende del estado de actividad del individuo, sus necesidades de oxígeno y su concentración de hemoglobina. Por ello el ORGANISMO MUNDIAL DE LA SALUD (OMS) nos indica que “cuanto más bajos sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto plazo” (OMS, 2018).

En Pucallpa se está viendo un crecimiento atípico del parque automotor, donde podemos identificar el crecimiento demográfico de la provincia de Coronel Portillo, tal como indica (INEI, 2017, pág. 41) que la población a tendido un crecimiento de 37.3 % en la región de Ucayali, así mismo con una densidad de 7.1 a 9.2 Hab./Km^2 desde 1993 al 2007 en la provincia de Coronel Portillo; Así mismo se realizaron estudios de, donde existen mediciones de CO, siendo así que (Pinedo, 2016) nos indica que el motor de combustión interna de un mototaxi del distrito de Yarinacocha genera 3.709% Vol CO, menor a lo establecido en el D. S. Nº 047-2001-MTC, que establece Límites Máximos Permisibles de Emisiones Contaminantes para Vehículos Automotores que circulen en la Red Vial siendo de

4.5% Vol CO en gas de estudio, ya en esos años, sin embargo se deben realizar monitoreo del ambiente en CO para constatar si estas concentraciones alteran significativamente al ambiente y a la salud humana, a pesar del crecimiento del mismo (parque automotor); ya que esto está relacionado a la antigüedad del motor y el mantenimiento que se le da al vehículo. En otros efectos, el cambio climático, debido a las altas temperaturas registradas en el presente año, los efectos dado por una inversión térmica en la ciudad, donde la concentración del CO se concentra a bajas altitudes atentando contra la salud pública. Siendo así que podemos establecer patrones de contaminación y las aplicaciones que puede tener el equipo de medición para el monóxido de carbono ambiental emitidos por vehículos a combustible fósil.

De tal manera que el parque automotor de Pucallpa debe ser caracterizado y en función al tiempo de vida útil, que les queda, de los vehículos los gases de combustión que emiten cada vez se incrementa en CO. La calidad de los combustibles usados en Pucallpa y las deficiencias en el suministro en los grifos, adulteraciones, hacen que el rendimiento de la combustión disminuya y se haga cada vez más incompleta con el incremento de la generación de CO; siendo así que OEFA-Pucallpa impulso un concurso de “Investigación en Fiscalización Ambiental-2015” a nivel nacional, con el fin de generar conocimiento en materia ambiental relacionada a la calidad del aire en la ciudad, así mismo la (OEFA, 2018) instaló una unidad móvil de vigilancia de calidad de aire en Talara (Piura), con el objetivo de monitorear de manera permanente, sistemática y en tiempo real la calidad ambiental del aire en dicha zona durante todo el 2018.

Las estimaciones que realizo el SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ (SENAMHI, 2014), tenemos al CO, que nos refleja básicamente la actividad de las tecnologías que usan gasolina en comparación con el GLP (gas licuado del petróleo), Diésel y el GNC (gas natural comprimido) que en el año base son las más abundantes desde el año 2003 al año 2030, estas estimaciones son representadas por los taxis y autos particulares. En

los años del escenario, al mantenerse como combustible para la categoría de autos particulares y además ser una de las categorías que más se incrementa, también se incrementan las emisiones de CO. Y teniendo en consideración el tráfico urbano a horas punta en los semáforos del distrito de Yarinacocha, al igual de Pucallpa; como consecuencia de los embotellamientos, por ejemplo, en Lima todos los vehículos se encuentran en espera de circulación más de “4 horas” con el motor en neutro, donde en estas circunstancias la emisión de CO puede ser mayor que cuando están en movimiento, aumentado la concentración del CO, de acuerdo al estado del motor, el combustible que use y en otras condiciones del vehículo; siendo así que “Los gases, al concentrarse en sitios cerrados, producen lo que muchos llaman la muerte dulce, pues la inhalación del CO que genera la combustión de la gasolina o de otros combustibles, como el diésel y el gas, causan una sobresaturación en el organismo” (El Tiempo, 2008); También podemos resaltar que en Lima (PUCP, 2017) que en promedio por día, la influencia de buses sobre la velocidad es de 14%, que en el promedio por hora, esta influencia es de cerca del 25% durante las horas pico de las 8 a.m., 11 a.m. y 6 pm, y que cuando se mide por minuto, esta influencia llega al 90%.

1.1 PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1.1 Monóxido de Carbono

> “El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro. Se forma cuando el carbono en los combustibles no se quema por completo”. (United States Environmental Protection Agency, 2018)

Para el CO ambiental se necesita un sensor con un rango de detección desde 0 – 1000 ppm siendo este un sensor eléctrico teniendo un principio de funcionamiento como nos indica (Seeed, 2019) la conductividad de óxido de metal, conductividad orgánica, conductividad electrolítica, conductividad de Heteroestructura (diodo

Schottky, FET, MOS) y en función de trabajo de Permitividad eléctrica (capacitancia).

1.1.2 Clasificación del Monóxido de Carbono

Naturales:

(Estrucplan, 2018) Nos indica que el CO atmosférico es la oxidación del CH4 y, puesto que todo el metano de la atmósfera se produce por descomposición anaerobia de la materia orgánica, cabe afirmar que estos procesos constituyen una fuente natural de CO, así mismo los océanos constituyen la segunda gran fuente de CO atmosférico.

Artificiales:

(Estrucplan, 2018) Nos indica que la formación de CO antropogénico es generalmente el resultado de algunos de los siguientes procesos: Combustión incompleta del carbono en motores de combustión interna y los mecanismos industriales como los hornos.

1.1.3 Efectos a la Salud Humana

(United States Environmental Protection Agency, 2018) Nos indica que el monóxido de carbono ingresa al torrente sanguíneo a través de los pulmones y se une a la hemoglobina, la sustancia en la sangre que transporta el oxígeno a las células. Reduce la cantidad de oxígeno que llega a los órganos y tejidos del cuerpo, siendo los expuestos:

- Las personas con enfermedades cardiovasculares, como la enfermedad arterial coronaria, están en mayor riesgo. Pueden experimentar dolor en el pecho y otros síntomas

cardiovasculares si están expuestos al monóxido de carbono, especialmente durante el ejercicio.

- Las personas con sistemas cardiovasculares y respiratorios marginales o comprometidos (por ejemplo, individuos con insuficiencia cardíaca congestiva, enfermedad cerebrovascular, anemia o enfermedad pulmonar obstructiva crónica), y posiblemente recién nacidos y fetos, también pueden estar en mayor riesgo de contaminación por monóxido de carbono.

- En individuos sanos, la exposición a niveles más altos de monóxido de carbono puede afectar el estado de alerta mental y la visión.

1.1.4 Fuentes de Contaminación

Fuentes Móviles

"Las fuentes móviles de emisión están constituidas por los vehículos automotores que incluyen automóviles, camiones y autobuses diseñados para circular en la vía pública. En la mayoría de las áreas urbanas, los vehículos automotores son los principales generadores de las emisiones de COT, CO, NOx, SOx, PM, contaminantes tóxicos del aire y contaminantes que reducen la visibilidad." (SEMARNAT, 2010)

Fuentes Puntuales o Fuentes Fijas

"Las fuentes puntuales o fijas son definidas como toda instalación establecida en un solo lugar, que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales, de servicios o que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera." (SEMARNAT, 2010)

Fuentes de Área

"Las fuentes de área representan aquellas que son demasiado numerosas y dispersas como para poder ser incluidas de manera eficiente en un inventario de fuentes puntuales." (SEMARNAT, 2010)

1.1.5 Factores Meteorológicos que Influyen en el Transporte y Dispersión del Monóxido de Carbono Ambiental

Influencia de la Velocidad y dirección del Viento

(Venegas & Mazzeo, 2013) Nos indica que la dispersión de contaminantes en la atmósfera, son influenciada por la estabilidad de esta, provocando una inversión térmica, así mismo cuando esta inestable, favoreciendo a su dispersión.

La Humedad y La Precipitación

(Estrucplan, 2018) Nos indica que la humedad y la precipitación también pueden favorecer la aparición de contaminantes secundarios peligrosos, tales como las sustancias responsables de la lluvia ácida, así mismo que la precipitación puede tener un efecto beneficioso porque lava las partículas contaminantes del aire y ayuda a minimizar las partículas provenientes de actividades como la construcción y algunos procesos industriales.

1.1.6 Tipos de Equipos de Medición de Calidad de Aire

Muestreado Activo

"Consiste en la recolección del material suspendido en el aire mediante un movimiento de aire forzado realizado por una bomba de muestreo de aire a través del medio de muestreo apropiado. La bomba sirve para recoger y/o concentrar el compuesto químico de interés en el medio de muestreo". (Estructuplan, 2018). Como nos indica (Parada, 2018) que estos muestreadores son relativamente

prácticos de operar, confiables y han proporcionado la base de datos de mediciones en la mayor parte del mundo, de tal manera que los análisis de los datos sean más rápidos de operar.

Muestreado Pasivo

"Es la recolección de gases y vapores suspendidos en el aire a un flujo controlado por un proceso físico como la difusión a través de una capa de aire estática o la permeabilidad a través de una membrana sin movimiento activo del aire a través de un muestreador de aire" (Estructuplan, 2018). Así mismo (Parada, 2018) nos indica que existen dos usos claramente diferenciados: En puntos fijos de muestreo, para monitorear calidad de aire, especialmente para estudios de fondo y muestreos de amplia cobertura espacial; y en exposición personal y estudios epidemiológicos (la gente los puede llevar puestos).

Muestreador Automático

(Parada, 2018) Nos indica que estos instrumentos se basan en propiedades físicas o químicas del elemento que va a ser detectado continuamente, utilizando métodos optoelectrónicos (Es el nexo entre los sistemas ópticos y los sistemas electrónicos). El aire muestreado entra en una cámara de reacción donde, ya sea por una propiedad óptica del gas que pueda medirse directamente o por una reacción química que produzca quimiluminiscencia o luz fluorescente, se mide esta luz por medio de un detector que produce una señal eléctrica proporcional a la concentración del contaminante muestreado. "Recolección de muestras de un volumen predeterminado durante un período definido por medio de un aparato diseñado para funcionar en forma remota sin control manual directo.

Se realiza con equipos apropiados. Los muestreadores automáticos pueden eliminar los errores humanos introducidos en el muestreo manual, reducir los costos, proveer un mayor número de muestreos" (Aguamarket, 2018).

Muestreador Remotos

(Parada, 2018) Nos indica que estos monitores remotos son muy específicos en cuestión de su uso siendo estas especializadas o particularmente en investigaciones cerca de las fuentes de emisión, por ejemplo, en las plumas de las chimeneas y para mediciones verticales. Así mismo estos monitores proporcionan información integradas de multicomponentes a lo largo de una trayectoria en la atmosfera que es normalmente a 100 metros, incluso pueden proporcionar mapas tridimensionales detallados de concentraciones de los contaminantes.

1.1.7 Software & Hardware

"El software es la parte intangible de un sistema informático, es una herramienta con la cual se da una serie de órdenes que se ejecutan específicamente, destinadas a la realización de una tarea. Su complemento es la parte tangible, que se conoce como hardware, y son los materiales de soporte al software. Por medio de éste, la parte intangible se convierte en acciones en el mundo real" (Caicedo, 2017)

1.1.8 Software de Código Abierto

(Caicedo, 2017) Nos indica que existen software propietario, software libre o software de código abierto, donde el software propietario tiene las limitaciones propias con las que se bloquean toda clase de acceso y modificaciones a los códigos de ejecución, tiene

licencia propietaria y el software libre, hace énfasis en que todo software debe ser de libre acceso y modificación, para beneficio de todos los interesados en mejorarlo, sin fines de lucro y con licencias gratuitas. Así mismo el software de código abierto (open source) por su parte trata de aprovechar las ventajas de los dos descritos anteriormente, tanto empresas con fines de lucro como desarrolladores independientes aprovechan su licencia que no tiene restricciones de acceso o modificación. La iniciativa de software libre tuvo su comienzo en 1983 por Richard Stallman, la de código abierto es una ramificación de esta, y fue iniciada en 1998 por John Hall.

1.1.9 Hardware de Código Abierto

(Caicedo, 2017) Nos dice que son los dispositivos cuyos diagramas y especificaciones son de acceso público, de forma similar a la que se aplica al software libre, de tal manera que la adopción de tecnologías libres supone ahorros en costos en algunos casos superiores al 90% comparado con las tecnologías de propiedad privada, aunque el armado de los equipos, la operatividad, y el ensamblado entre hardware y software corre por cuenta de la persona o grupo interesado. La calidad del equipo final depende de la dedicación que se le ponga y la atención a los detalles.

1.1.10 Arduino

“Es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software libres y fáciles de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas y convertirla en una salida: activar un motor, encender un LED y publicar algo en línea. Puede decirle a su tarjeta qué debe hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador de la tarjeta. Para hacerlo, utiliza el lenguaje de programación Arduino (el lenguaje se puede expandir a través de las

bibliotecas de C ++) y el software Arduino (IDE), basado en el procesamiento". (Arduino, 2019)

1.1.11 Componentes Electrónicos

Sensor para el monóxido de carbono (MiCS-6814)

(Seeed, 2016) Nos indica que el Grove: Sensor de Gas Multicanal, cuenta con un sensor de detección ambiental, un MiCS-6814 incorporado que puede detectar gases tóxicos, y entre ellos se encuentra en Monóxido de Carbono siendo de este ideal para el equipo de medición para Monóxido de Carbono ambiental emitidos por vehículos a combustible fósil; con aplicación de Hardware y Software libre.

Principio de funcionamiento del sensor MICS-6814

(Seeed, 2019) Nos menciona mediante un Data Sheet (ficha de datos) del sensor MICS-6814 de clase: eléctrico, su principio de funcionamiento como sus aspectos o condiciones de operación del mismo y algunos detalles técnicos del sensor.

Tabla 1

Características de detección del MICS-6814

Sensor CO característico	**Símbolo**	**Typ**	**Min**	**Max**	**Unidad**
Al sentir la resistencia al aire (ver nota 1)	R 0	-	100	1500	k •
Típica CO rango de detección	FS		1	1000	ppm
factor de sensibilidad (véase la nota 2)	S 60	-	1.2	50	-

Fuente: (Seeed, 2019)

Notas:

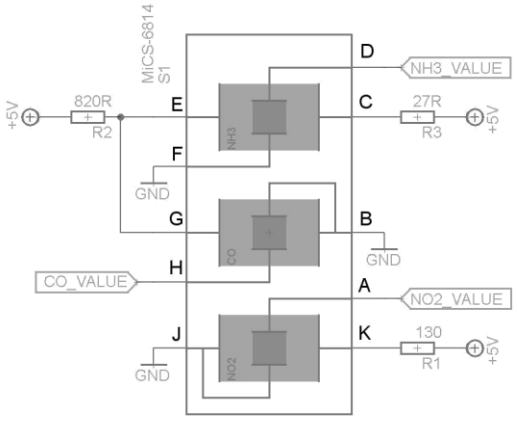
1. Percibiendo la resistencia en el aire R0 se mide en condiciones ambientales controladas, es decir, aire sintético a 23

± 5 ° C y 50 ± 10% de HR durante sensor CO y aire sintético a 23 ± 5 ° C y ≤ 5% de HR durante sensor OX. prueba de muestreo.

2. Factor de sensibilidad se define como Rs en el aire dividida por Rs a 60 ppm de CO. Las condiciones de ensayo son 23 ± 5 ° C y 50 ± 10% de HR. Sólo los valores indicativos. prueba de muestreo.

Figura 1

Circuito de alimentación del sensor MICS-6814

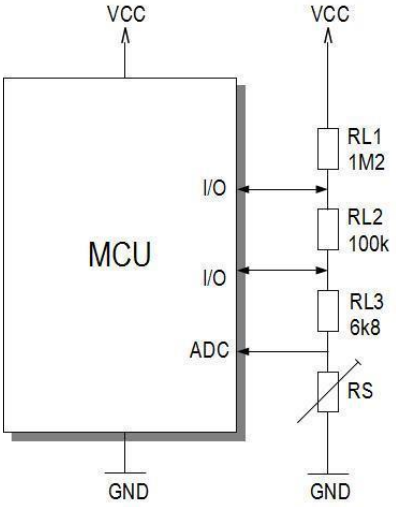


Fuente: (Seeed, 2019)

MICS-6814 con circuito de alimentación recomendada (vista superior) R1 es de 130 Ohms, R2 es 820 Ohms y R3 es de 27 Ohmios. Estas resistencias son necesarias para obtener las temperaturas adecuadas en los tres calentadores independientes durante el uso de una sola fuente de alimentación 5 V. Las tensiones resultantes son típicamente VhCO = 2,4 V, VhOX = 1,7 V y VhNH3 = 2,2 V.

Figura 2

Circuito de medición del sensor MICS-6814



Fuente: (Seeed, 2019)

MICS-6814 con el circuito de medición (vista superior) El ejemplo anterior muestra el principio para leer una resistencia entre 1 kOhm y 2MOhms con un convertidor de 8 bits A / D. Dependiendo de la aplicación y de la precisión del convertidor A / D, una sola resistencia de carga de 56 kOhm puede ser suficiente. Rl debe ser 820 ohmios a la más baja con el fin de no dañar la capa sensible.

Tabla 2

Parámetros técnicos del sensor MICS-6814

Parámetro para CO	Símbolo	Typ	Min	Max	Unidad
Poder de calefacción	P_H	76	71	81	mW
Tensión de calentamiento	V_H	2,4	-	-	V
Corriente de Calentamiento	I_H	32	-	-	mA
Resistencia de calentamiento a potencia nominal	R_H	74	66	82	•

Fuente (Seeed, 2019)

Tabla 3

Parámetros ambientales del sensor MICS-6814

Clasificación	Símbolo	Valor/Rango	Unidad
Disipación de potencia máxima del calentador	P_H	88	mW
Máxima disipación de potencia de la capa sensible	P_S	8	mW
voltaje de corriente, suministro de calefacción	Valim	4.9 - 5.1	V
Rango de humedad relativa	RH	5 - 95	%RH
Temperatura ambiente de funcionamiento	Tamb	-30 - 85	° C
Temperatura de almacenamiento	Tsto	-40 - 120	° C
Rango de humedad de almacenamiento	RHsto	5 - 95	%RH

Fuente: (Seeed, 2019)

Estas condiciones e información sobre el sensor MiCS 6814 nos ayudara al buen uso y funcionamiento del mismo. De tal manera que aseguremos la obtención de los datos más confiable posible.

Donde la interacción entre el gas de prueba y la superficie de detección se puede detectar mediante las medidas de cambio en la resistencia, la capacitancia, la función de trabajo, la masa, las características ópticas, etc. Siendo el principio de *Conductividad de Heteunión* (WIKI, 2019) que es la forma más simple de estas estructuras y es la cohesión de dos materiales semiconductores, dos cristales, diferentes mediante un contacto ideal, sin grietas u otros defectos y las altas temperaturas o el calentamiento casi no influye en estas estructuras. Y la *Permitividad eléctrica* "está determinada por la tendencia de un material a polarizarse ante la aplicación de un campo eléctrico y de esa forma anular parcialmente el campo interno del material. Está directamente relacionada con la susceptibilidad eléctrica. Siendo así que la Permitividad es una constante física que

describe cómo un campo eléctrico afecta y es afectado por un medio". (ECURED, 2019).

Sensor de temperatura y humedad integrados (SHT31)

(Arduino, 2019) Nos indica que es un sensor altamente confiable, preciso, de respuesta rápida y de temperatura y humedad integrados. El chip está bien calibrado, linealizado y compensado para la salida digital. La precisión típica de este módulo puede ser ± 2% RH (para humedad relativa) y ± 0.3 ° C (para temperatura). Este módulo es compatible con 3.3 voltios y 5 voltios y, por lo tanto, no requiere un cambio de nivel de voltaje. Este módulo se comunica utilizando el protocolo I2C la cual este sistema de comunicación utiliza dos líneas de transmisión: SDA (datos serie) y SCL (reloj serie), y puede funcionar a una velocidad de hasta 1 MHz. También proporcionado con una biblioteca altamente abstracta para hacer que este sensor sea más eficiente de usar.

LCD (pantalla de cristal líquido)

(ECURED, 2019) Define a la pantalla LCD (liquid crystal display: 'pantalla de cristal líquido' por sus siglas en inglés) es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora. A menudo se utiliza en dispositivos electrónicos de pilas, ya que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica. Así mismo (NAYLAMP, 2019) los LCD más utilizados en el mercado son el LCD1602 y el LCD204 con tamaños de 16x2 y 20x4 caracteres respectivamente. Entre estos tamaños también hay diferentes modelos los cuales varían en color y sobretodo en la presencia o no de un Backlight (retro iluminador incorporado).

Módulo de Reloj (DS3231 AT24C32 IIC)

(NAYLAMP, 2019) Nos menciona que los RTC (Real Time Clock) o reloj en Tiempo Real son la solución ideal cuando necesitamos integrar mediciones de tiempo a nuestros proyectos. Los RTC son de muy bajo consumo por lo que pueden ser alimentados por baterías y de esa forma no perder la sincronización. Si bien los microcontroladores poseen contadores internos, estos no son tan exactos como un RTC dedicado.

Módulo de memoria de almacenamiento de datos (SPI Micro SD)

(NAYLAMP, 2019) Nos indica que esta tarjeta de interfaz está diseñada para acceder a la memoria micro SD en modo SPI (Serial Peripherical Interface), por lo que las señales de control se etiquetan claramente con los nombres de las señales en dicho bus de comunicaciones.

1.1.12 Marco Legal

Constitución Política del Perú

(GOB.PE, 1993) Establece en su Art. 2- Inciso 22 que: “Toda persona tiene derecho a la paz, la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida”.

Ley General del Ambiente (Ley N° 28611, LGA)

(MINAM, 2005) En su Artículo I, Indica que toda persona tiene derecho a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y tiene el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como a sus

componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y desarrollo sostenible del país.

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias con DECRETO SUPREMO Nº 003-2017-MINAM (MINAM, 2017)

Tabla 4

Estándares de calidad ambiental para aire (ECA)

Parámetros	**Período**	**Valor [µg/m^3]**	**Criterios de evaluación**	**Método de análisis** [1]
Benceno (C_6H_6)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras ($PM_{2,5}$)	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10})	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) [2]	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)

Monóxido de Carbono (CO)	***1 hora***	***30000***	***NE más de 1 vez al año***	***Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)***
	8 horas	***10000***	***Media aritmética móvil***	
Ozono (O_3)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM_{10}	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM_{10} (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Nota:

NE: No Exceder.

[1] o método equivalente aprobado.

[2] El estándar de calidad ambiental para Mercurio Gaseoso Total entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, de conformidad con lo establecido en la Sétima Disposición Complementaria Final del presente Decreto Supremo.

Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM. - Decreto Supremo que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire (MINAM, 2021)

Tabla 5

Método de referencia y equivalente del CO

N°	Sección	Parámetro	Tipo de método	Denominación genérica del método	Norma técnica Correspondiente*
			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	CO	Método Equivalente	-	Aquellos que se encuentran en una de las siguientes listas: • EPA de USA denominado "List of designated reference and equivalent methods", • MCerts de Inglaterra denominado "Continuous ambient air monitoring systems (CAMS)", o • TUV de Alemania denominado "Certified equipment for continuos emission and ambient air monitoring".

Nota:

-Cuadro extraído de la Tabla 6 del Consolidado de métodos de referencia y equivalentes del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental de Aire.

* Para el caso de las normas técnicas que no son NTP, estas permanecerán como método de referencia o equivalente hasta que se cuente con una NTP que la reemplace en su totalidad.

Estándares Nacionales de Calidad del Aire Ambiental NAAQS

(EPA, 2018)

Tabla 6

Estándares nacionales de calidad de aire ambiental

Contaminante	Primaria* / Secundaria**	Tiempo promedio	Nivel	Forma
Monóxido de carbono (CO)	**primario**	**8 horas**	**9 ppm**	**No debe superarse más de una vez al año.**
		1 hora	**35 ppm**	
Plomo (Pb)	primaria y secundaria	Rolling promedio de 3 meses	0.15 µg / m 3 (1)	No ser superado
Dióxido de nitrógeno (NO 2)	primario	1 hora	100 ppb	98 percentil de concentraciones máximas diarias de 1 hora, promediadas en 3 años
	primaria y secundaria	1 año	53 ppb(2)	Media anual
Ozono (O 3)	primaria y secundaria	8 horas	0.070 ppm (3)	Cuarta concentración máxima diaria máxima anual de 8 horas, promediada en 3 años
Contaminación de partículas (PM) PM2.5	primario	1 año	12.0 µg / m 3	Media anual, promediada en 3 años.
	secundario	1 año	15.0 µg / m 3	Media anual, promediada en 3 años.
PM10	primaria y secundaria	24 horas	35 µg / m 3	98 percentil, promediado en 3 años
	primaria y secundaria	24 horas	150 µg / m 3	No debe superarse más de una vez al año en promedio durante 3 años
Dióxido de azufre (SO 2)	primario	1 hora	75 ppb(4)	99 percentil de concentraciones máximas diarias de 1 hora, promediadas en 3 años
	secundario	3 horas	0.5 ppm	No debe superarse más de una vez al año.

Nota:

*Los estándares primarios brindan protección de la salud pública, incluida la protección de la salud de poblaciones "sensibles" como los asmáticos, los niños y los ancianos.

**Los estándares secundarios brindan protección del bienestar público, incluida la protección contra la disminución de la visibilidad y el daño a los animales, cultivos, vegetación y edificios.

(1) En áreas designadas de no cumplimiento para los estándares de Pb antes de la promulgación de los estándares actuales (2008), y para los cuales los planes de implementación para alcanzar o mantener los estándares actuales (2008) no se han presentado ni aprobado, los estándares anteriores (1.5 µg / m3 como promedio trimestral del calendario también se mantiene vigente.

(2) El nivel del estándar anual de NO2 es de 0.053 ppm. Se muestra aquí en términos de ppb para una comparación más clara con el nivel estándar de 1 hora.

(3) La regla final se firmó el 1 de octubre de 2015 y entró en vigencia el 28 de diciembre de 2015. Las normas O3 anteriores (2008), además, siguen vigentes en algunas áreas. La revocación de los estándares O3 anteriores (2008) y la transición a los estándares actuales (2015) se tratarán en la regla de implementación de los estándares actuales.

(4) Los estándares de SO2 anteriores (0.14 ppm 24 horas y 0.03 ppm anuales) seguirán vigentes en ciertas áreas: (1) cualquier área para la cual aún no haya transcurrido 1 año desde la fecha efectiva de designación bajo la corriente (2010) estándares, y (2) cualquier área para la cual no se haya presentado y aprobado un plan de implementación que

permita alcanzar el estándar actual (2010) y que se haya designado como no conforme a los estándares SO2 anteriores o que no cumpla con los requisitos de un SIP llame bajo las normas SO2 anteriores (40 CFR 50.4 (3)). Una llamada SIP es una acción de la EPA que requiere que un estado vuelva a presentar la totalidad o parte de su Plan de Implementación Estatal para demostrar el cumplimiento del NAAQS requerido.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

- ¿Será factible la construcción de un equipo de medición para el monóxido de carbono ambiental, emitidos por vehículos a combustible fósil?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo se diseñará y construirá un equipo de medición para monóxido de carbono ambiental, con aplicación de hardware y software libre?

- ¿Cuál es el rango de medición del monóxido de carbono ambiental del equipo?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Construir un equipo de medición para el monóxido de carbono ambiental, emitidos por vehículos a combustible fósil.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diseñar y construir un equipo de medición para monóxido de carbono ambiental, con aplicación de hardware y software libre.

- Determinar el rango de medición del monóxido de carbono ambiental.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Internacional

La Agencia de Protección Ambiental (EPA, 1973) nos muestra el estudio de las Mediciones de monóxido de carbono en los alrededores de estadios deportivos en la ciudad de Pittsburgh en Estados Unidos, en donde nos muestra las concentraciones de CO emitidos por el parque automotor siendo el mayor registrado de 25.94 ppm de CO y menor de 0.05 ppm en sus 6 puntos muestreados y en intervalos de 15 minutos. Esto muestra la importancia de realizar estudios de CO donde hay una amplia concurrencia del parque automotor para tomar los planes, políticas a favor de la salud pública.

(EPA, 1980) Ya en este año se muestra la preocupación de los altos concentraciones de monóxido de carbono, ya que desde 1971 se estableció los niveles significativos del CO siendo de 50 ppm en 8h, 75 ppm en 4h. y de 125 ppm en 1h; ya en este documento se empieza a establecer de acuerdo a los estudios, los efectos de las concentraciones del CO en la salud humana, siendo de preocupación publica, indicando también las causas de enfermedades cardiovasculares asociados al CO.

(EPA, 1992) Nos indica que desde 1992 los niveles de monóxido de carbono sobrepasaron el valor establecido por el estándar federal de calidad del aire en 20 ciudades de EE.UU., donde se encontró más de 14 millones de personas; Así mismo, desde 1970 el país ya exigía a los fabricantes de carros mejoren el diseño básico de sus motores siendo así que ya en 1975, la mayoría de los carros estaban equipados con los convertidores catalíticos diseñados para convertir el CO en CO_2; de tal

manera que desde los años ‘60 ya era un tema conocidos el impacto del CO en salud pública y sus efectos a la misma, siendo el CO un gas tóxico, incoloro e inodoro, estas dos características ultimas hace que su detección temprana sea un problema para tomar acción ante ello; y es la construcción de un equipo de medición para el monóxido de carbono ambiental emitidos por vehículos a combustible fósil, con aplicación de hardware y software libre que dará esa respuesta inmediata.

(NIOSH, 1996) Nos menciona la trayectoria de los incidentes que el CO ocasiono en actividades cotidianas, de interiores y domésticas, empezando desde diciembre de 1992 que un propietario de una granja encontró a su hijo de 12 años inconsciente cerca de la puerta de un edificio de partos porcinos (granero de partos) en Iowa, donde el niño había estado trabajando solo con una lavadora a presión de gasolina de 11 caballos de fuerza durante aproximadamente media hora para limpiar el edificio; En enero de 1993 un propietario de una granja en Iowa, de 33 años de edad, murió de envenenamiento por monóxido de carbono mientras usaba una lavadora a presión de gasolina de 11 caballos de fuerza para limpiar su establo de partos porcinos que había trabajado alrededor de media hora antes de ser vencido; Y en enero de 1993 un terminador de paneles de yeso de 60 años de edad en Colorado se derrumbó y cayó del andamio en el que estaba parado donde estaba usando un pequeño compresor de gasolina para aplicar una superficie texturizada a un techo de catedral en una casa; Ya en diciembre de 1994 también un propietario / operador de 59 años de edad de un negocio de instalación de pisos en Colorado experimentó dolores de cabeza y mareos después de trabajar durante 21/2 horas en la escalera de un edificio que contiene un generador a gasolina que suministra energía a la construcción sitio. Salió del edificio y descansó en su auto; y al regresar a la escalera, se desplomó en una incautación de gran mal relacionada con el envenenamiento por CO. Estas situaciones en las que las personas se han envenenado porque no reconocieron el peligro

de usar pequeños motores de gasolina en interiores. Estas intoxicaciones pueden ocurrir rápidamente, incluso en presencia de lo que muchos considerarían "ventilación adecuada" y en áreas que muchos definirían como espacios relativamente abiertos, como garajes de estacionamiento, y he ahí su importancia de su detección y control para la toma de decisiones.

(EPA, 2011) Del Informe sobre el medio ambiente en el anexo 2 nos indica que del estudio del monóxido de carbono en 10 regiones de Estados Unidos siendo este que el 74% de emisión son contribuidos por el parque automotor y en un 26% de fuentes biogénicas; siendo así la importancia que tiene la fuente del parque automotor por su funcionamiento a combustible fósil y su combustión incompleta.

(EPA, 2017) Nos muestra la Evaluación de la exposición a la contaminación del aire en los hogares por la quema de combustibles sólidos (donde es el contribuyente principal a la carga de enfermedades a nivel mundial), relacionado al monóxido de carbono como medida sustituta al material particulado, dando como resultado que, se conservaron 61 de 70 estudios para revisión, que representan a 27 países. Reportado PM2.5-CO las correlaciones (r) fueron menores para la exposición personal (rango: 0.22–0.97; mediana=0,57) que para las áreas de cocción (rango: 0.10–0.96; mediana=0.71); de tal manera que los análisis agrupados de la exposición personal y las concentraciones en el área de cocción, la variación en ln (CO) explicó el 13% y el 48% de la variación en ln (PM2.5), respectivamente; esto indicándonos que la exposición a CO no es una medida sustituta de exposición consistente y válida. PM2.5; donde los estudios que miden la exposición a CO como una medida sustituta de la exposición a PM deben realizar estudios de validación local para diferentes tipos de estufas / combustibles y estaciones.

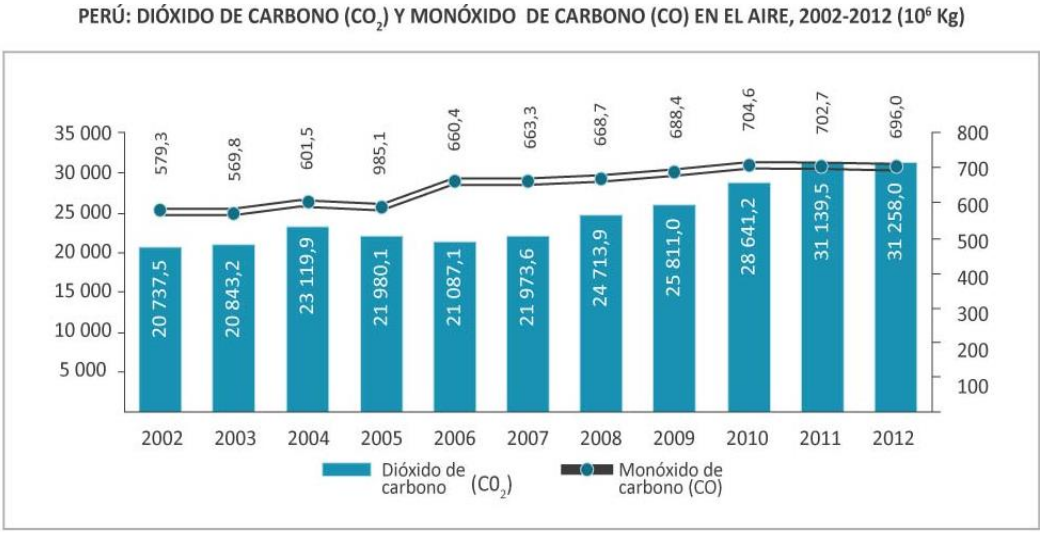
(EPA, 2018) Nos muestra una tendencia de la calidad de aire en 9 regiones de Estados Unidos, desde 1970-2017, de las concentraciones de monóxido de carbono de 8 horas por zona designada de acuerdo al Estándar Nacional de Calidad del Aire Ambiente (NAAQS) que es de 9 ppm; siendo que desde del 2002 las concentraciones de CO han venido descendiendo hasta la actualidad, sin embargo, esto puede ser un indicador que los autos estén usando catalizadores en sus motores para convertir el CO en CO_2, como antes ya visto, pero esto no ayuda al ambiente ya que las altas concentraciones de CO_2 aumentan la temperatura del planeta.

2.1.2 Nacional

El Estudio de Desempeño Ambiental (ESDA, 2016) Nos indica que el subsector de hidrocarburos, en actividades de exploración y refinación, las emisiones de monóxido de carbono (CO) muestran un crecimiento anual a partir del año 2006, con un incremento del 4% por año en promedio.

Figura 3

Emisiones de contaminantes en el sector hidrocarburo, 2002-2012 (Miles de Toneladas)



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

(ESDA, 2016) También nos indica que, en el Perú, el parque automotor se incrementó en 63% en los últimos 10 años, al pasar de 1,3 millones de unidades, a 2,2 millones de vehículos, según el documento estadístico Parque Vehicular en la Comunidad Andina 2004-2013. Esto se debe a que el estado en los años noventa, promociono políticas al incremento desmesurado de la importación de vehículos usados, principalmente a diésel, y en su gran mayoría para realizar servicios de transporte público. A la fecha, el ingreso de vehículos usados está restringido por las nuevas medidas tomadas. Así mismo se cuenta con información del cálculo de las emisiones de contaminantes al aire del parque automotor que circula en el área metropolitana de Lima-Callao, y la estimación de emisiones se realizó sobre una base de 870 033 unidades. Observamos en el cuadro las emisiones de CO, que les corresponde al mayor porcentaje son los automóviles, con un 83,79 %, y de este porcentaje, el 48,94 % le corresponde a los “taxis”.

Tabla 7

Emisiones de contaminantes provenientes del parque automotor, 2000 proyectado al 2025

Años	CO*	HC*	NO_x*	PM_{10}*
2000	535620	104220	89880	14550
2001	562930	108360	94460	15290
2002	593870	112960	99660	16130
2003	629480	118180	105640	17090
2004	668480	123860	112200	18140
Proyecciones al…				
2005	668510	127000	115560	18720
2010	845560	150130	141970	22980
2015	1053550	180080	176940	28660
2020	1344370	221270	225860	36600
2025	1715580	273230	288280	46730

Fuente: Comité de gestión de la iniciativa de aire Limpio para Lima y Callao (CGIALLC)

Elaboración: Equipo técnico ESDA-MINAM

Nota:

* Unidad en miles de toneladas

2.1.3 Local

(Gomez & Gonzales, 2020), nos indican en su trabajo de investigación, que en la ciudad de Pucallpa se promedia en 6822.13 µg/m^3. Así mismo, determinaron que en la Av. Centenario con Av. Aviación (Mall de Open Plaza), la concentración de monóxido de carbono es de 10 171,2 µg/m^3, superando el Estándar de Calidad Ambiental aire que es de 10 000 µg/m^3 para 8 horas decretado por nuestro país. Además, en la Av. Centenario con Jr. Eglinton (Mall de Real Plaza), obtuvieron un valor de 9 824 µg/m^3. También hacen una proyección de crecimiento de la concentración en un 33% por el constante crecimiento del parque automotor según la INEI desde el 2009 al 2019. Podemos ver que esto puede ser el punto de no retorno para tomar en cuenta estos temas para la ciudad de Pucallpa, así mismo como se observó las concentraciones altas de CO en grandes puntos de concurrencia del parque automotor, como en los Estadios Deportivos de Pittsburgh en Estados Unidos; y en este caso con los Mall de la ciudad de Pucallpa y el Estadio Deportivo del mismo donde también se suele hacer eventos masivos.

(Lay & Rios, 2021) Nos muestra la evaluación de niveles de monóxido de carbono (CO) en el centro urbano de la provincia de Coronel Portillo, donde también nos muestra una tendencia ascendente donde a mayor tránsito vehicular, mayor concentración del gas (CO), así mismo concluyen que los niveles de CO en el centro urbano de la provincia de Coronel Portillo-Región Ucayali, son en promedio de 1798.22 µg/m3 con una máxima de 7120.00 µg/m3 y un mínimo de 210 µg/m3; esto nos muestra la gran importancia de desarrollar políticas de control y monitoreo constante de los gases tóxicos que atenta a la salud pública.

2.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Aplicación:** “Es un programa informático creado para llevar a cabo o facilitar una tarea en un dispositivo informático. Cabe destacar que, aunque todas las aplicaciones son programas, no todos los programas son aplicaciones. Existe multitud de software en el mercado, pero sólo se denomina así a aquel que ha sido creado con un fin determinado, para realizar tareas concretas”. (Sistemas, 2018)

- **Calibración de equipos de medición:** Es la comparación que se tiene mediante un instrumento de medición de acuerdo a un estándar preestablecido, la cual requiere un patrón, es decir de otro instrumento de mayor precisión. Asesoría y Equipos de Inspección, S. A. (AEISA, 2022)

- **Contaminante del aire:** “Es la mezcla de partículas sólidas y gases en el aire. Las emisiones de los automóviles, los compuestos químicos de las fábricas, el polvo, el polen y las esporas de moho pueden estar suspendidas como partículas. El ozono, un gas, es un componente fundamental de la contaminación del aire en las ciudades. Cuando el ozono forma la contaminación del aire también se denomina smog.” (Medlineplus, 2018)

- **Diseño:** “Es el resultado final de un proceso, cuyo objetivo es buscar una solución idónea a cierta problemática particular, pero tratando en lo posible de ser práctico y a la vez estético en lo que se hace. Para poder llevar a cabo un buen diseño es necesario la aplicación de distintos métodos y técnicas de modo tal que pueda quedar plasmado bien sea en bosquejos, dibujos, bocetos o esquemas lo que se quiere lograr para así poder llegar a su producción y de este modo lograr la apariencia más idónea y emblemática posible”. (Concepto y Definición, 2018)

- **Estándares de calidad Ambiental:** Son indicadores que “se miden en el ambiente y son consecuencia de las emisiones o efluentes producidos por diversas actividades más la acción propia de la naturaleza que es capaz de absorber o diluir dichas emisiones o efluentes.”. (MINAM, 2022)

- **Hardware libre o de código abierto:** “Son dispositivos cuyas especificaciones y diagramas esquemáticos que integran el sistema informático son de acceso para todo tipo de público, sea gratuito o esté bajo algún tipo de pago”. (BItendian, 2014)

- **Inteligencia artificial:** “Es una disciplina eminentemente tecnológica que persigue la construcción de máquinas y programas capaces de realizar complejas tareas con una habilidad y eficiencia iguales o superiores a las que consigue el ser humano”. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, 2018)

- **Librería en Programación:** “Las librearías son archivos (no siempre externos) que nos permiten llevar a cabo diferentes tareas sin necesidad de preocuparnos por cómo se hacen sino simplemente entender cómo usarlas. Las librearías en C++ permiten hacer nuestros programas más modulares y reutilizables, facilitando además crear programas con funcionalidades bastante complejas en unas pocas líneas de código.” (Meza, 2019)

- **Monóxido de Carbono:** “El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que se forma por la combustión incompleta de material orgánico, en presencia deficitaria de oxígeno”. (Scientific Electronic Library Online, 2018)

- **Software libre o de código abierto:** “Se define al conjunto de software (programa informático) que, por elección manifiesta de su autor, puede ser copiado, estudiado, modificado, utilizado libremente con cualquier fin y redistribuido con o sin cambios o mejoras”. (Ametzagaina, 2019).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación por su profundidad es demostrativa y expositiva, por su objetivo es aplicativa; por el tratamiento de datos es cuantitativa y por la construcción-prueba es de laboratorio ya que es un ambiente apto para el mismo. Ya que es un equipo para medir en campo (monitoreos) y captar el monóxido de carbono ambiental.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

El proyecto contempla la construcción de un equipo de medición para el monóxido de carbono ambiental con aplicación de hardware y software libre, de las cuales no se contempla tener una población ni muestra como tal.

3.3 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el procedimiento de recolección de datos, para la construcción de un equipo de medición para el monóxido de carbono ambiental emitidos por vehículos a combustible fósil; En primer lugar, debemos ver cómo será la arquitectura del sistema a construir donde se debe considerar que microcontrolador estará basado el sistema del equipo, después elegir un sensor que capte el CO del Ambiente y los sensores de complemento del equipo que midan la temperatura-humedad relativa, así mismo un componente que mida el tiempo, luego los componentes que nos ayude la visualización de los datos generados de los sensores, también las fuentes de alimentación que puede tener el equipo y por ultimo un componente que nos ayuden a registrar los datos generado de los mismos. En segundo lugar, de debe diseñar la carcasa del equipo considerando las medidas de los componentes a utilizar, en un programa de diseño 3D, ya que después será impreso en la impresora 3D. En tercer lugar, se debe hacer el ensamblaje de las piezas del equipo para después colocar los componentes y sensores en la carcasa y así construir el equipo. En cuarto lugar, se debe realizar la

programación del microcontrolador que es el código del equipo la cual será responsable el funcionamiento y así los sensores y componentes funcionen. En quinto y último lugar de debe realizar las pruebas de captación al equipo (sensor de CO ambiental) para constatar el funcionamiento y así realizar la recolección de datos.

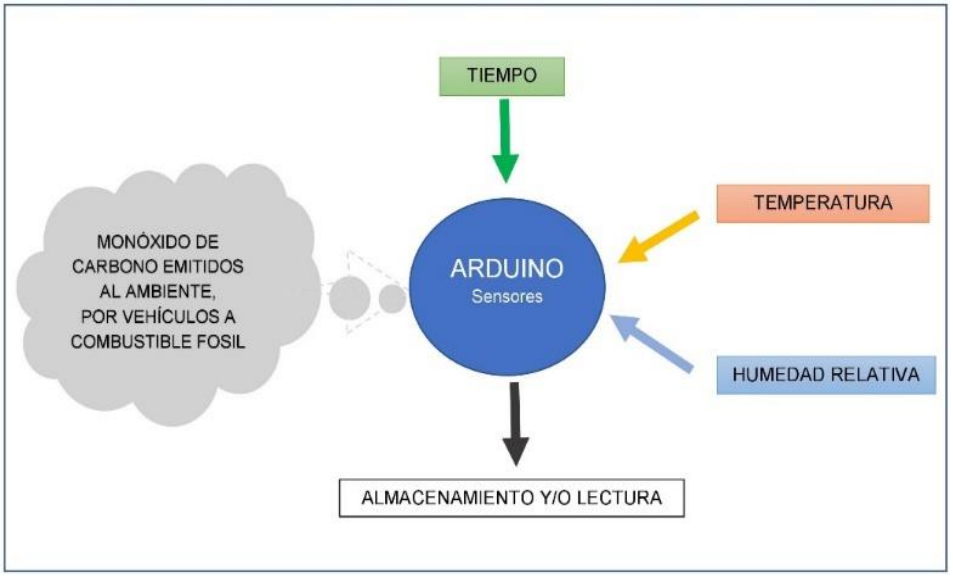
3.3.1 Arquitectura inicial del sistema

Para la arquitectura básicamente se tomará como referencia a lo establecido por (Barrios, 2014):

En el siguiente diagrama se observa como el sensor para el CO y el sensor de temperatura y humedad relativa están tomando datos y mandando señales al Arduino, y de manera simultánea se están almacenando y/o leer en tiempo real.

Figura 4

Arquitectura inicial del equipo



3.3.1.1 Selección del microcontrolador

Se seleccionará un microcontrolador de la plataforma Arduino el cual cuenta con entradas y salidas, tanto analógicas como digitales. Como menciona (Ramirez, 2017) esta plataforma

tiene la característica de ser un sistema abierto, lo que significa que su diseño y distribución son libres, es decir, se puede utilizar sin ninguna licencia previa. Otra ventaja del Arduino es su compatibilidad con los sistemas operativos Windows, MacOS y Linux, que a diferencia del entorno de otros microcontroladores están limitados a Windows.

(Ramirez, 2017) También menciona que Arduino puede personalizarse con nuevas funcionalidades, por lo que esta plataforma facilita el desarrollo de aplicaciones en distintas áreas de la electrónica. Actualmente, está orientado a usuarios no programadores, que utiliza un lenguaje sencillo y fácilmente de entender. Por lo cual hace de la plataforma Arduino una opción viable para realizar el presente estudio.

El microcontrolador se seleccionará de acuerdo a la necesidad de medir el CO, deberá contar con las siguientes características:

- Entradas analógicas y digitales.
- Capacidad para guardar información en una base de datos.
- Que sea Hardware libre y trabaje con Software libre.
- EEPROM 512 bytes o mayor.
- Velocidad de trabajo 4 MHz o mayor.
- Económico

3.3.1.2 Componentes y Selección del sensor

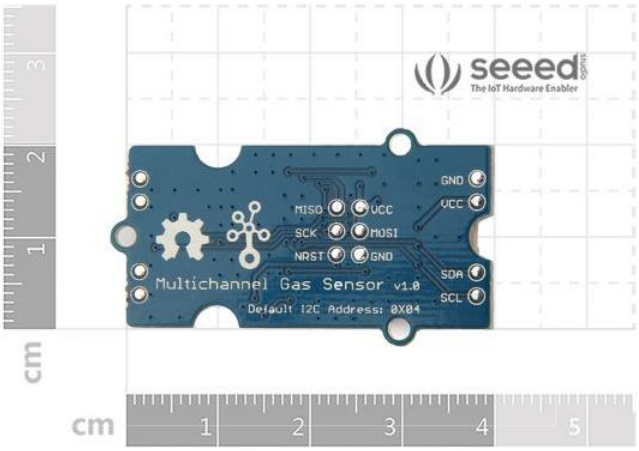
Y para la selección del sensor se realizará con los siguientes criterios como lo menciona (Barrios, 2014):

- Compatible con microcontroladores (Salidas analógicas o digitales)
- Rango de operación (Que comience desde 0)
- Precisión
- Disponibilidad
- De fácil acceso

Para los componentes electrónicos que se utilizará tenemos al sensor MiCS 6814, Sensor SHT31, Módulo LCD20x4, Módulo DS3231 AT24C32 IIC, Módulo SPI Micro SD y un Panel Solar 5V. Siendo estos el sensor para detectar el CO ambiental, el sensor para detectar la temperatura y humedad relativa del ambiente, la pantalla donde se mostrará las lecturas de los sensores, la memoria que registrará las lecturas de los sensores y el panel solar que será nuestra fuente de poder alternativa respectivamente. Cabe resaltar que los componentes pueden variar según las necesidades del equipo a construir.

Figura 5

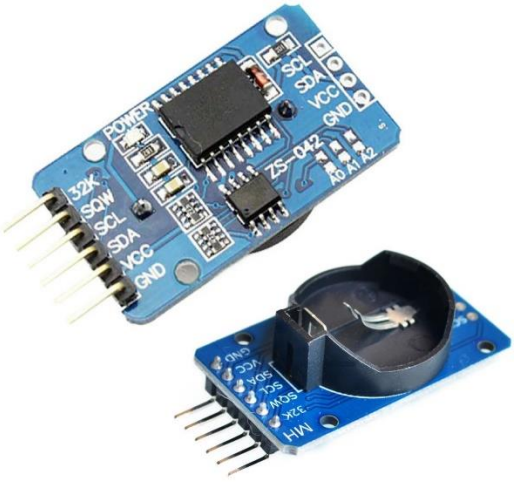
Grove Sensor de gas multicanal



Fuente: Seeed Studio

Figura 6

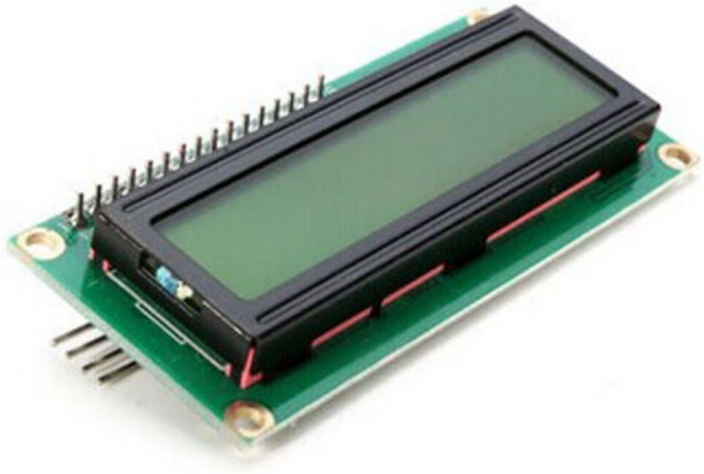
Módulo reloj DS3231



Fuente: Aliexpress.com

Figura 7

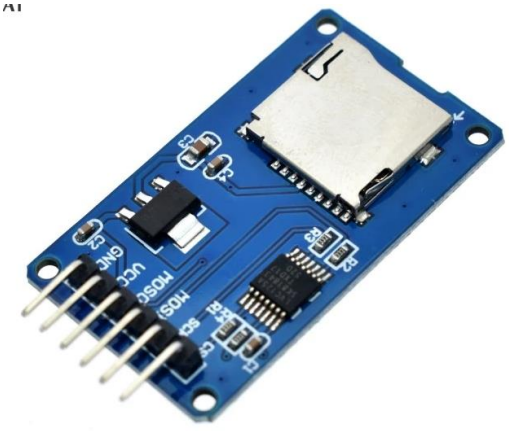
Módulo de Pantalla LCD 20x4



Fuente: Aliexpress.com

Figura 8

Módulo de memoria microSD



Fuente: Aliexpress.com

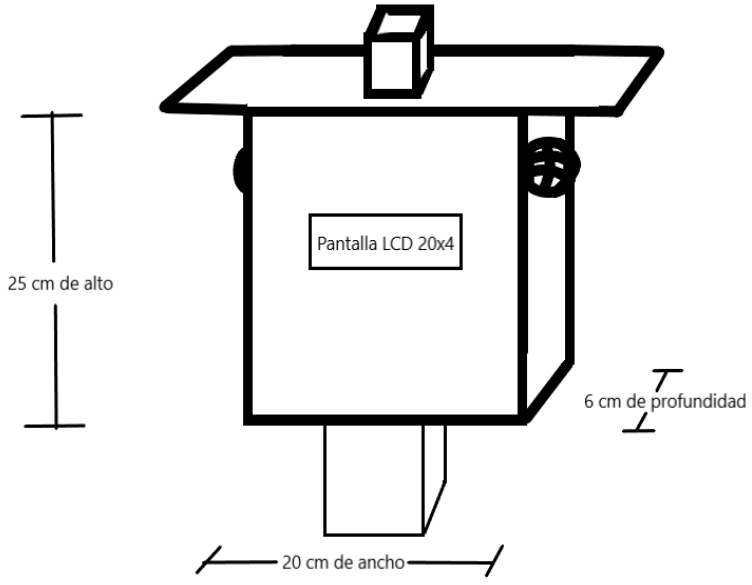
3.3.2 Diseño inicial de la carcasa del Equipo

De tal manera que para el diseño se tendrá como referencia a lo desarrollado por (Price, 2017) este equipo de Calidad del Aire es un monitor de calidad del aire multitud de las cuales el sensor usado en este caso para CO fue: E2V MICS-5525, teniendo un costo de $ 280.

Así mismo, se especificará las dimensiones de carcasa y componentes del equipo a construir. Para ello se realizó bocetos que nos dará una idea de cómo quedará el equipo final.

Figura 9

Diseño inicial del equipo



El equipo contara con un panel solar en la parte superior para la alimentación del mismo, siendo esto un atributo que lo hace portátil para zonas alejas donde el fluido eléctrico doméstico no llega o para

una fuente de poder lejos para un monitoreo. Podrá funcionar con un cargador de celular o con el panel solar(5v) independientemente.

Figura 10

Vista frontal y posterior del diseño inicial del equipo

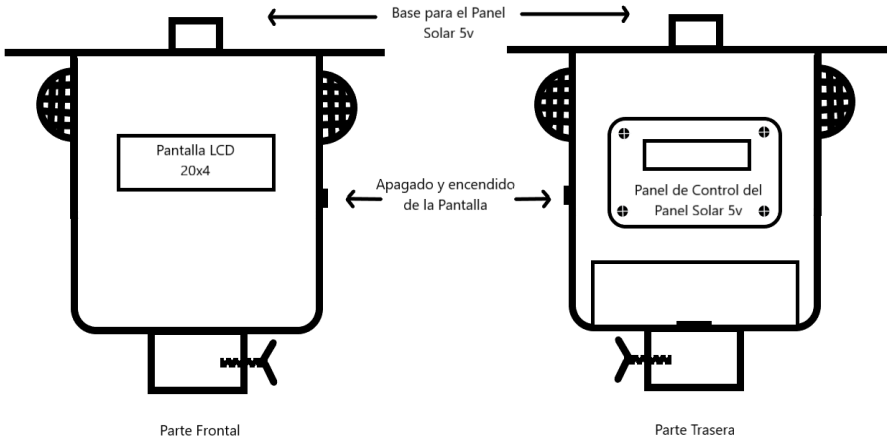
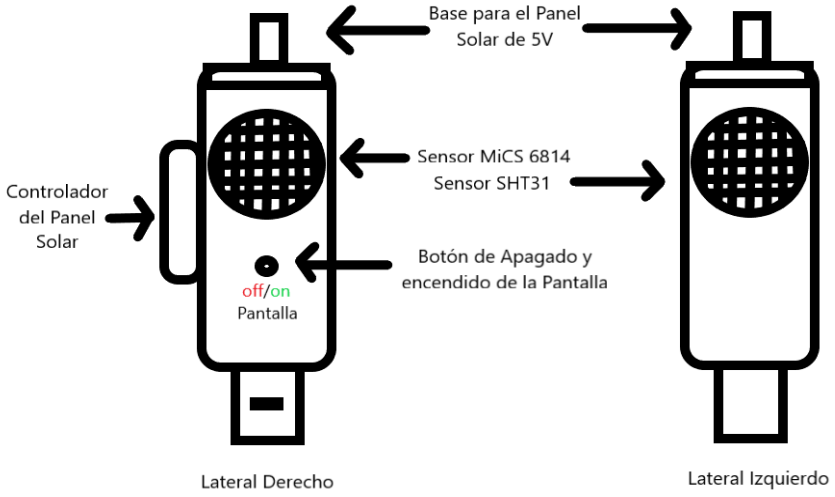


Figura 11

Vistas laterales del diseño inicial del equipo



3.3.3 Ensamblaje de las piezas

Para el ensamblaje se deberá hacer un post-procesado de las impresiones 3D de la carcasa ya que deberá sacar los sobrantes típicos de las impresiones con filamento la cual son los soportes y algunas asperezas que puede presentar la impresión, así mismo se puede aplicarle una capa de pintura en spray para una mayor protección a la intemperie.

3.3.4 Programación del microcontrolador

De acuerdo con (Bansi, 2010) podemos realizarlo de la siguiente manera:

- Se conectará la tarjeta en un puerto USB del ordenador.
- Posteriormente se escribirá el programa o unidad de código ver para que el microcontrolador realice las tareas deseadas.
- Se compilará y cargará este programa a la tarjeta a través de la conexión USB y se esperará un par de segundos para que reinicie sus tareas.
- La tarjeta ejecutara el programa que se cargó.

"Para programar la placa Arduino, primero debe instalar el entorno del desarrollo del integrado (IDE) que en este caso es la plataforma Arduino en su ordenador; se debe elegir la versión adecuada para el sistema operativo, ya sea Windows, Linux, Mac. Posteriormente cargar las librerías a utilizar". (Barrios, 2014).

Asimismo (Ramirez, 2017) menciona los programas se implementan haciendo uso del entorno de programación de Arduino, el cual está basado en el lenguaje de programación C/C++. Un programa en Arduino, se le conoce como "sketch" y se divide en tres partes fundamentales: estructura, valores (variables y

constantes), y funciones. La estructura básica de programación de Arduino es bastante simple, divide la ejecución en dos partes: “setup” y “loop”. “Setup()” constituye la preparación del programa y “loop()” es la ejecución.

Elección de librerías

Según (Barrios, 2014) Existe una lista de librerías estándar. Algunas librerías están incluidas en el IDE Arduino, otras pueden ser descargadas desde una gran variedad de fuentes, las bibliotecas para la programación del dispositivo serán:

- Grove_SHT31_Temp_Humi_Sensor-master
- LiquidCrystal_I2C
- Mutichannel_Gas_Sensor-master
- Sodaq_DS3231

3.3.5 Pruebas de captación al equipo (sensor de medición de CO ambiental)

Para las mediciones del equipo de medición de CO ambiental que se ha construido, primero se mantendrá encendido el equipo para realizar el curado del sensor de CO por 3 horas mínimas y/o 24 horas máxima, posteriormente se deberá llevará 5 muestra de combustión (en intervalos de 2 a 3 minutos) a base de carbono para llevar el monóxido de carbono producido por el material en cuestión, esto se hará dos veces. Una vez realizado esto se registrará las capturas de información en el equipo. Todo esto se realizó en un laboratorio para mayor control de las variables.

3.4 TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1 Técnicas

La técnica de recolección de datos para la construcción de un equipo de medición para el monóxido de carbono ambiental emitidos por vehículos a combustible fósil, se da mediante la observación experimental, ya que las pruebas de captación al equipo (sensor de CO ambiental) se dan en un laboratorio.

3.4.2 Instrumentos

El instrumento directo para la recolección de datos para la construcción de un equipo de medición para el monóxido de carbono ambiental emitidos por vehículos a combustible fósil, se da mediante el componente del módulo MicroSD, donde se almacena toda la información generada de los sensores; de tal manera se pueda extraer y posteriormente realizar el tratamiento de datos.

3.5 TRATAMIENTO DE DATOS.

3.5.1 Prueba de t student para muestras pareadas

Para esta prueba se utilizó el software IBM SPSS Statistics para realizar la comparación de una recolección de datos de un mismo grupo, la cual es una captación esperada de acuerdo a su rango de medición teórico y la otra es la captación realizada en reposo. El estadístico de contraste desarrollado a partir del planteamiento de la hipótesis a contrastar es:

$$\boldsymbol{t = \frac{\bar{d}}{\hat{S}_d}\sqrt{n}}$$

Donde:

$\bar{d}$ **:** media muestral de la diferencia entre las observaciones “captación esperada” y “captación realizada”

n **:** tamaño de la muestra

$\hat{S}_d$ **:** desviación estándar muestral de las diferencias

t **:** valor de la prueba t student

Lo que nos va a decir la prueba t en este caso es si la diferencia es significativamente diferente a cero: Si la variable independiente (Hardware y Software) no tiene efecto entonces debería dar lo mismo la captación esperada con la captación realizada en el laboratorio. Las hipótesis planteadas son, por tanto:

$H_0 : \bar{\boldsymbol{d}} = 0,$

$H_1 : \bar{\boldsymbol{d}} \neq 0$

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ARQUITECTURA FINAL DEL SISTEMA

Para la arquitectura del sistema se usó los conectores de comunicación Protocolo I2C para una mayor eficiencia de trabajo, así mismo tenemos los circuitos de: circuito de los sensores, circuito de la batería de litio, circuito de paneles solares, cabe mencionar que los sensores funcionan a 5v. Las conexiones fueron eficientes gracias a la base shield v2 ya que cuenta con 4 conexiones de comunicación I2C, de las cuales se usó las 4.

Respecto a la conexión de Módulo SPI Micro SD, se usó la entrada ICSP (In Chip Serial Programmer), la cual cumple su propósito para guardar la información que se genera de los sensores en una memoria externa, así mismo se usó el pin 10 como esclavo para llevar dicha información a la memoria.

4.1.1 Selección del microcontrolador

El análisis para la selección del microcontrolador da como resultado de una preselección del microcontrolador ATmega328P, de las cuales usa Arduino Uno Rev3, siendo este una plataforma de tecnología libre, es por ello que es uno de los motivos principales, ya que sus funciones y lo que se puede adaptar a ello, hace que los proyectos de prototipo sean eficientes de implementar hasta sus producciones en masa.

Se elige Arduino Uno por su versatilidad a la hora de implementar sensores digitales y analógicos, así mismo por el desarrollo de la base shield (son placas que se conectan perfectamente encima del mismo amplificando sus funciones como el número de sensores a usar), siendo estos complementos que se ha usado en este proyecto; Para ser exactos se usó dos shield en este caso, siendo uno el Grove Base Shield V2, que nos amplifica las conexiones de sensores digitales y analógicos, segundo el Solar Charger Shield v2.2, este shield nos permite suministrar de energía mediante la conexión de una batería de litio de entre 3.0v a 4.2v siendo esto su salida a 5v la cual Arduino Uno trabaja para los sensores, así mismo actúa como recolector de energía para la carga en campo con la ayuda de un panel solar, además se usó 3 paneles solares conectados en paralelo para aumentar el amperaje (de 100 mA a 300 mA) manteniendo su voltaje de 5V y se está usando el 50% de la corriente puede aceptar la Shield que puede llegar hasta 600 mA; También se puede conectar un cargador micro USB donde es útil para cargar la batería dándole autonomía al equipo en sí, por las fuentes de energía que puede obtener.

4.1.2 Selección de Componentes y los Sensores

Los componentes básicos que considero para este equipo son: Módulo de reloj de precisión DS3231 AT24C32 (nos brindara la información del día, hora y fecha), Grove Base Shield V2, Módulo Solar Charger Shield v2.2, Módulos de pantalla LCD de 2004 + IIC/I2C (nos ayuda a visualizar la información en tiempo real), Módulo indicador de capacidad de la batería de litio 1 S-4S simple 3,7 V 4,2 V (nos ayuda a visualizar la carga de la batería), Módulo SPI Micro SD (esto nos permite guardar la información en un microSD) y desde antes ya mencionado la placa Arduino Uno Rev3; los sensores que se usa son

MICS-6814 que usa el Grove - Multichannel Gas Sensor v1 (este el sensor que nos muestra el monóxido de carbono en el ambiente) y el SHT31 que usa el Grove - Temperature & Humidity Sensor (nos brinda información de la temperatura y la humedad relativa del ambiente).

Todo lo antes mencionado son de fácil acceso y económicos, ya que se puede adquirir desde tiendas virtuales donde se puede comprar sin ninguna restricción. Siempre verificando la autenticidad de los sensores como los componentes por su fabricante.

Figura 12

Arquitectura final del equipo

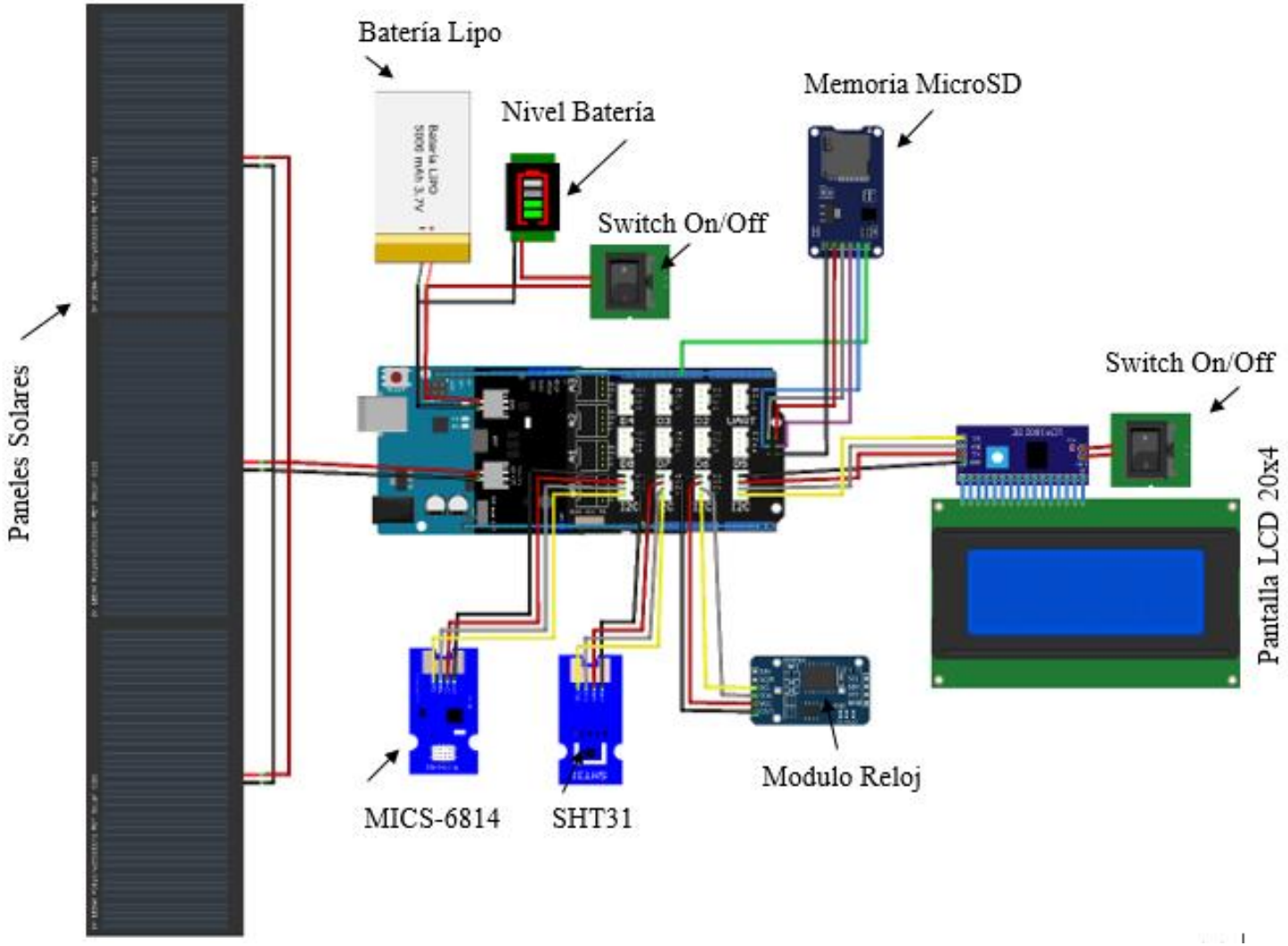
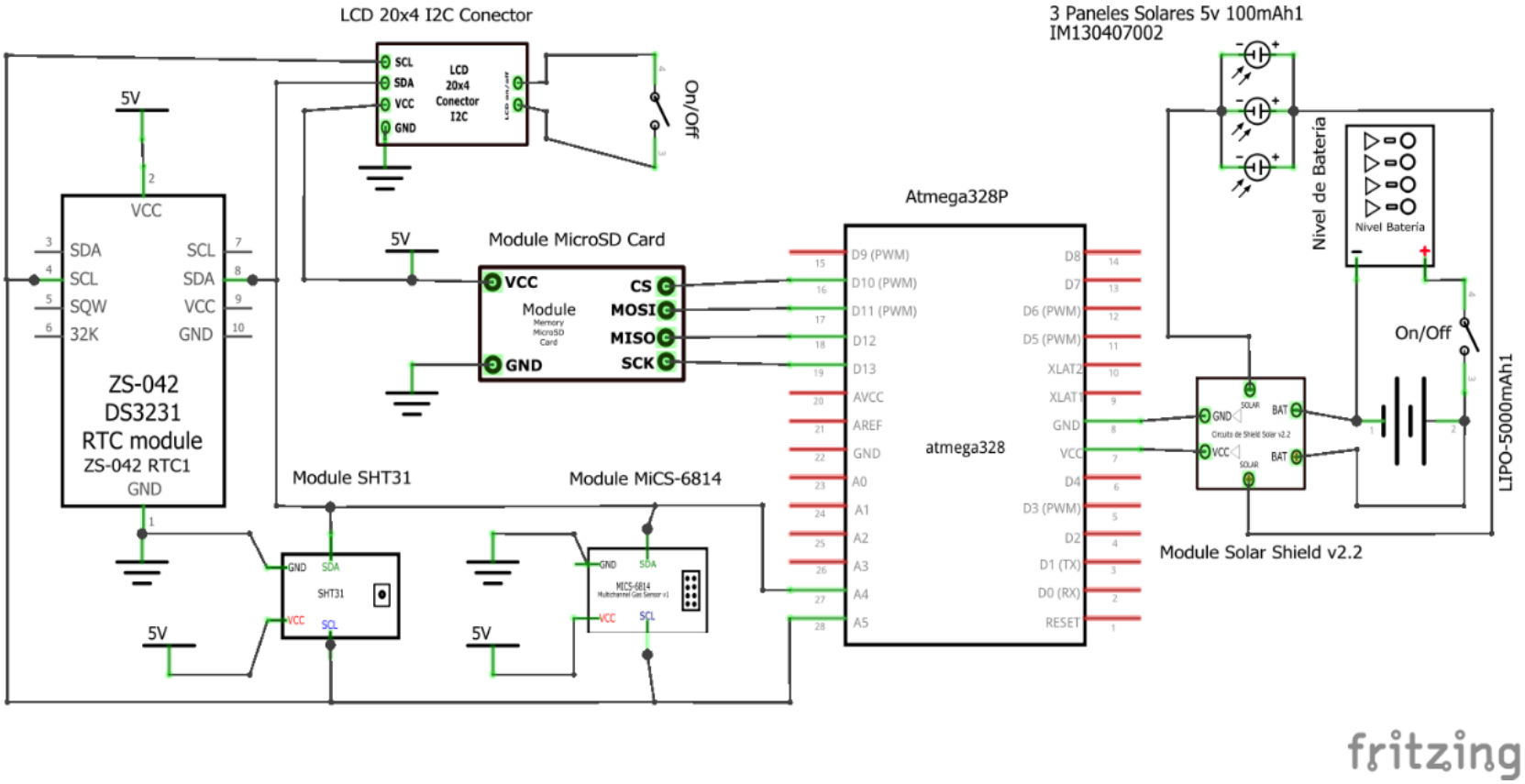


Figura 13

Conexiones con el microcontrolador del equipo



4.2 DISEÑO DE LA CARCASA DEL EQUIPO

En primer lugar, se tuvo que tener las mediciones de cada componente, las dimensiones de su tamaño, grosor, etc. Para incluir en el diseño como tal, el diseño cuenta con 3 partes y un complemento para la base solar, así mismo el diseño contempla el acoplamiento para un trípode en específico, las dimensiones lo encontramos en el Anexo 3, el diseño se realizó en el programa Autodesk Inventor Profesional 2019 con licencia de estudiante, y la impresión del diseño en 3D se utilizó el PET-G por sus propiedades mecánicas la cual la hace resistente a la intemperie donde el equipo funciona; a continuación, se mostrará las medidas de cada componente en general que se consideró para el diseño y el diseño de la carcasa en 3D del equipo.

Tabla 8

Medidas generales de los componentes y sensores

Componentes y Sensores	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor (mm)
Grover Sensores (SHT31 & MICs6418)	20	40	1.55
Panel Solar	69	110	1.3
Módulo LCD20x4	60	97.5	1.5
Módulo MicroSD	24.5	42	3.6
Nivel de Batería	21	32	5
Modulo Reloj	23.2	39	1.6
Switch off/on	8.7	13.7	7
Shield y Placa Arduino	53.34 - 27.60	68.70 - 66.30	1.6
Entrada USB de la placa Arduino	10.75	12	6.5
Alimentación de 9v a la placa Arduino	9	11	1.4

Figura 14

Diseño final del equipo, cuerpo principal

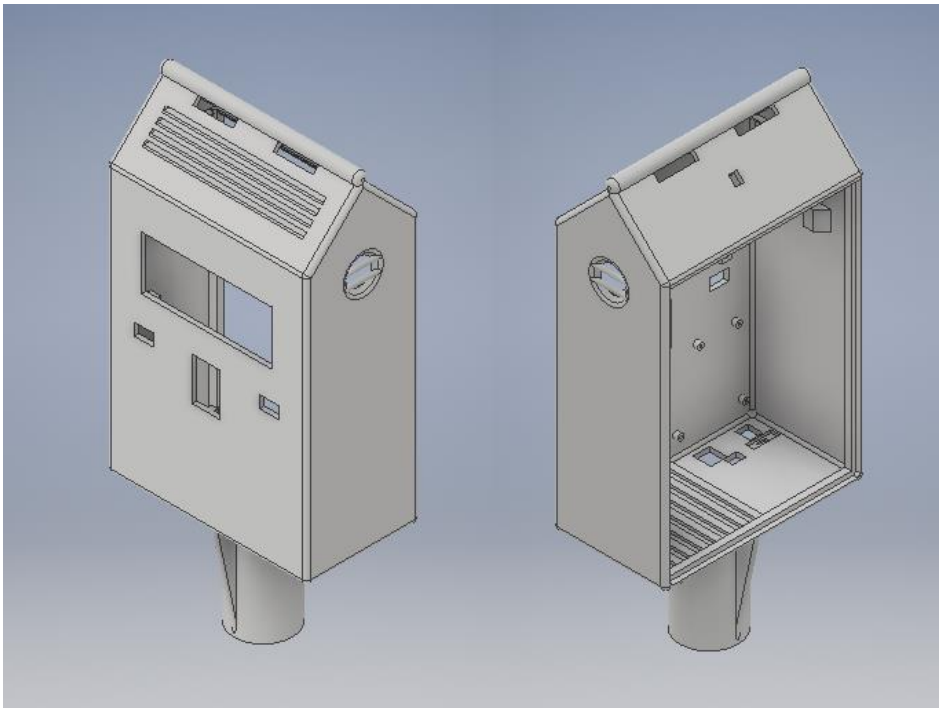


Figura 15

Tapa del cuerpo principal del equipo

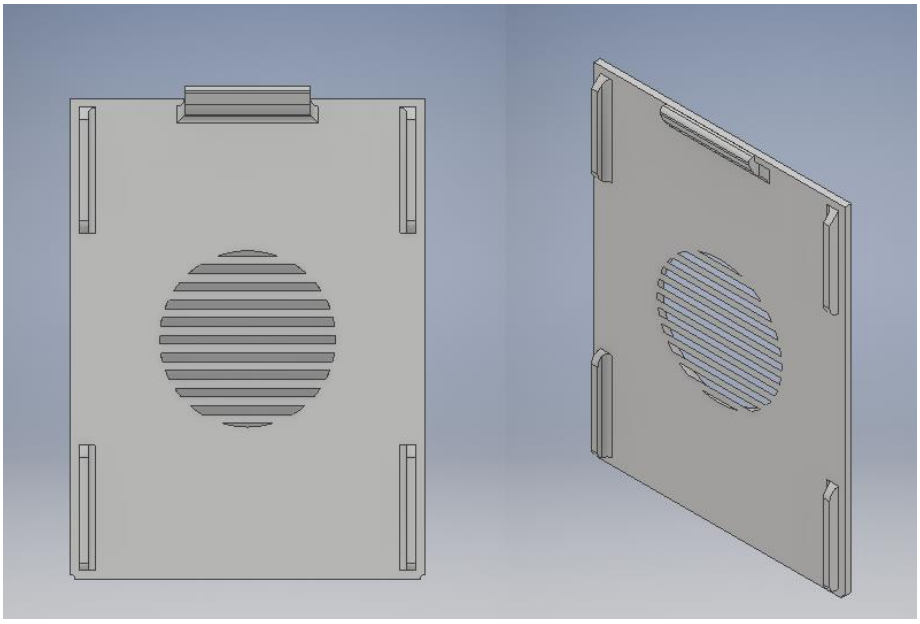
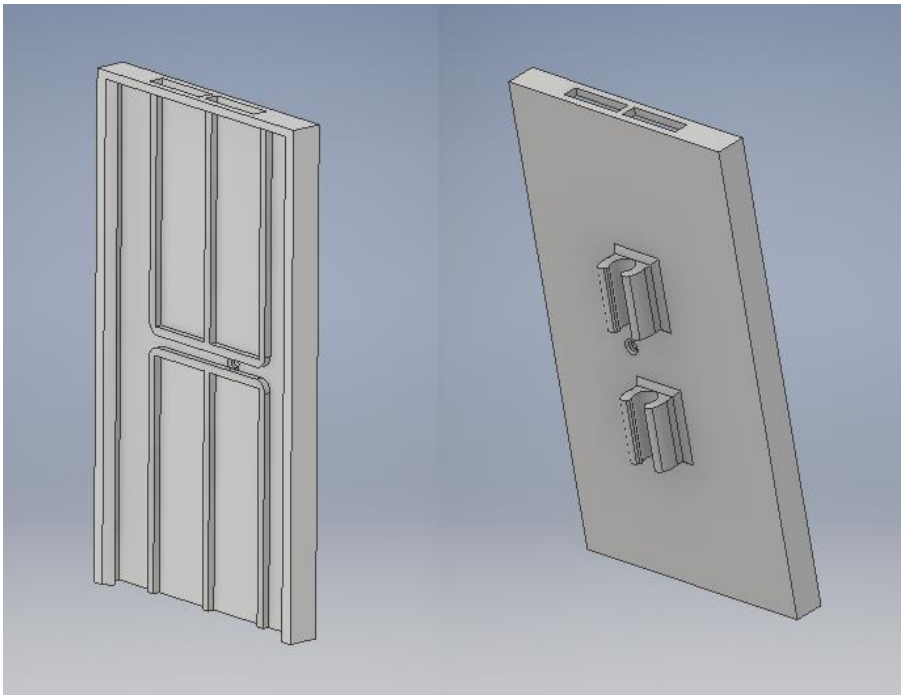


Figura 16

Base solar del cuerpo principal del equipo



4.3 ENSAMBLAJE DE LAS PIEZAS DEL EQUIPO

Se eligió esta forma del diseño para que mimeticé con el ambiente humano a la hora de realizar un monitoreo, así mismo para no caen en diseño parecido con otros equipos ya existentes. Estas piezas se deben ensamblar para formar el equipo en sí, se seleccionó distintos colores para mostrar el ensamble para notar las piezas antes mencionadas; a continuación, se presenta el ensamblaje como tal.

Figura 17

Ensamble del diseño final del equipo

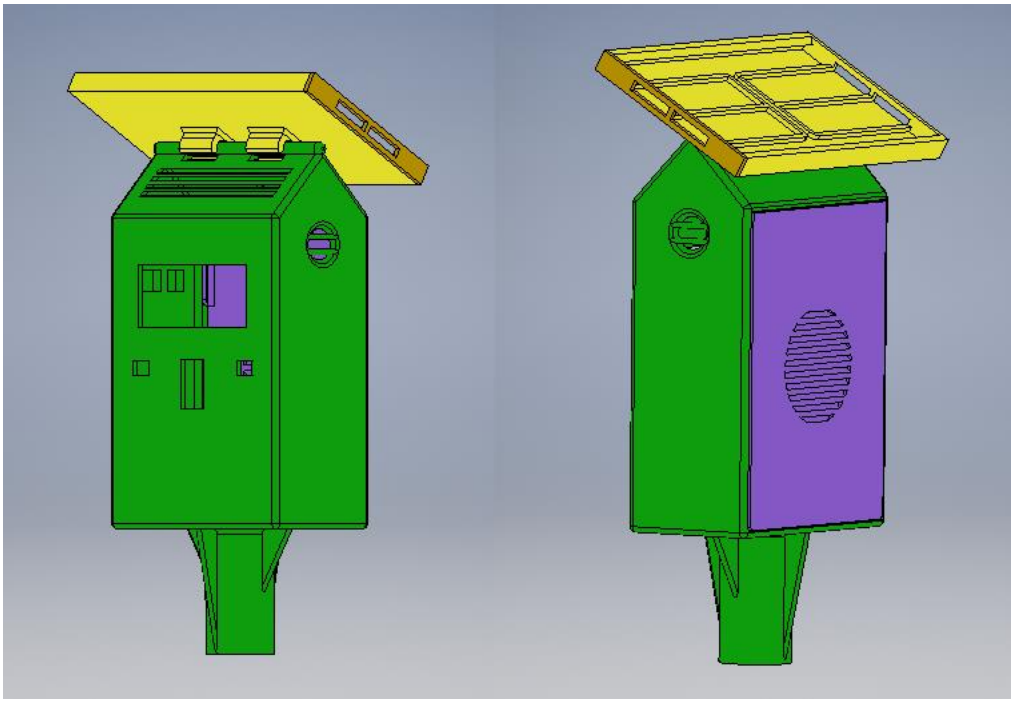
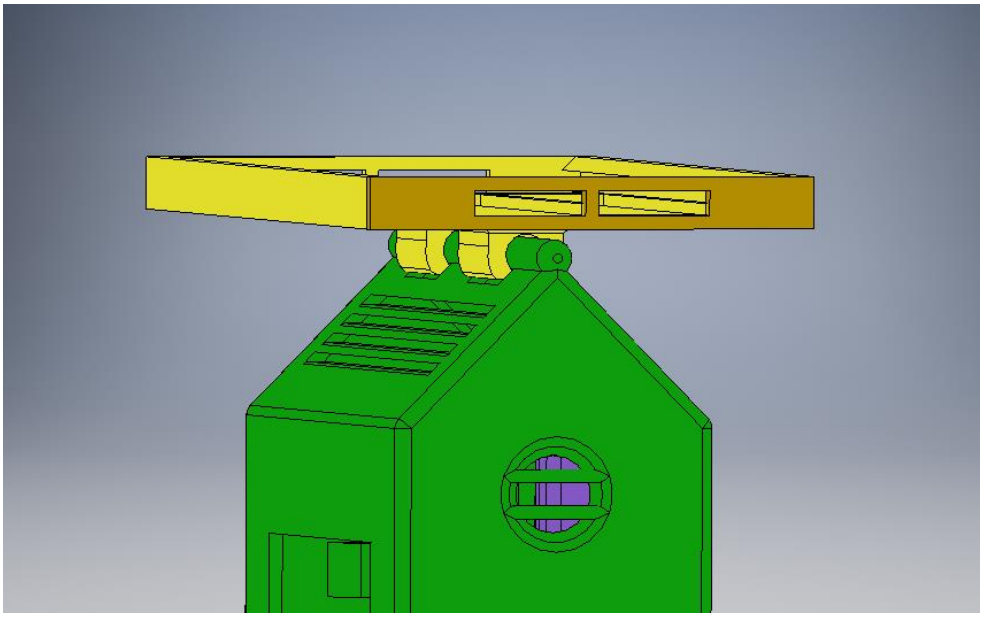


Figura 18

Detalle del ensamblaje de la base solar y complemento



4.4 PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR

La programación del microcontrolador se dio mediante el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino versión 1.8.19, la cual es gratuita, así mismo la unidad de código se ordenó por lógica de secuencia de funcionalidad, siendo que el arranque del equipo se dé siempre y cuando la memoria microSD esté conectada, ya que si no es así el equipo no arranca, de tal manera nos aseguremos que el registro de la información se dé sí o sí.

Para iniciar tenemos el inicio, que es la inclusión de las librerías a usar las cuales fueron <Arduino.h>, <SPI.h>, <SD.h>, <Wire.h> estos son las librerías nativas la cual cuenta el IDE y estas <Sodaq_DS3231.h>, <MutichannelGasSensor.h>, <SHT31.h> y el <LiquidCrystal_I2C.h> son librerías integradas para el funcionamiento de los sensores, estas librerías son administradas por el fabricante de los sensores mediante la plataforma GitHub para el dominio público; Así mismo se especifica el tamaño de la pantalla LCD que es de 20x4, seguidamente se declara que el pin 10 será el cual se transferencia de información al microSD, también se declara el sht31 es igual a SHT31 es una cambio de condición para el uso de las variables la cual cuenta el sensor que es de temperatura y humedad relativa, siguiente es la configuración del reloj que se hace para la primera corrida del código y por último en esta sección tenemos la declaración del archivo que se creara en la memoria microSD la cual contendrá la información registrada.

En segundo tenemos el void setup, la cual es la configuración del microcontrolador y lo habilita para la comunicación con los sensores conectados al mismo la cual solo se ejecuta una sola vez. Iniciamos con el Wire.bengin la cual alista a los sensores para la

comunicación de protocolo I2C, y la cual todos los sensores a utilizar trabajan bajo este protocolo excepto el módulo de la microSD, después tenemos el sht31.bengin la cual alista su comunicación del sensor y rtc.bengin que es del reloj. Seguidamente tenemos la impresión de algunas palabras en el LCD dando la bienvenida al inicio del equipo, posteriormente se configura la restricción del equipo para que arranque solo con la memoria insertada la cual es con !SD.bengin(microCS), después una vez se asegura que la memoria está conectada se inicia el sensor de CO para que empiece a funcionar.

Tercero y por ultimo tenemos a void loop, aquí tenemos las funciones que se repetirán indefinidamente hasta que se apague o reinicie el microcontrolador; Así mismo tenemos a iniciar los sensores con float, donde almacena valores reales en punto flotante, siendo estos el sht31 y declarando “c” para el sensor de CO, después tenemos el funcionamiento del reloj y el inicio de la lectura e impresión de los valores del CO en la pantalla LCD, así mismo de la temperatura, humera relativa, la hora, fecha y día. Y finalmente posterior a ello se realiza el guardado de la información generada por los sensores, se inicia con logFile = SD.open(datalog.txt, FILE_WRITE), así mismo se hace una restricción siempre y cuando la memoria funcione bien se realiza la creación del archivo “datalog.txt” con la información generado del mismo equipo, si no es así se imprimirá en la pantalla "Error Abrir Memoria". Con esto se finaliza la unidad de código para su compilación, para identificar algún error de código para posteriormente subir al microcontrolador mediante un cable USB que va conectado a la placa Arduino Uno Rev3.

A continuación, se presenta la unidad de código como tal, presentado por 3 partes según la explicado líneas arriba:

Primera Parte 1/1:

```
#include <Arduino.h>

#include <SPI.h>

#include <SD.h>

#include <Wire.h>

#include <Sodaq_DS3231.h>

#include "MutichannelGasSensor.h"

#include "SHT31.h"

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

const int microCS = 10;

SHT31 sht31 = SHT31();

char DiaSemana[][4]={"Dom","Lun","Mar","Mie","Jue","Vie","Sab"};

//La linea fija la fecha, hora y dia de la semana, se debe suprimir la linea en la segunda carga

//Ejemplo 2021 Julio 12, 2:20:00pm dia 1-Lunes (0=Dom, 1=Lunes, 2=Mar, 3=Mie, 4=Jue, 5=Vie, 6=Sab)

//DateTime dt(2021,12, 11, 9, 18, 30, 6);

//int i = 0;

//uint8_t Clock[8] = {0x0, 0xe, 0x15, 0x17, 0x11, 0xe, 0x0};


File logFile;
```

Segunda Parte 1/2:

```
void setup()
{
  Wire.begin();
  sht31.begin();
  rtc.begin();
  // La linea fija la fecha, hora y dia se la semana, se debe suprimir la linea en la
segunda carga
  //rtc.setDateTime(dt);
  {
  }
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(4,0);
  lcd.print("Bienvenidos");
  lcd.setCursor(1,1);
  lcd.print("Equipo para Medir");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("Monoxido de Carbono");
  lcd.setCursor(2,3);
  lcd.print("Ambiental v1.0");
  delay(2000);
```

Segunda Parte 2/2:

```
lcd.clear();
if (!SD.begin(microCS))
{
 lcd.setCursor(2,0);
 lcd.print("Error en Memoria");
 lcd.setCursor(2,2);
 lcd.print("Insertar MicroSD!");
 return;
}
lcd.setCursor(3,2);
lcd.print("*Memoria Ok*");
delay(2000);
lcd.clear();
gas.begin(0x04);
gas.powerOn();
}
```

Tercera Parte 1/4:

```
void loop()
{
  float temp = sht31.getTemperature();
  float hum = sht31.getHumidity();
  float c;
  DateTime now = rtc.now();
  lcd.setCursor(3,0);
  c = gas.measure_CO();
  lcd.print("CO:");
  if(c>=0) lcd.print(c,1);
  else lcd.print("invalid");
  lcd.print("ppm");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("T\337:");
  lcd.print(temp);
  lcd.print("\337C");
  lcd.setCursor(11,1);
  lcd.print("HR:");
  lcd.print(hum);
  lcd.print("%");
```

Tercera Parte 2/4:

```
lcd.setCursor(3,2);
  lcd.print("Hora:");
  lcd.print(now.hour(), DEC);
  lcd.print(':');
  lcd.print(now.minute(), DEC);
  lcd.print(':');
  lcd.print(now.second(), DEC);
  lcd.print(" ");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("Fecha:");
  lcd.print(DiaSemana[now.dayOfWeek()]);
  lcd.print(' ');
  lcd.print(now.date(), DEC);
  lcd.print('/');
  lcd.print(now.month(), DEC);
  lcd.print('/');
  lcd.print(now.year(), DEC);
  {
```

Tercera Parte 3/4:

```
// Abrir archivo y escribir valor
  logFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);


  if (logFile)
  {
     //Iniciando El Guardado de la, fecha, hora y día en la memoria
     logFile.print(DiaSemana[now.dayOfWeek()]);
     logFile.print(' ');
     logFile.print(now.date(), DEC);
     logFile.print('/');
     logFile.print(now.month(), DEC);
     logFile.print('/');
     logFile.print(now.year(), DEC);
     logFile.print(' ');
     logFile.print(now.hour(), DEC);
     logFile.print(':');
     logFile.print(now.minute(), DEC);
     logFile.print(':');
     logFile.print(now.second(), DEC);
```

Tercera Parte 4/4:

```
//Iniciando Guardado del sensor de SHT31
      logFile.print(" Temp= ");
      logFile.print(temp);
      logFile.print(" °C");
      logFile.print(" Hum= ");
      logFile.print(hum);
      logFile.print(" %");
      //Iniciamos Guardado del sensor MiCS6814
      logFile.print(" CO: ");
      if(c>=0) logFile.print(c,1);
      else logFile.print("invalid");
      logFile.println(" ppm");
      logFile.close();
      delay(1000);
      }
  else
  {
    lcd.print("Error Abrir Memoria");
  }
  }
}
```

4.5 PRUEBAS DE CAPTACIÓN AL EQUIPO

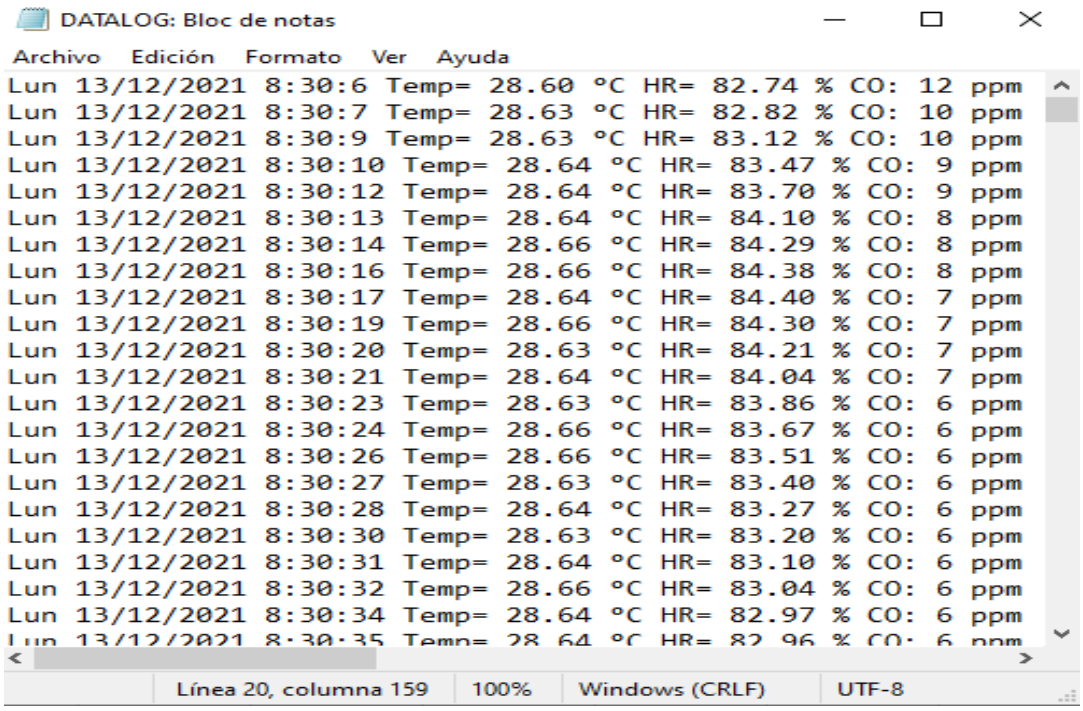
Antes de todo se realizó el curado del sensor MICS-6814 después de subir el código, durante de 24 horas, donde también se vio la duración de la batería de litio de 5000mAh con carga completa.

Para determinar el rango y/o mediciones de los sensores, se realizó en un laboratorio de la Universidad Nacional de Ucayali, siendo en el Laboratorio de Transformación química de la madera que pertenece a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales; para tener un ambiente controlado respecto a tener cualquier contaminante exterior del gas en cuestión. Así mismo se realizó las pruebas de captación por parte del sensor, mediante la quema de un papel (material a base de carbono) para producir el CO, para ello se realiza la combustión y después se tapa con un vaso de vidrio para capturar el gas producido, recordemos que el CO es un gas que se produce en una combustión incompleta, por ello se tapa con el vaso de vidrio para producir dicho gas toxico al cortar súbitamente el oxígeno del ambiente a dicha combustión; esto se realizó 5 veces para realizar las mediciones de captación del sensor; las pruebas se realizó por dos días.

Los datos se guardan en bruto de la siguiente manera:

Figura 19

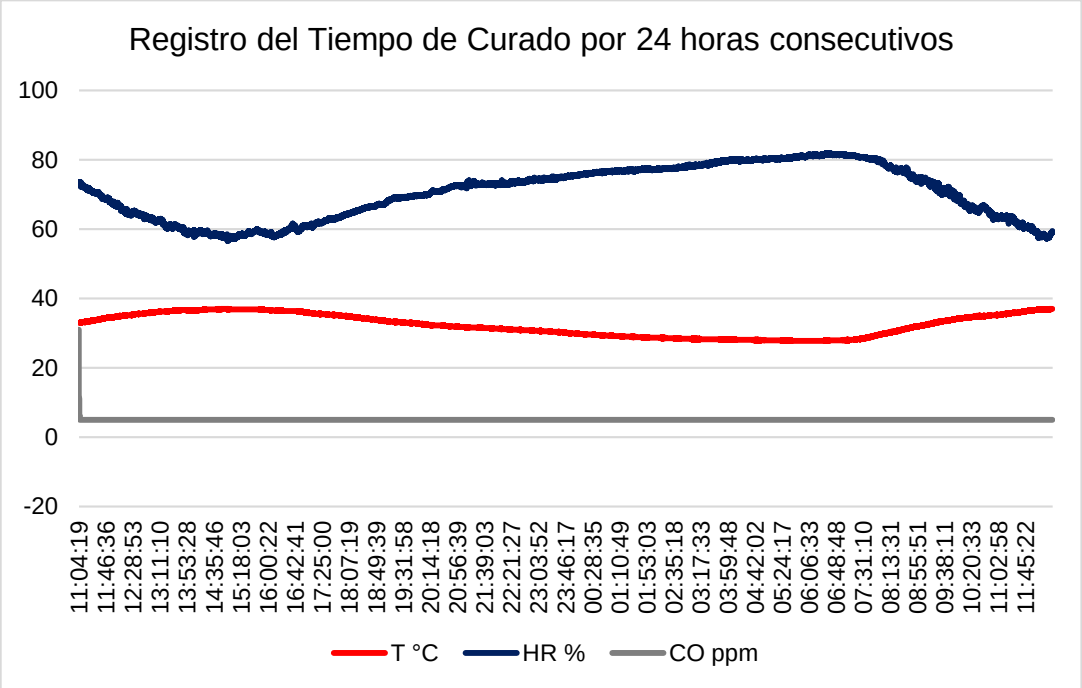
Guardado en bruto de datos de los sensores



Así mismo se procesan en una hoja de cálculo para ver los registros de las mediciones mediante la realización de gráficos para un mejor tratamiento de datos.

Figura 20

Registro del tiempo de curado del equipo

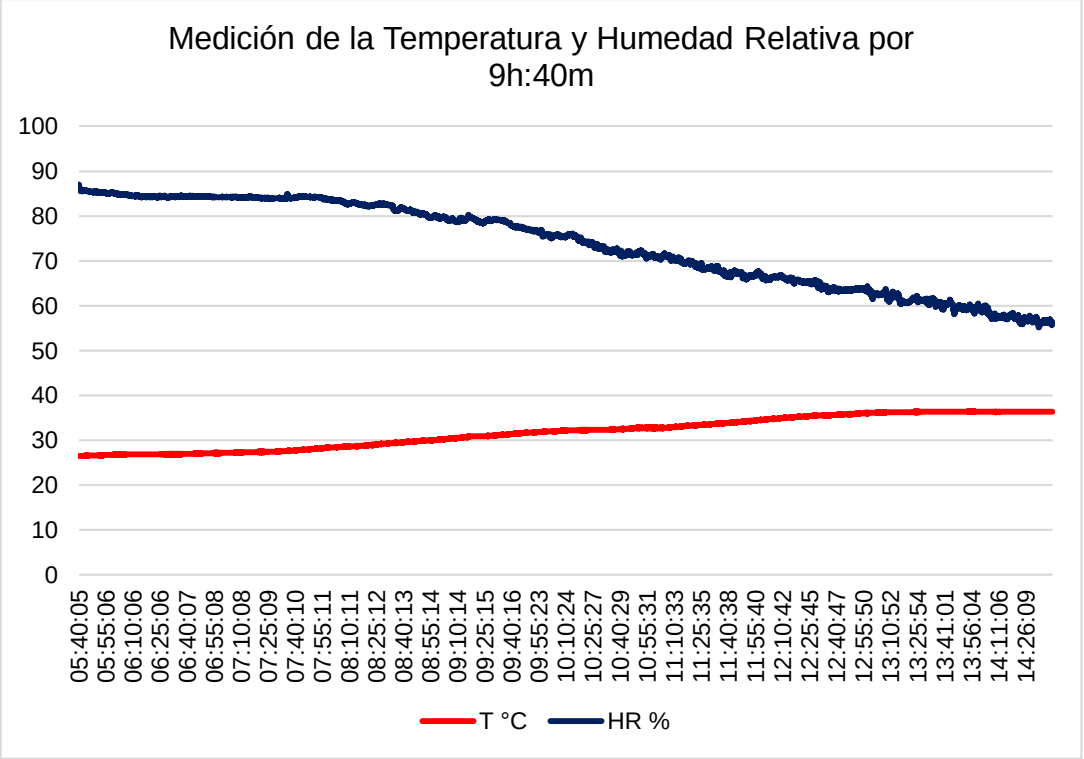


Podemos observar que la temperatura y la humedad relativa fluctúan en el tiempo, dando un funcionamiento constante del sensor, así mismo podemos mencionar que el registro del monóxido de carbono inicia con un registro “alto” de 31 ppm para después estabilizarse en 5 ppm de manera constante durante todo el tiempo de registro, hasta su apagado del equipo.

Ahora observaremos el registro del sensor SHT31, para ello se mantuvo funcionando durante 9 horas con 40 minutos horas para visualización de los datos, observaremos la temperatura registrada y la humedad relativa en ese lapso de tiempo.

Figura 21

Medición de la Temperatura y Humedad Relativa

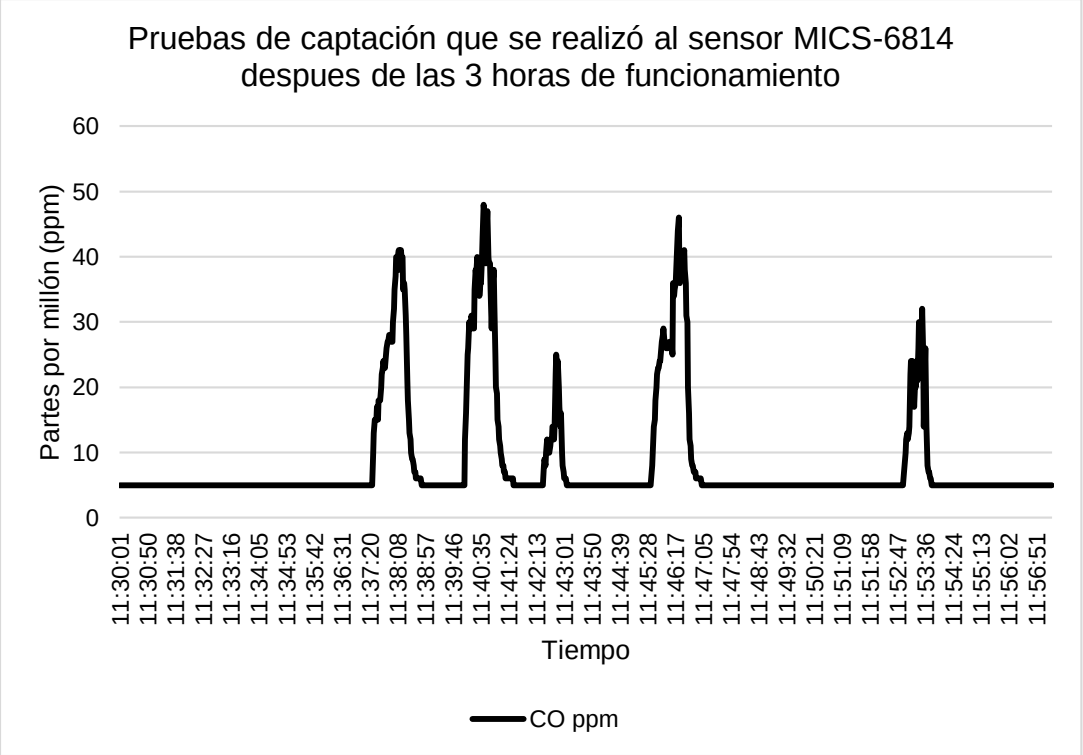


Se observa que la Temperatura y Humedad Relativa mantienen el registro durante el tiempo de manera consecutivo, así mismo cuando la Temperatura tiende a subir, la Humedad Relativa tiende a bajar, relacionándose de manera inversamente proporcional; donde la Temperatura inicia 26°C y la Humedad Relativa con 87%, para culminar en 36°C y en 56% respectivamente.

Ahora observaremos las pruebas de captación que se realizó al sensor MICS-6814 en el laboratorio, el primero después de 3 horas funcionando y el segundo después de 9 horas en días distintos, donde se observara los picos de registros ya que el sensor tiende a estabilizarse después de cada captura de datos según expuesto al gas de interés (monóxido de carbono).

Figura 22

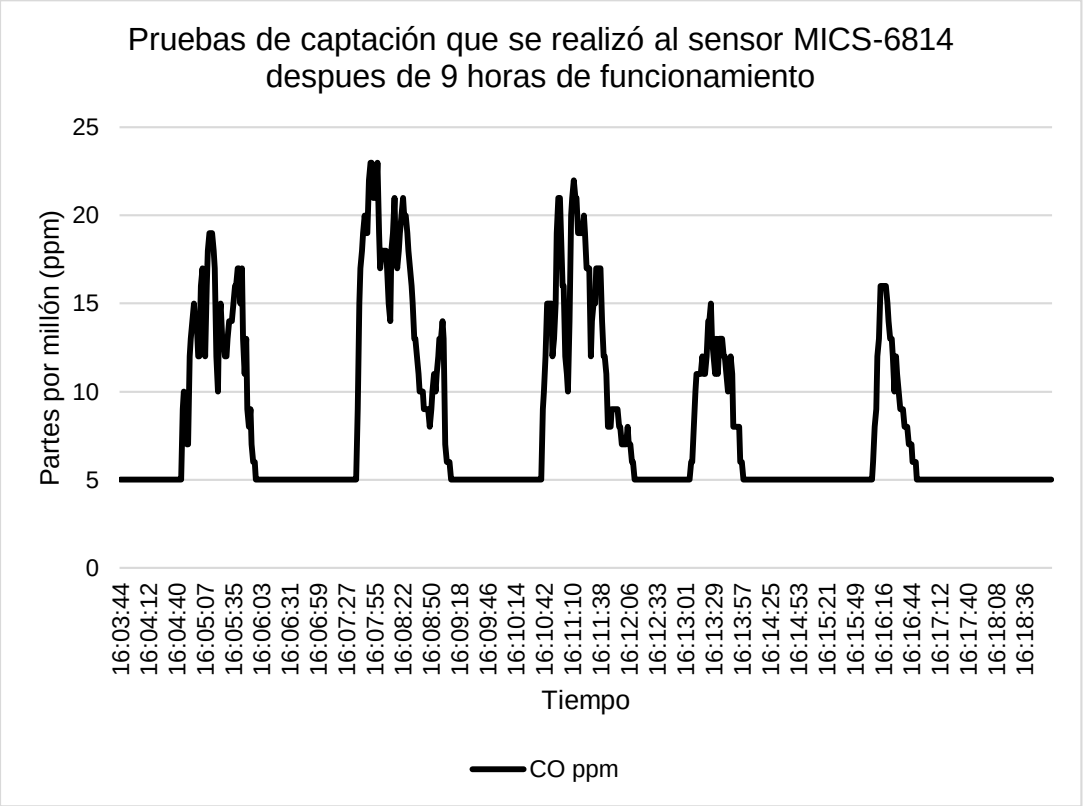
Primer registro de las pruebas al Sensor MICS-6814



Podemos observar que las 5 pruebas realizadas al sensor fueron captadas por el mismo, para iniciar los registros recodemos que el sensor es estable en un registro lineal y consecutivos de 5 ppm, siendo así, la primera prueba inicia con 10 ppm con un registro alto de 41 ppm, el segundo inicia en 12 ppm con un registro alto de 48 ppm, el tercero inicia con 8 ppm con un registro alto de 25 ppm, el cuarto inicia con 7 ppm con un registro alto de 46 ppm y la última prueba inicia con 7 ppm con registro alto de 32 ppm, todas las pruebas cuando termina se estabiliza el sensor en 5 ppm.

Figura 23

Segundo registro de las pruebas al Sensor MICS-6814



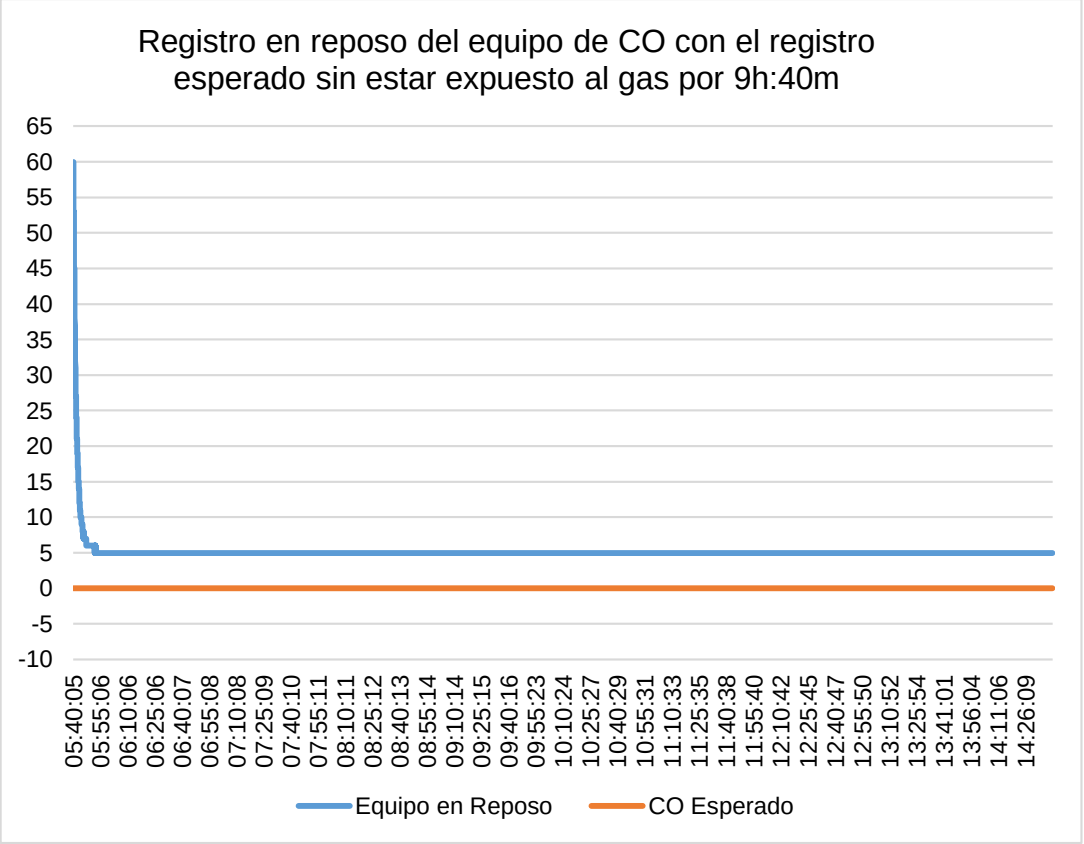
Podemos observar que las 5 pruebas realizadas al sensor fueron captadas de igual manera que las pruebas iniciales, y efectivamente el sensor realiza las captaciones; la primera prueba el registro inicia con 10 ppm y con un registro alto de 19 ppm, el segundo inicia con 9 ppm y con un registro alto de 23 ppm, el tercero inicia con 9 ppm y con un registro alto de 22 ppm, el cuarto inicia con 8 ppm y con un registro alto de 15 ppm y el quinto y ultima captura inicia con 6 ppm y con un registro alto de 16 ppm; así mismo como las pruebas iniciales, todas las pruebas cuando termina se estabiliza el sensor en 5 ppm.

Así mismo, estas captaciones son datos referenciales, ya que no podemos afirmar que sean datos o captaciones de calidad, ya que el fabricante (Seeedstudio) inicialmente nos manifiesta que el sensor esta

calibrado, no obstante, que si “dudamos” de las mediciones se puede recalibrar con un código y exponiendo al gas de interés durante minutos o hasta media hora pero esto puede resultar ambiguo ya que para producir al gas de interés se produce otros gases donde el sensor estará expuesto como en las mediciones durante su uso.

Figura 24

Comparación del registro en reposo con el registro esperado



Aquí ya se observa el registro de medición de CO cuando el sensor MICS-6814 está en reposo la cual implica que no está siendo expuesto al gas de interés, siendo así que el equipo inicia con un registro alto de 60 ppm para después de 10 minutos del registro, se estabiliza en 5 ppm durante todo el tiempo de registro de las cuales fueron 9h:40m. También cabe mencionar que de acuerdo al fabricante (Seeedstudio) el rango de medición es de 1 – 1000 ppm, las cuales de acuerdo a lo observado es diferente.

Prueba de t student para muestras relacionadas

Para comparar si existe diferencia entre el registro esperado y el registro en reposo; Para ello nos planteamos la siguiente hipótesis nula, H0: El Hardware y Software no tiene efecto sobre la captación esperada con la captación realizada en el laboratorio donde el equipo está en reposo.

Como observamos en la Tabla 9, la media del registro esperado es de 0 ppm así mismo como su desviación estándar de 0. Una vez de la configuración del equipo para la prueba en reposo nos muestra una media de 5.17 ppm con una desviación estándar de 2.035. Podemos observar que el sensor tiene un registro “relativamente cercano” al registro esperado de acuerdo al rango de detección, la cual el fabricante nos indica que es de 1 a 1000 ppm.

Tabla 9

Estadísticas de muestras emparejadas de medias del sensor MICS-6814 en estado de reposo

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Registro Esperado	,00	23356	,000	,000
	Equipo en Reposo	5,17	23356	2,035	,013

Tabla 10

Prueba de muestras emparejadas del sensor MICS-6814 en estado de reposo

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Registro Esperado - Equipo en Reposo	-5,172	2,035	,013	-5,198	-5,146	-388,410	23355	,000

Como el valor P-Valor calculado fue de 0,000; y es menor que α = 0,05, entonces podemos rechazar la hipótesis nula (H0) y aceptando la existencia de una diferencia altamente significativa entre la captación esperada con la captación realizada en el laboratorio. De tal manera que para obtener un registro de mediciones de calidad debemos de recalibrar y ajustar según a su rango de detección que es de 1 a 1000 ppm.

Siendo así que las calibraciones para equipos de medición; para garantizar la calidad del mismo se realiza en laboratorios acreditados por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), ya que es la entidad pública encargados de garantizar la calidad del mismo; No obstante, estas capturas realizadas por el sensor MICS-6814 con su calibración de “fabrica”, nos puede ayudar a mostrar “indicios” de aumento del gas de interés, para así realizar posteriormente mediciones con equipos de “alta gama”, de acuerdo al Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM .- Decreto Supremo que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, la cual

solo nos indica que puede ser del método de referencial de Infrarrojo No Dispersivo con Filtro de Correlación de Gas según la Norma Técnica Peruana: NTP 900.031 o NTP que la reemplace, por ello también nos indica que está el método equivalente la cual nos deriva a los equipos aprobados por las normativas de los siguientes países: EPA de USA denominado “List of designated reference and equivalent methods”, MCerts de Inglaterra denominado “Continuous ambient air monitoring systems (CAMS)” y TUV de Alemania denominado “Certified equipment for continuos emission and ambient air monitoring”.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. Se ha diseñado y construido el equipo de medición para el monóxido de carbono ambiental, emitidos por vehículos a combustible fósil; en base de la plataforma Arduino (Arduino Uno Rev3) y sus complementos adaptables; El sensor base para la detección del Monóxido de Carbono (CO) fue el MICS-6814.

2. La calibración de fábrica no es suficiente para mediciones de calidad, ya que la prueba estadística nos muestra una gran diferencia significativa de su estado en reposo con lo esperado; esto fue una limitación de la investigación ya que el proceso de calibración demanda más tiempo y recursos económicos.

3. Así mismo estas mediciones realizadas por el sensor (MICS-6814) nos puede ayudar a mostrar “indicios” de aumento del CO en el ambiente.

4. Respecto al rango de medición practico del sensor MICS-6814 se obtuvo en dos pruebas del laboratorio siendo el primero: de 7ppm a 48ppm, en la segunda: de 6ppm a 23ppm, con 3 horas y 9 horas de funcionamiento respectivamente.

5. La construcción del equipo y sus complementos para su presentación tuvo un costo referencial estimado al año 2019 de S/. 1,481.48 soles, donde hace que su construcción sea factible, comparados a equipos de alta gama que son de alto costo, así mismo la calibración resulta un costo aparte del mismo.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar la etapa de calibración mediante los “Lineamientos para la elaboración del diseño experimental y el planteamiento de los criterios de aceptabilidad para las pruebas de intercomparación del procedimiento alternativo basado en sensores de bajo costo aplicados en el monitoreo de la calidad ambiental del aire”, definida en la Resolución Ministerial Nº 094-2021-MINAM, que “recientemente” fue publicada en el año 2021.

2. El diseño de la carcasa se recomienda variar, ya que se debe evaluar otros diseños con la interacción del viento, ya que eso influye en la dispersión de los contaminantes. Sin embargo, el material de impresión se recomiendo solo usar el PET-G por sus características ya mencionadas.

3. En cuestión de la batería se recomienda no usarlo con carga baja, ya que esto afecta a su vida útil del mismo y posiblemente afecte a la lectura de los sensores ya que el voltaje baja menor a los 5V. Por eso se debe cargar la batería completa para su uso continuo, por ello el panel solar será el respaldo de carga continua durante un monitoreo.

4. Se recomienda incluir una bomba de succión, para considerar el flujo constante de la captación del gas en sí.

5. Se recomienda evaluar otros sensores que midan el monóxido de carbono ya que cada uno tiene sus propias características, donde varían, desde el tipo, su rango de medición hasta las especificaciones ambientales de funcionamiento; De preferencia que sean sensores Infrarrojo No Dispersivo (NDIR) y que cumplan los requisitos primarios para este fin, de acuerdo a los Lineamentos para la elaboración del diseño experimental (…) mencionadas líneas arriba.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

AEISA. (2022). *Asesoría y Equipos de Inspección, S. A.* . https://www.aeisa.com.mx/calibracion-de-equipos-de-medicion/

Aguamarket. (2018). http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=2390&termino=muestreo+autom%E1tico

Ametzagaina. (2019). *Asociación para el Debate y la Participación Ciudadana*. https://ametzagaina.org/2016/11/24/software-libre-que-es/

Arduino. (2019). https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction

Arduino. (2019). *Store Arduino*. SHT31: https://store.arduino.cc/usa/grove-temperature-humidity-sensor-sht31

Bansi, M. (2010). *Getting Started with Arduino.* cmuems: http://cmuems.com/resources/getting_started_with_arduino.pdf

Barrios, M. M. (2014). *Sistema de Medición Electrónico de Gases Contaminantes Basado en Tecnología Libre en la Ciudad de Poza Rica.* Facultad de Ciencias Biologicas y Agropecuarias-Campus Tuxpan: https://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/41931/2/BarriosMelchorMacario.pdf

BItendian. (2014). *BItendian S.L.* https://bitendian.com/es/blog/entries/15/hardware-libre#:~:text=El%20hardware%20libre%20se%20define,bajo%20alg%C3%BAn%20tipo%20de%20pago.

Caicedo, C. S. (2017). *REPOSITORIO*. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/22251/1/TESIS%20MGA%20039%20Equipo%20autonomo%20calidad%20aire%20Santa%20Elena.pdf

Concepto y Definición. (2018). https://conceptodefinicion.de/diseno/

ECURED. (2019). LCD: https://www.ecured.cu/LCD_(pantalla_de_cristal_l%C3%ADquido)

ECURED. (2019). *Enciclopedia Cubana*. https://www.ecured.cu/Constante_de_permitividad_el%C3%A9ctrica

El Tiempo. (2008). El monóxido, enemigo silencioso de los carros: https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-3223819

EPA. (1973). *Agencia de Proteccion Ambiental de los Estados Unidos.* Mediciones de monóxido de carbono en los alrededores de estadios deportivos.: https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/2000Z8HF.PDF?Dockey=2000Z8HF.PDF

EPA. (1980). Niveles de daño significativo para el monóxido de carbono.: https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/9100IFLL.PDF?Dockey=9100IFLL.PDF

EPA. (1992). *Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.* Los Automóviles y el Monóxido de Carbono: https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1003ODG.PDF?Dockey=P1003ODG.PDF

EPA. (2011). *Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.* Catidades relativas de emisiones de CO de los EE. UU. Procedentes de fuentes

antropogénicas y biogénicas.: https://cfpub.epa.gov/roe/indicator.cfm?i=10#2

EPA. (2017). *Agencia de Proteccion Ambiental de los Estados Unidos.* Evaluación de la exposición a la contaminación del aire en los hogares: una revisión sistemática y un análisis agrupado del monóxido de carbono como medida sustituta del material particulado: https://ehp.niehs.nih.gov/doi/pdf/10.1289/EHP767

EPA. (2018). *Agencia de Proteccion Ambiental de los Estados Unidos.* Tendencias de calidad del aire de la región 9 de la EPA de EE.UU., 1970-2017 concentraciones de valor de diseño de monóxido de carbono (CO) de 8 horas por zona designada.: https://www3.epa.gov/region9/air/trends/pdfs/co-trends.pdf

EPA. (2018). *Agencia de Proteccion Ambiental de los Estados Unidos.* https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table#1

ESDA. (2016). *Estudio de Desempeño Ambiental PERÚ*. http://www.minam.gob.pe/esda/6-1-1-emisiones-de-contaminantes-atmosfericos/

Estrucplan. (26 de 08 de 2018). *Consultora Estrucplan*. http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=2418

Estrucplan. (26 de 08 de 2018). *Consultora Estrucplan*. https://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=3065

Estructuplan. (2018). http://www.estrucplan.com.ar/Servicios/Shml-Contaminantes.htm

GOB.PE. (1993). *GOB.PE.* Plataforma Digital Única del Estado Peruano: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/198518/Constitucion_Politica_del_Peru_1993.pdf

Gomez, C. A., & Gonzales, Y. H. (2020). *Repositorio de la UNU.* Universidad Nacional de Ucayali: http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4274

INEI. (2017). *Instituto Nacional de Estadística e Informática.* https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1510/libro.pdf

Lay, L. M., & Rios, R. P. (2021). *Repositorio UNU.* http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5089/B72_UNU_INGENIERIAAMBIENTAL_2021_T_MELISSA-LAY_PERCY-RIOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Medlineplus. (2018). https://medlineplus.gov/spanish/airpollution.html

Meza, G. J. (2019). *Programa YA*. Programa YA: https://www.programarya.com/Cursos/C++/Bibliotecas-o-Librerias

MINAM. (2005). *Ministerio del Ambiente.* GOB.PE/MINAM: http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf

MINAM. (2017). *Ministerio del Ambiente.* https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-003-2017-MINAM.pdf

MINAM. (2021). *Ministerio del Ambiente.* Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire: https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-supremo-que-aprueba-protocolo-nacional-monitoreo-calidad

MINAM. (2022). *Ministerio del Ambiente.* Actualización de los Estándares de Calidad Ambiental: https://www.minam.gob.pe/estandares-de-calidad-ambiental/wp-content/uploads/sites/146/2017/06/Ayuda-Memoria.pdf

NAYLAMP. (2019). Tamaños de LCD para uso menor: https://www.naylampmechatronics.com/blog/34_Tutorial-LCD-conectando-tu-arduino-a-un-LCD1.html

NAYLAMP. (2019). Modulo DS3231: https://naylampmechatronics.com/modulos/107-modulo-rtc-ds3231-eeprom-at24c32-i2c.html

NAYLAMP. (2019). Modulo para memoria: https://naylampmechatronics.com/modulos/104-modulo-micro-sd-card.html?search_query=spi+micro+sd&results=206

NIOSH. (1996). *El Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional*. Envenenamiento por monóxido de carbono de los pequeños motores y herramientas que funcionan con gasolina: https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/96-118_sp/

OEFA. (2018). *Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.* https://www.oefa.gob.pe/noticias-institucionales/oefa-instalo-unidad-movil-de-monitoreo-permanente-de-calidad-de-aire-en-talara

OMS. (2018). *Organización Mundial de la Salud.* http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health

Parada, I. J. (2018). *Monitoreo Ambiental.* http://www.monitoreoambiental.com/download/2.%20-

Tecnicas%20Monitoreo%20Calidad%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf

Pinedo, G. J. (2016). *Universidad Nacionla de Ucayali.* Validación Ambientales del Cambio de Fuente Energenitica entre el mototaxi con motor de combustion interna y el mototaxi con motor electrico en el distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, region Ucayali- 2016: http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3487/000002782T.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Price, T. (Abril de 2017). *Air Quality Monitor.* Hackaday: https://cdn.hackaday.io/files/21912937483008/Thomas_Portable_Air_Quality.pdf

PUCP. (2017). *Pontificia Universidad Católica del Perú.* Transporte público de buses versus congestión y contaminación en Lima y Callao.: http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/economia/article/view/19272/19417

Ramirez, C. J. (2017). *Ensamblaje y estudio del diseño, construcción y caracterización de microsensores voltamperométricos integrados para análisis simultáneo de gases y material particulado contaminantes del aire. (Para su aplicación en una estación de medición a tiempo real).* cybertesis UNMSM: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/6532

Reyes, Q. G. (1982). *Evaluación de la Contaminación por Monóxido de Carbono en Bogotá.* Bogotá: Ingeniería e Investigación.

Scientific Electronic Library Online. (Domingo de Agosto de 2018). *SCIELO Salud Pública*. Biblioteca Científica Electrónica: https://www.scielosp.org/article/rsap/2006.v8n1/108-117/

Seeed. (2016). *Seeed Studio*. The lot Hardware Enabler: http://wiki.seeedstudio.com/Grove-Multichannel_Gas_Sensor/

Seeed. (2019). *Seeed Document.* https://raw.githubusercontent.com/SeeedDocument/Grove-Multichannel_Gas_Sensor/master/res/MiCS-6814_Datasheet.pdf

Seeed. (2019). *Seeed Studio*. http://wiki.seeedstudio.com/Seeed_Gas_Sensor_Selection_Guide/

SEMARNAT. (2010). *Tipos de emisiones de contaminantes atmosféricos*. Guía de Elaboración y Usos de Inventarios de Emisiones. SEMARNAT, INE, Western Governor's Association .Primera edición , Mayo 2005, México: http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlete5c8.html

SENAMHI. (2014). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.* Estimación de emisiones vehiculares en Lima Metropolitana: https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-6.pdf

Sistemas. (2018). https://sistemas.com/aplicacion.php

UNAM. (2018). *Universidad Nacional Autónoma de México.* http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/219/A7.pdf

United States Environmental Protection Agency. (Domingo de Agosto de 2018). *AIR NOW*. EPA: https://cfpub.epa.gov/airnow/index.cfm?action=aqi_brochure.index

Venegas, L. E., & Mazzeo, N. A. (2013). *La Velocidad del Viento y la Dispersión de Contaminantes en la Atmósfera.* AERO-UNLP:

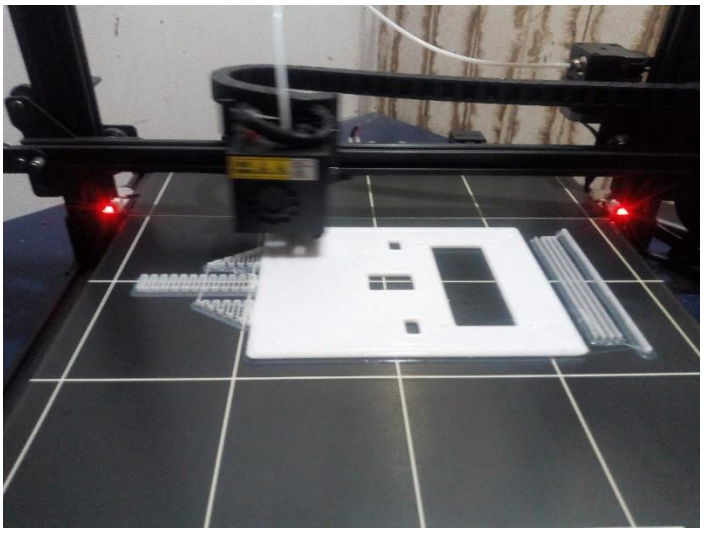
http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/cliv2/public/actas%20congreso/15.Venegas.CLIV2.pdf

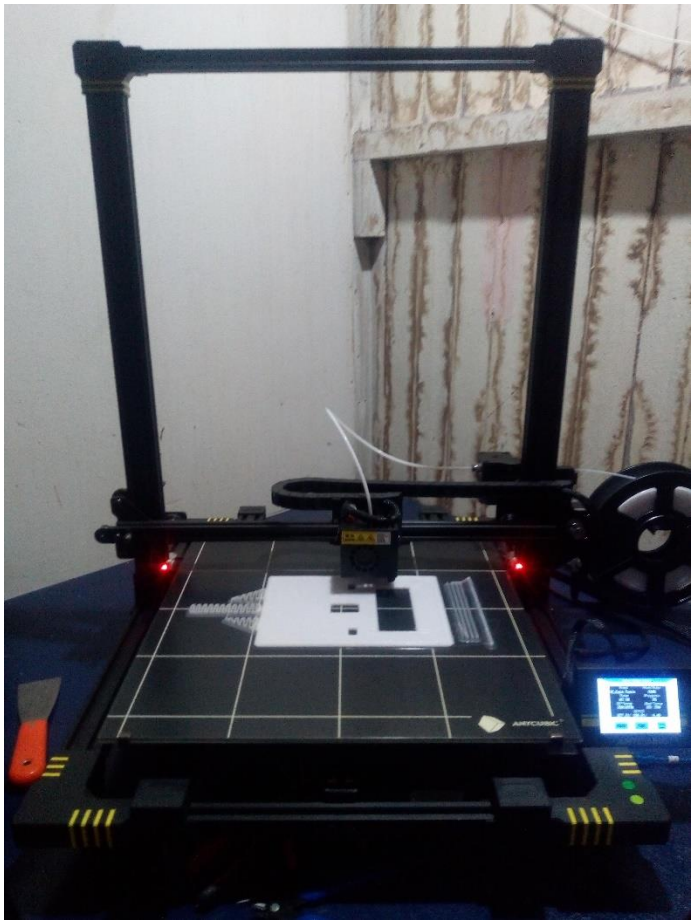
WIKI. (2019). *Wikipedia*. https://es.wikipedia.org/wiki/Heteroestructura

ANEXOS

Anexo 1. Iconografía

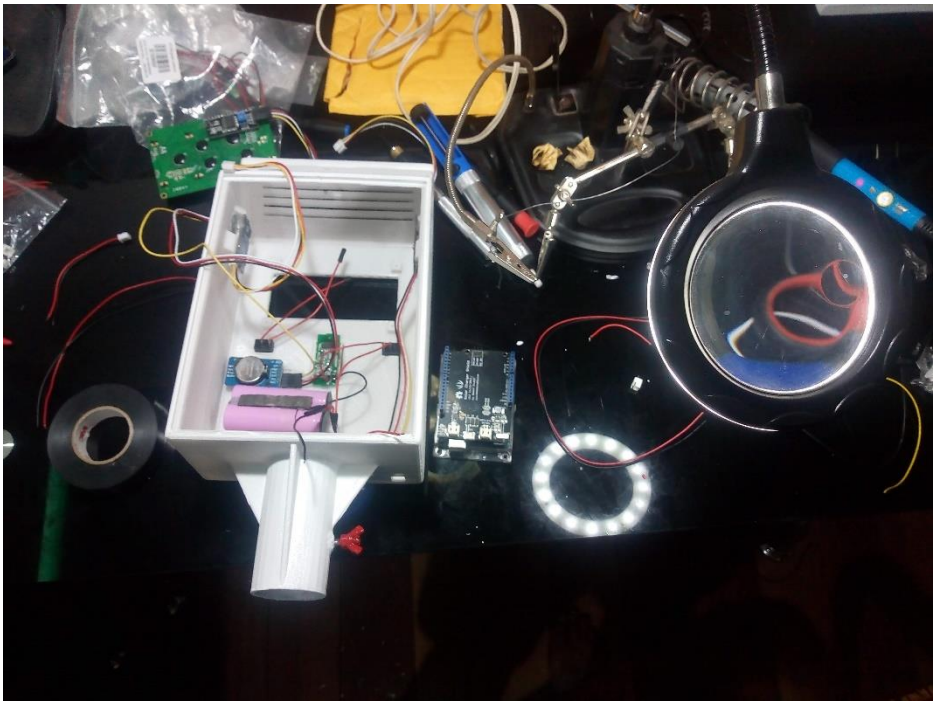
Impresión en 3D de las partes del equipo

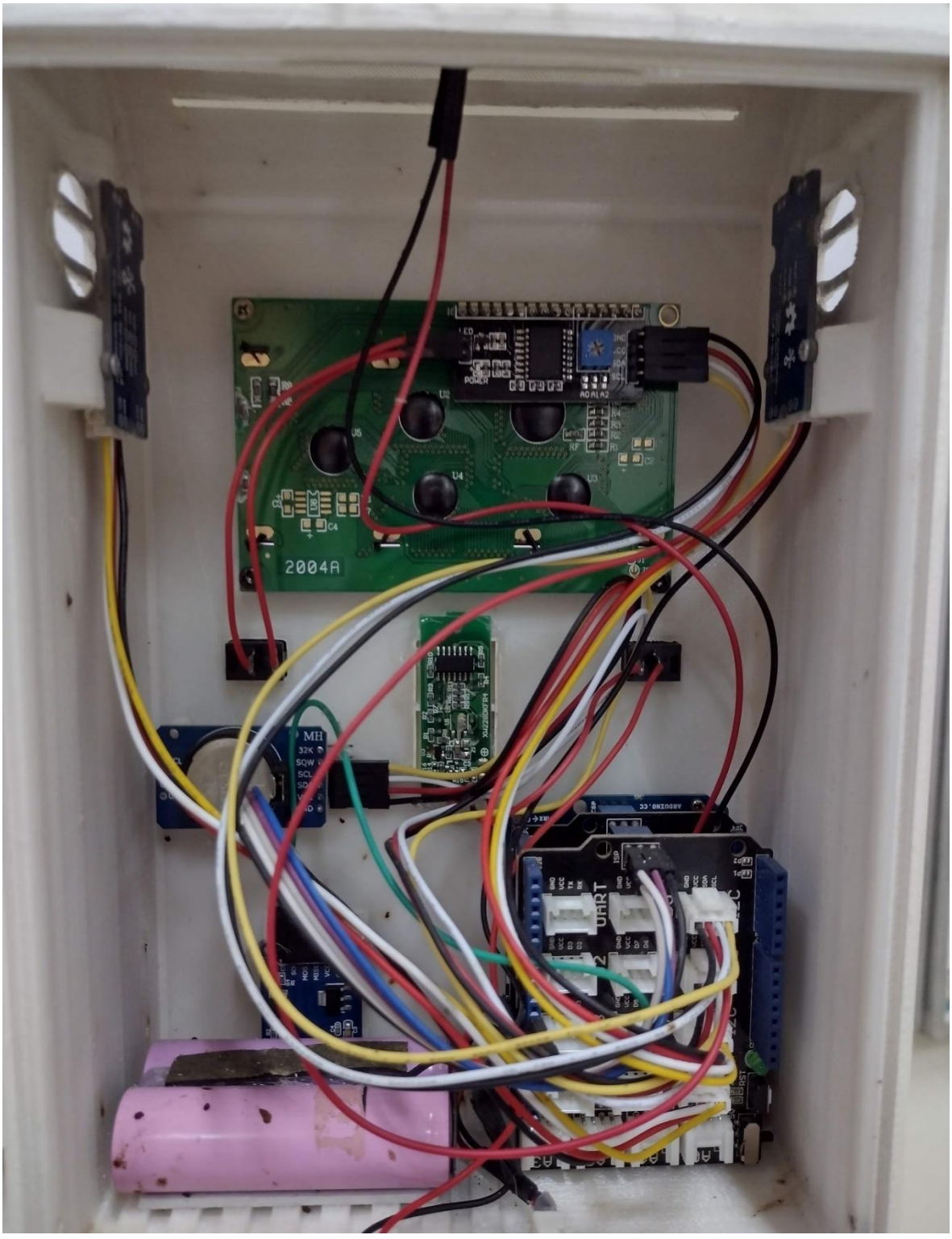




Ensamblaje y construcción del equipo






2004A
UART

Pruebas realizadas al equipo








T°:30.63°C HR:76.9%
Hora:11:37:5
Fecha:Lun 13/12/2021

Prueba del nivel de la batería



Presentación del equipo







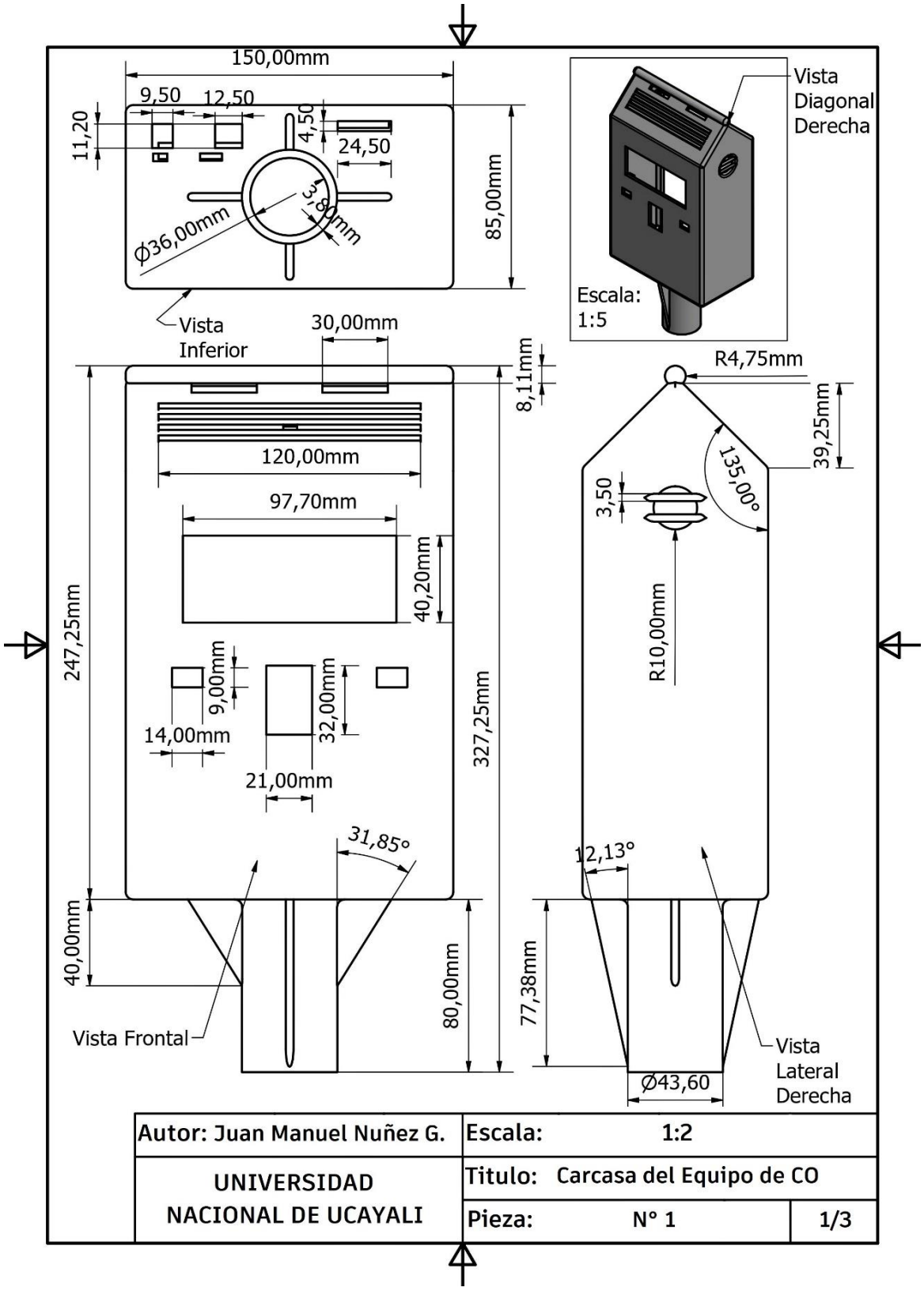
Anexo 2. Tabla del costo referencial estimado para la construcción y presentación

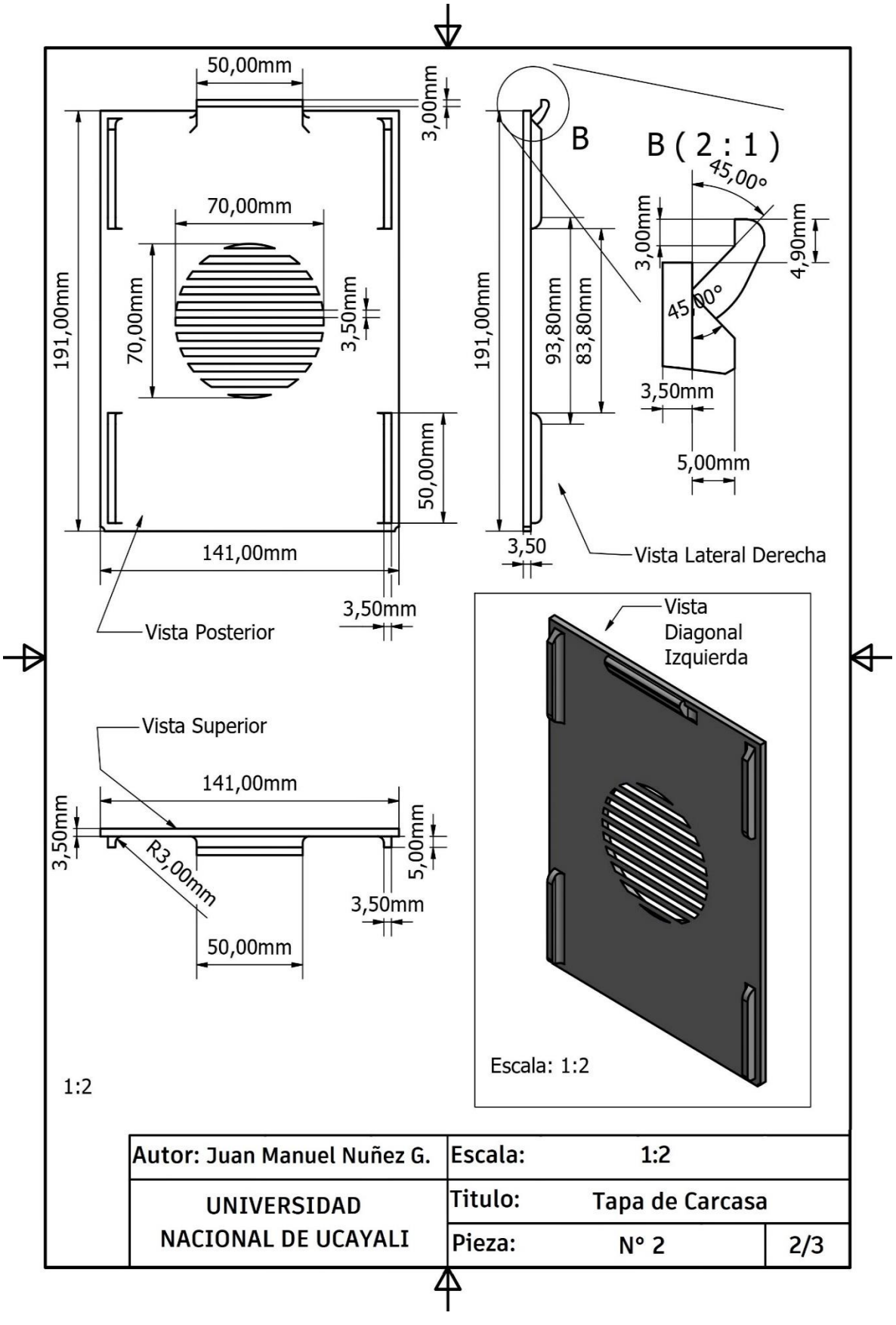
Tabla 11

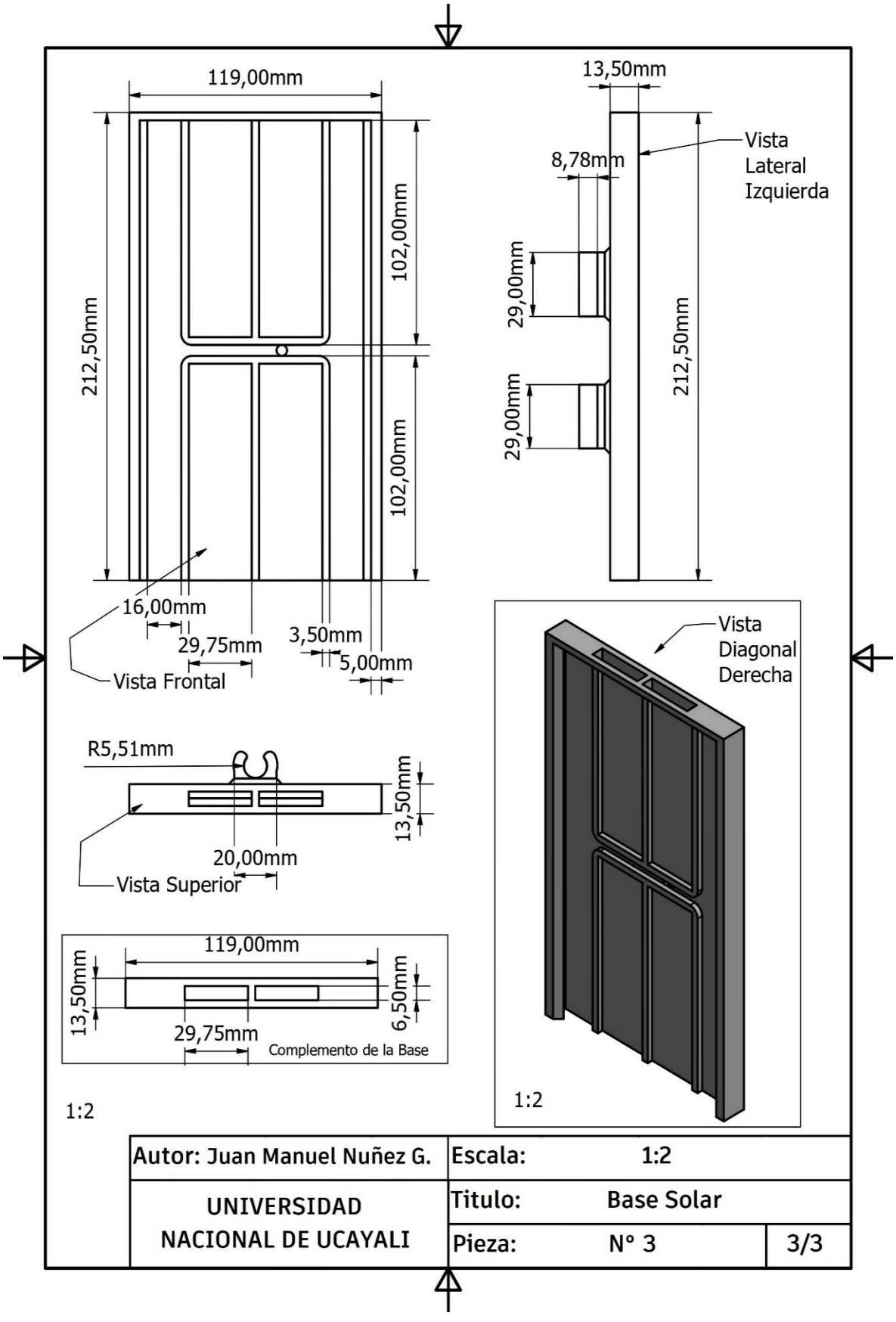
Costo referencial estimado para la construcción y presentación del equipo

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Grove - Multichannel Gas Sensor (MICS-6814)	Unidad	1	S/ 156.70	S/ 156.70
2	Grove - Temperature & Humidity Sensor (SHT31)	Unidad	1	S/ 46.48	S/ 46.48
3	Grove Base Shield V2.0 for Arduino	Unidad	1	S/ 31.54	S/ 31.54
4	Grove - 4 pin Female Jumper to Grove 4 pin Conversion Cable	Paquete	1	S/ 16.60	S/ 16.60
5	Grove - Universal 4 Pin Buckled 20cm Cable	Paquete	1	S/ 16.60	S/ 16.60
6	Módulos de pantalla LCD de 2004 + IIC/I2C	Unidad	1	S/ 42.23	S/ 42.23
7	Módulo Solar Charger Shield v2.2	Unidad	1	S/ 59.76	S/ 59.76
8	Módulo indicador de capacidad de la batería de litio 1	Unidad	1	S/ 4.98	S/ 4.98
9	Módulo de reloj de precisión DS3231 AT24C32	Unidad	1	S/ 5.64	S/ 5.64
10	Paquete de conector de 2 pines (unidades)	Unidad	1	S/ 2.66	S/ 2.66
11	Módulo SPI Micro SD	Unidad	1	S/ 4.98	S/ 4.98
12	Arduino UNO Rev3	Unidad	1	S/ 100.00	S/ 100.00
13	Batería de litio de 5000 mAh	Unidad	1	S/ 80.00	S/ 80.00
14	Interruptores de Off/On	Unidad	2	S/ 0.50	S/ 1.00
15	Panel Solar 5V, 110 mAh	Unidad	3	S/ 8.77	S/ 26.31
16	Filamento PEP-G 1 kg	kg	4	S/ 100.00	S/ 400.00
17	Spray Color blanco base	Unidad	1	S/ 15.00	S/ 15.00
18	Servicio de Impresión 3D	Unidad	3	S/ 100.00	S/ 300.00
19	Barra de Silicona	Unidad	2	S/ 0.50	S/ 1.00
20	Trípode	Unidad	1	S/ 120.00	S/ 120.00
21	Maletín de Aluminio	Unidad	1	S/ 50.00	S/ 50.00
	Costo Referencial Estimado		Total al 2019		S/ 1,481.48

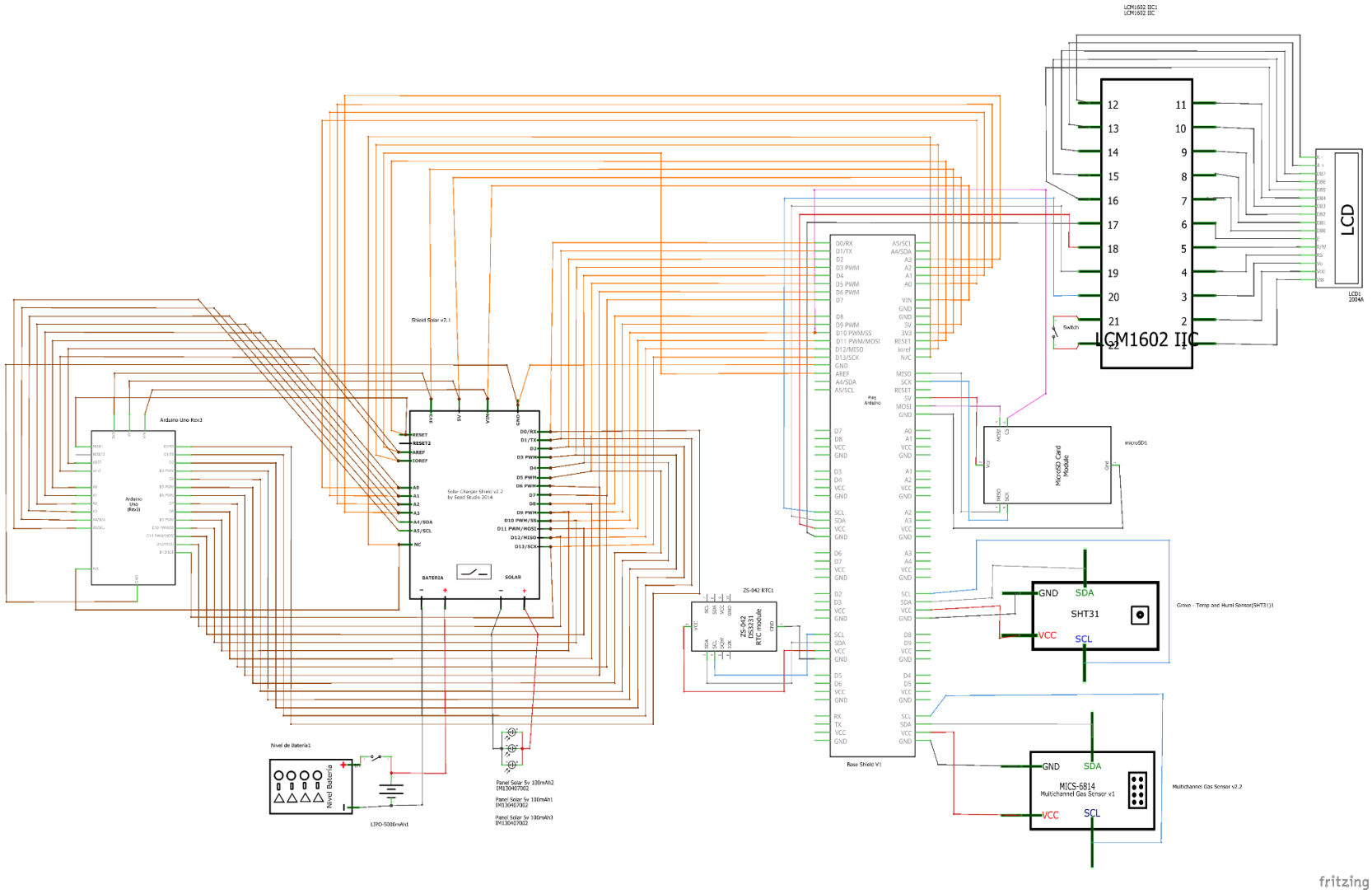
Anexo 3. Medidas generales del equipo y sus partes



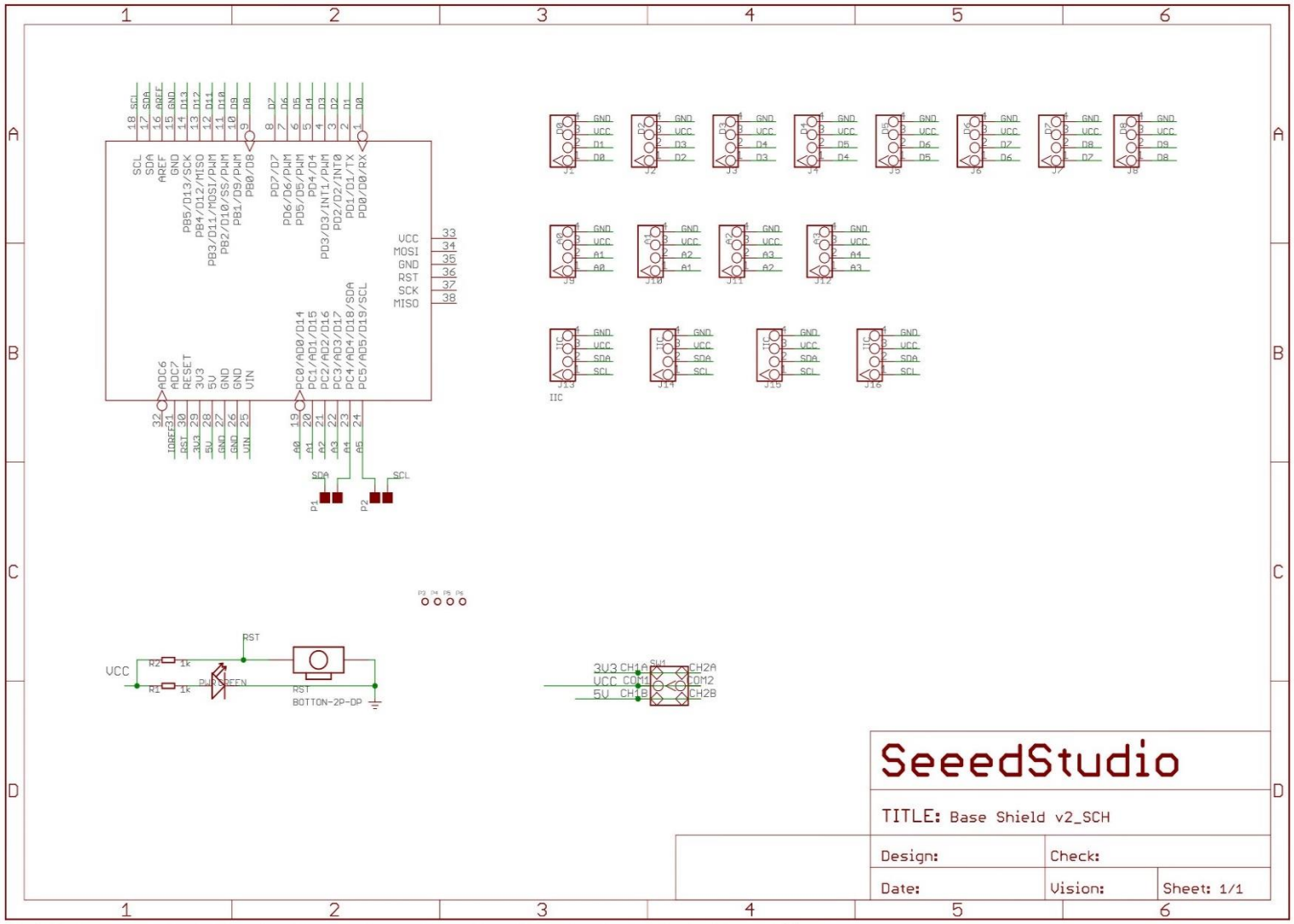

50,00mm
3,00mm
70,00mm
191,00mm
70,00mm
3,50mm
50,00mm
141,00mm
3,50mm
Vista Posterior
B
B (2 : 1)
45,00°
3,00mm
4,90mm
45,00°
191,00mm
93,80mm
83,80mm
3,50mm
5,00mm
3,50
Vista Lateral Derecha
Vista Superior
141,00mm
3,50mm
R3,00mm
5,00mm
3,50mm
50,00mm
1:2
Vista
Diagonal
Izquierda
Escala: 1:2
Autor: Juan Manuel Nuñez G.
Escala: 1:2
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE UCAYALI
Titulo: Tapa de Carcasa
Pieza: N° 2
2/3

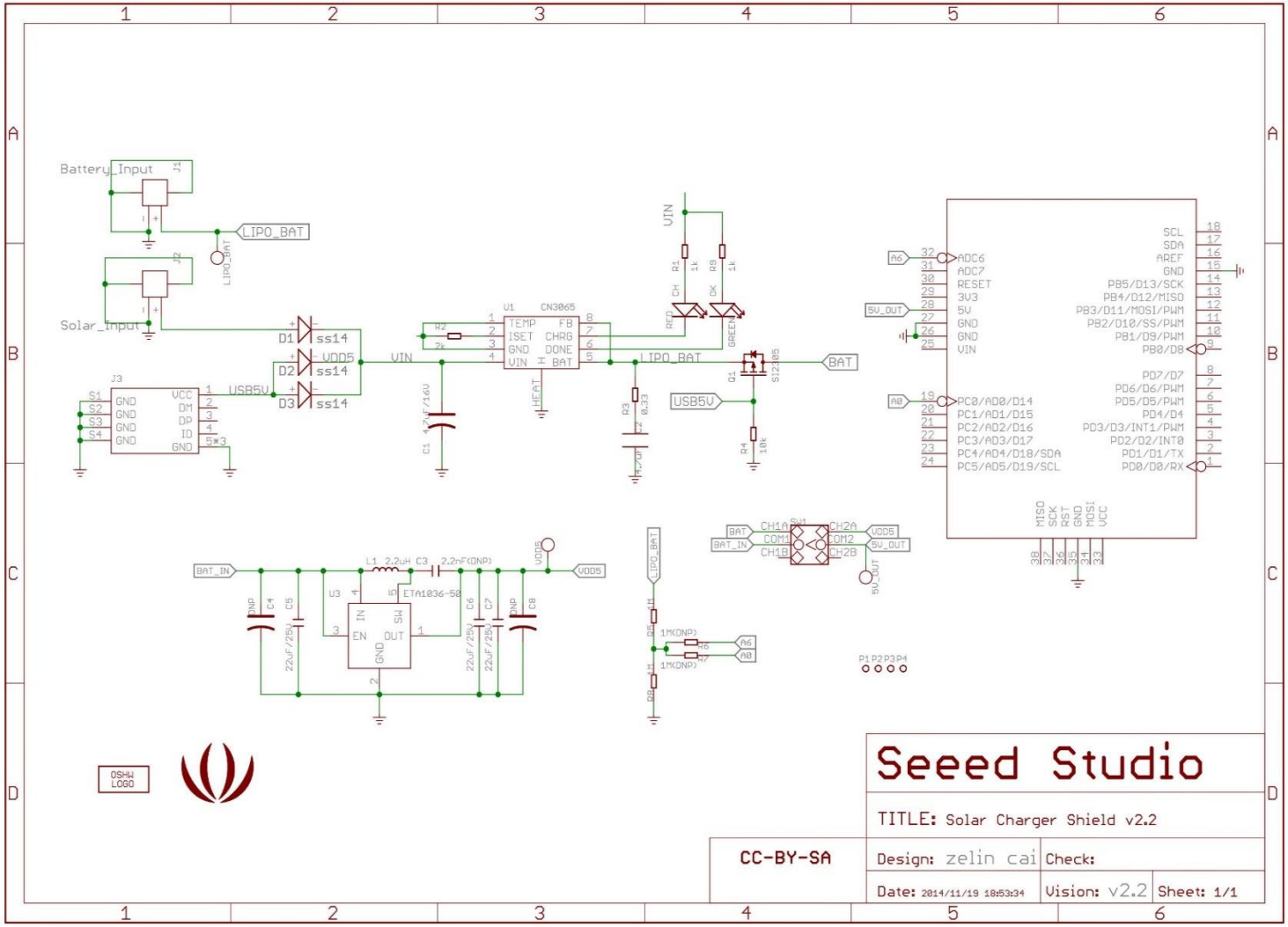

119,00mm
212,50mm
102,00mm
102,00mm
16,00mm
29,75mm
3,50mm
5,00mm
Vista Frontal
13,50mm
8,78mm
Vista Lateral Izquierda
29,00mm
29,00mm
212,50mm
R5,51mm
13,50mm
20,00mm
Vista Superior
Vista Diagonal Derecha
119,00mm
13,50mm
6,50mm
29,75mm
Complemento de la Base
1:2
1:2
Autor: Juan Manuel Nuñez G.
Escala: 1:2
UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Titulo: Base Solar
Pieza: N° 3
3/3

Anexo 4. Esquemático general de los componentes en el equipo

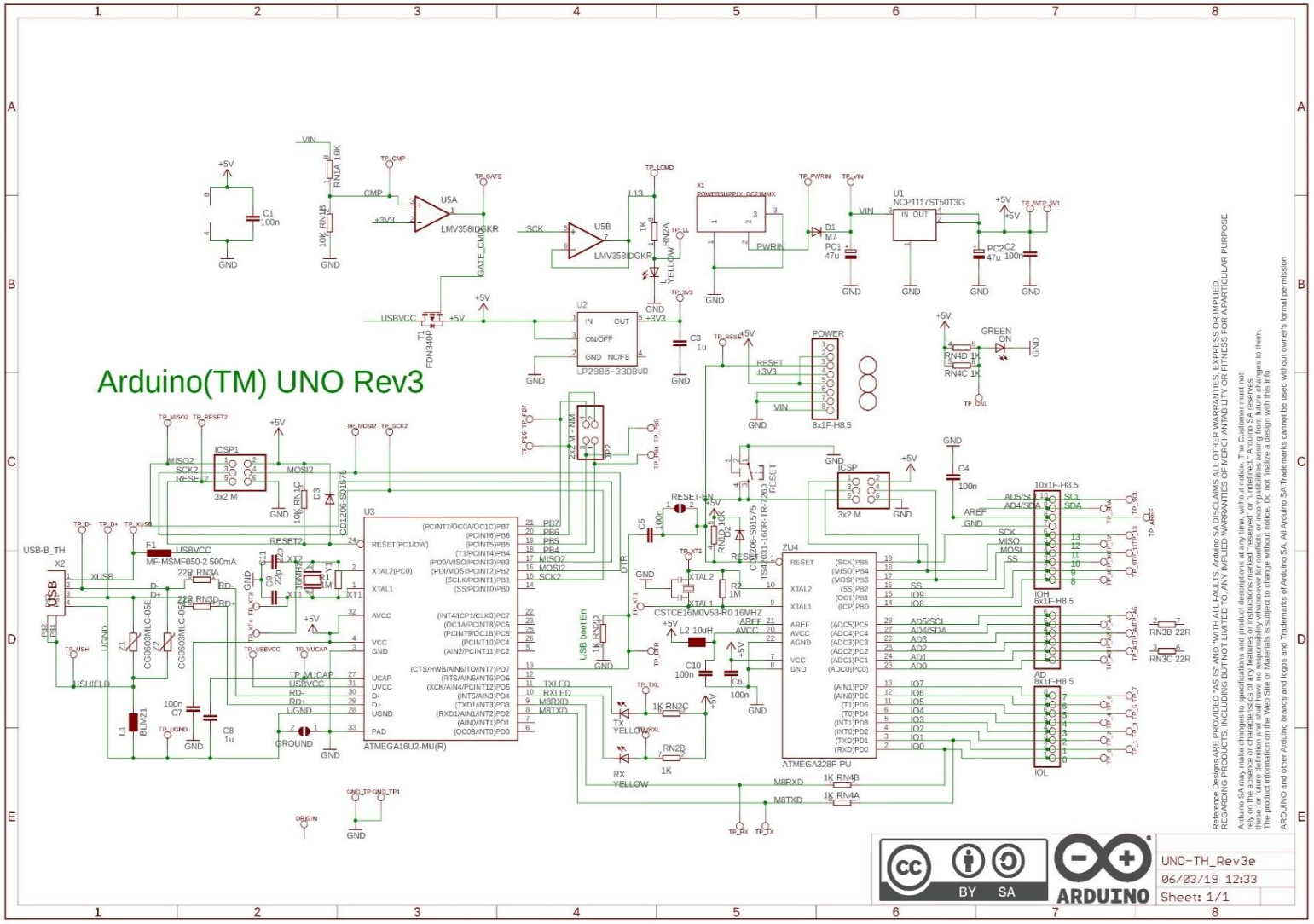


Anexo 5. Esquemático general de los shield y placa Arduino Uno Rev3





2017/2/9 14:29:16 C:\Users\asus\Desktop\Solar Charger Shield v2.2.sch (Sheet: 1/1)


Arduino(TM) UNO Rev3
ATMEGA16U2-MU(R)
ATMEGA328P-PU
LP2985-33DBVR
NCP1117ST50T3G
LMV358IDGKR
CSTCE16M0V53-R0 16MHZ
MF-MSMF050-2 500mA
UNO-TH_Rev3e
06/03/19 12:33
Sheet: 1/1
ARDUINO