



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE DESINFECCIÓN DE AIRE
RESPIRABLE POR LUZ ULTRAVIOLETA.”**

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
INDUSTRIAL**

Presentado por:

Alvia Alvarado Joe Bryan

Galarza Villamar John Andrés

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, que son pilares fundamentales en todos los logros obtenidos y por alcanzar. Este trabajo es un reconocimiento al amor incondicional y esfuerzo plasmado en un logro, no individual más bien, en equipo.

Joe Bryan Alvia Alvarado.

A mis padres que, gracias a su dedicación, amor, apoyo, consejos, esfuerzo, confianza y comprensión incondicional, brindada a lo largo de mi vida, me han ayudado a seguir por el camino en el que estoy ahora y por lo tanto a la culminación de este trabajo.

John Andrés Galarza Villamar.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres por nunca rendirse ante las adversidades de la vida y dar siempre todo por sus hijos. A mis hermanos, por ser ejemplos por seguir fomentando una competencia sana que nos impulsa a superarnos en todos los ámbitos. Y mis compañeros de cada semestre que ahora puedo llamarlos amigos y colegas.

Joe Bryan Alvia Alvarado

Agradezco a Dios, por mantenerme en el camino apropiado, a mis padres y hermanas por apoyarme durante mi vida, a Ginger por darme la motivación para continuar adelante, a mis profesores y mis compañeros, por darme ejemplo y enseñanzas nuevas cada día, las cuales trataré llevar a la practica en mi carrera y en mi vida, y agradezco a la vida misma por regalarme este tiempo en el que he aprendido tantas cosas.

John Andrés Galarza Villamar

DECLARATORIA EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Joe Bryan Alvia Alvarado* y *John Andrés Galarza Villamar* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Joe Bryan Alvia Alvarado



John Andrés Galarza Villamar

EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:

**DENNY DICK
CORTEZ
ALVAREZ**

MSc. Ing. Denny Dick Cortez Alvarez

PROFESOR DE LA MATERIA



Firmado electrónicamente por:

**RONALD
DAVID SOLIS**

MSc. Ing. Ronald David Solis Mesa

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El Coronavirus tipo 2, también denominado COVID – 19, es el responsable del síndrome respiratorio agudo grave, responsable de millones de pérdidas humanas alrededor del mundo, siendo principalmente las gotículas y partículas de aire infectadas el método de contagio más común. El método de protección más utilizado contra este virus es el uso de mascarillas filtrantes con una eficiencia máxima de hasta el 95% en condiciones ideales, sin embargo, un mal manejo, el deterioro, condiciones del entorno y la corta vida útil de las mismas influye mucho en su capacidad de protección, por lo cual se han investigado métodos más efectivos y fiables para obtener una mayor protección biológica ante este riesgo.

Los materiales y métodos usados en esta investigación se centraron en el diseño de una máscara facial y un equipo portátil para el procesamiento y desinfección del aire del entorno para uso personal, utilizando el método de desinfección por radiación ultravioleta para eliminar los microorganismos del aire procesado, además se usaron bombas de aire como método de absorción e intercambio entre el aire del entorno y el aire respirable del usuario, se clasificaron los procesos en un algoritmo de desinfección y se realizaron cálculos de autonomía energética para dicho proceso.

Como resultado obtuvimos el diseño digital y esquemático de un equipo capaz de procesar hasta trece litros por minuto de aire respirable, con una efectividad teórica superior al noventa por ciento en la eliminación del COVID – 19, y una autonomía de al menos ocho horas de uso continuo.

ABSTRACT

Coronavirus type 2, also called COVID - 19, is responsible for the severe acute respiratory syndrome, responsible for millions of human losses around the world, being mainly, infected air droplets and particles, the most common method of contagion. The most widely used method of protection against this virus is the use of filtering masks with a maximum efficiency of up to 95% under ideal conditions; however, poor handling, deterioration, environmental conditions and their short useful life greatly influence their protective capacity, so more effective and reliable methods have been investigated to obtain greater biological protection against this risk.

The materials and methods used in this research focused in the design of a facemask, and portable equipment for the processing and disinfection of ambient air for personal use, using the method of disinfection by ultraviolet radiation to eliminate microorganisms from the processed air. In addition, air pumps were used as a method of absorption and exchange between the ambient air and the breathable air of the user. The processes were classified in a disinfection algorithm, and energy autonomy calculations were performed for this process.

As a result, we obtained the digital and schematic design of an equipment capable of processing up to thirteen liters per minute of breathable air, with a theoretical effectiveness of more than ninety percent in the elimination of COVID-19, and an autonomy of at least eight hours of continuous use.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	VII
SIMBOLOGÍA	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
CAPITULO 1	1
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación del problema	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Marco teórico	4
1.3.1 Covid-19	4
1.3.2 Mascarillas	5
1.3.3 Métodos de desinfección	7
1.3.4 Técnicas de esterilización	9
1.3.5 Radiación UV	10
1.4.6 Radiación UVC	10
1.4.7 Aire respirable	11

1.4.8	Respiración humana	12
1.4.9	Volumen respiratorio	12
1.4.10	Controlador	13
1.4.10.1	Arduino UNO	13
1.4.10.2	Arduino IDE	15
1.4.11	Sensores	15
1.4.11.1	Sensor barométrico digital - BMP180	15
1.4.11.2	Sensor de dióxido de carbono y calidad de aire (CO ₂ eCO ₂ TVOC)	16
CAPITULO 2		18
2	METODOLOGÍA	18
2.1	Diseño de componente electrónico	18
2.1.1.	Convertidor reductor-elevador	19
2.1.2.	Transistores	20
2.1.3.	Bomba de aire	21
2.1.4.	Fuentes de desinfección UV-C	22
2.2	Repositorios de aire de entrada y salida	23
2.3	Repositorio de aire de principal	25
2.4	Intercambiador de aire y mascarilla	26
2.5	Algoritmo de programación y cálculo de carga	30
2.6	Diagrama de conexiones	32
2.6.1	Protocolo de comunicación de sensores.	33
CAPITULO 3		34
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.	34
3.1	Diseño de prototipo	34

3.2	Análisis de costos	39
3.3	Ficha técnica	41
CAPÍTULO 4		42
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
4.1	Conclusiones	42
4.2	Recomendaciones	43
BIBLIOGRAFÍA		44
ANEXOS		48
ANEXO A		48
ANEXO B		49
ANEXO C		50
ANEXO D		51
ANEXO E		52
ANEXO F		53
ANEXO G		54
MANUAL DE USUARIO Y MANTENIMIENTO.		55
INTRODUCCIÓN		1
INSTRUCCIONES DEL CORRECTO USO DEL EQUIPO		2
Instrucciones previas		2
Instrucciones de uso		2
Condiciones iniciales.		3
Inicio del ciclo		3
MANTENIMIENTO MECÁNICO		4
Recomendaciones generales		4
Mantenimiento preventivo		4

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL	5
Mantenimiento de la batería	5
Mantenimiento preventivo	5
Mantenimiento correctivo	5

ABREVIATURAS

OMS	Organización Mundial de la Salud
SARS	Síndrome Respiratorio Agudo Grave
MERS	Síndrome Respiratorio de Medio Oriente
UV	Ultravioleta
UV-C	Ultravioleta tipo C
I ₂ C	Circuito Inter-Integrado
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
ADC	Convertidor Analógico-Digital
DC	Corriente Directa
VRM	Volumen Respiratorio por Minuto
FR	Frecuencia Respiratoria
VC	Volumen de Corriente
CO ₂	Dióxido de Carbono
eCO ₂	Dióxido de Carbono equivalente
TVOC	Compuestos Orgánicos Volátiles Totales

SIMBOLOGÍA

nm	nanómetros
MHz	Mega Hertz
V	Voltio
A	Amperio
KB	Kilobyte
hPa	Hectopascal
mW	mili watts
mA	miliamperio
mL	mililitros
min	minutos
Joule/m ³	Joule sobre metro cubico
mJ/cm ³	mili Joule sobre centímetro cubico

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: HISTOGRAM OF PATIENTS ACCORDING TO AGE GROUPS AND CRUDE MORTALITY RATES.	4
FIGURA 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA EL CUIDADO DE LA POBLACIÓN DURANTE LA PANDEMIA.	5
FIGURA 3: CLASIFICACIÓN SEGÚN EL NIVEL DE DESINFECCIÓN.	7
FIGURA 4: EJEMPLOS DE DESINFECTANTES DE ALTO NIVEL	8
FIGURA 5: EJEMPLOS DE DESINFECTANTES DE MEDIANO NIVEL	8
FIGURA 6: TÉCNICAS DE ESTERILIZACIÓN	10
FIGURA 7: ARDUINO UNO	13
FIGURA 8: PANTALLA PRINCIPAL DE IDE DE ARDUINO.	15
FIGURA 9: SENSOR BAROMÉTRICO DIGITAL - BMP180	16
FIGURA 10: SENSOR DE DIÓXIDO DE CARBONO Y CALIDAD DE AIRE (CO ₂ eCO ₂ TVOC) ...	17
FIGURA 11: PARTES DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN DE AIRE.	18
FIGURA 12: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN DE AIRE.	19
FIGURA 13: REDUCTOR-ELEVADOR XL6009.....	20
FIGURA 14: TRANSISTOR DE POTENCIA TIP120.....	20
FIGURA 15: BLOQUE DE BOMBA DE AIRE GENERAL.	21
FIGURA 16: BLOQUE DE BOMBA DE AIRE DETALLADO.	21
FIGURA 17: BOMBA DE AIRE 15L/MIN DE DIAFRAGMA PARA USO MÉDICO WP3601-12D ...	22
FIGURA 18: UVC LED DE MONTAJE SUPERFICIAL - XST-3535-UV	22
FIGURA 19: RECIPIENTE PLÁSTICO DE 5 MIL CM ³	23
FIGURA 20: BLOQUE FUNCIONAL DEL REPOSITORIO DE AIRE DE ENTRADA.	24
FIGURA 21: BLOQUE FUNCIONAL DEL REPOSITORIO DE AIRE DE SALIDA.	24
FIGURA 22: BLOQUE DETALLADO DEL REPOSITORIO DE AIRE Y PANELES UVC LED.	25

FIGURA 23: VÁLVULA ANTIRRETORNO.	26
FIGURA 24: BLOQUE FUNCIONAL DEL REPOSITORIO PRINCIPAL.	26
FIGURA 25: BLOQUE DETALLADO DEL REPOSITORIO PRINCIPAL.	26
FIGURA 26: BLOQUE FUNCIONAL DEL INTERCAMBIADOR DE AIRE.	27
FIGURA 27: VÁLVULA DE AIRE CONTROLADA POR SOLENOIDE – NORMALMENTE CERRADA.	27
FIGURA 28: BLOQUE DETALLADO DEL INTERCAMBIADOR DE AIRE.	28
FIGURA 29: SIMULACIÓN DE RESPIRACIÓN PARA AIRE REUTILIZADO.	29
FIGURA 30: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE DESINFECCIÓN Y TRANSPORTE DE AIRE.	30
FIGURA 31: DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN DE AIRE.	32
FIGURA 32: EJEMPLO DE COMUNICACIÓN I ² C CON UN MAESTRO Y MÚLTIPLES ESCLAVOS.	33
FIGURA 33: PROTOTIPO DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN DE AIRE.	34
FIGURA 34: SIMULACIÓN SENSORES B180 CONTROLADOS POR ARDUINO Y MULTIPLEXOR.	35
FIGURA 35: VISTA FRONTAL DEL INTERIOR DE LA MALETA CON LOS COMPONENTES Y SUS RESPECTIVAS MEDIDAS.	36
FIGURA 36: DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES DENTRO DE LA MALETA.	37
FIGURA 37: VISTA LATERAL DERECHA DEL INTERIOR DE LA MALETA CON LOS COMPONENTES Y SUS RESPECTIVAS MEDIDAS.	37
FIGURA 38: VISTA SUPERIOR DEL INTERIOR DE LA MALETA CON LOS COMPONENTES Y SUS RESPECTIVAS MEDIDAS.	38
FIGURA 39: MASCARILLA FFP2 KN95.	40

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: EFECTOS DE OXÍGENO EN VARIAS CONCENTRACIONES.	12
TABLA 2: TABLA DE DOSIS DE UV NECESARIAS PARA LA DESACTIVACIÓN DE CORONAVIRUS	23
TABLA 3: PRESUPUESTO DE MATERIALES Y COMPONENTES PARA EL DESARROLLO DEL PROTOTIPO.	39
TABLA 4: FICHA TÉCNICA DEL PROTOTIPO PROPUESTO.	41

CAPITULO 1

1 INTRODUCCIÓN

A finales del año 2019 la Organización Mundial de la Salud (OMS) adoptó informes sobre botes de neumonía de causa desconocida en la ciudad de Wuhan, China. A inicios del año 2020, se identificó el Coronavirus (COVID – 19) como causa de la nueva infección. El coronavirus pertenece a un grupo de virus que pueden causar infecciones que van desde el resfriado común hasta enfermedades graves como la neumonía y el síndrome respiratorio agudo grave (SARS).

Este nuevo virus ha impactado negativamente la vida de millones de personas en Ecuador y en todo el mundo. Además, ha dejado decenas de miles de muertos, de los cuales según cifras oficiales superan los diez mil decesos y los cien mil contagios únicamente en Ecuador. Las contramedidas tomadas por varios gobiernos para la mitigación de contagios, entre ellas el distanciamiento social, han afectado en gran medida la economía mundial y calidad de vida en general, produciendo un aumento en la recesión económica en diversos países y aumentando las tasas de desempleo, lo cual ha creado un panorama económico desolador y poco optimista de recuperación para muchas empresas y muchos trabajadores a mediano o corto plazo, especialmente en países en vías de desarrollo como Ecuador y otros países Latinoamericanos.

Debido a esta pandemia, el uso de mascarillas se volvió obligatorio a la hora de realizar cualquier labor fuera del hogar. Las mascarillas filtrantes son las que presentan una mayor protección frente a este virus con un máximo de 95% de efectividad en condiciones ideales, sin embargo, el mal manejo, la manipulación y la sobreutilización o reutilización de las mismas, sobrepasando su tiempo de uso máximo recomendado de 6 a 8 horas afectaron gravemente la efectividad de las mismas, provocando contagios a pesar de dichas medidas de protección. Debido a esto, se presenta una alternativa con un nivel de protección mayor al 95% de efectividad, reutilizable y con un tiempo autonomía continua de 8 horas.

Descripción del problema

Entre las medidas de bioseguridad, para evitar el aumento de contagios en la población está el uso obligatorio de mascarillas de las cuales la mascarilla N95 es la más cotizada por los usuarios debido a que bloquean el 95% de las partículas de hasta 0.3 micras de diámetro, sin embargo, estas mascarillas no protegen contra gases, vapores o aerosoles, y son muy susceptibles a la saturación de sus fibras disminuyendo su efectividad frente a estos escenarios. [1]

Los fabricantes de mascarillas N95 recomiendan, si la mascarilla se daña, humedece o ensucia de manera notable debe ser desechada inmediatamente. Además, las horas de uso de estas mascarillas son de 2 a 6 horas. [2]

Las mascarillas N95 son de uso personal, en caso de reutilización se debe exponer la mascarilla a diferentes procesos, por ejemplo, radiación UV-C y uso de microondas, de esta manera se puede reutilizar la mascarilla hasta tres veces siempre y cuando las fibras se conserven sin daño físico por calor o humedad.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda desechar las mascarillas en contenedores adecuados, evitar la reutilización y no juntar con desechos reciclables domésticos debido a que son biopeligrosas. No obstante, desde el inicio de la pandemia, millones de mascarillas han acabado en las calles e incluso en el mar. El mal manejo de estos desechos podría desembocar en problemas ambientales en un corto plazo.

1.1 Justificación del problema

Debido a la escasez de insumos de protección, se tiene registrado que a inicios de la pandemia existieron más de 1500 profesionales de la salud, que ayudaban en la atención de pacientes con COVID-19, sufrieron un quebranto en su salud por no poder evitar el contacto directo con el virus. En el peor de los casos se anunció el fallecimiento de los profesionales de la primera línea de atención médica.

Esta escasez de mascarillas y demás elementos de protección ha llevado, en muchos casos, a que los profesionales deban adquirir sus propios insumos para así evitar la

exposición directa con el virus pero esto requiere un gasto adicional por parte de ellos. En consecuencia a la alta demanda de mascarillas, se produjo un incremento del 33% del valor normal. Una caja de 20 unidades de mascarillas N95 normalmente costaba \$22, su precio subió hasta \$60. [3]

La falta de mascarillas en farmacias y demás centros de salud obligo a los ciudadanos a buscar nuevas formas de protección para cumplir con las medidas de bioseguridad, las mascarillas industriales de marca 3M, se las encuentran comúnmente en las ferreterías, fueron el centro en la demanda. No obstante, estas mascarillas no son igual de efectivas para la protección como las N95. [4]

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de desinfección de aire respirable que minimice el riesgo de contagio del virus causante de la Covid-19 presente en el proceso de respiración de personas, tanto infectadas como sanas, a través de luz ultravioleta.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Investigar las propiedades y consecuencias de la Radiación UV-C para la eliminación de microorganismos.
2. Identificar el tiempo de acción y cantidad de radiación necesaria para eliminar el virus objetivo.
3. Eliminar el virus objetivo durante la respiración diseñando un sistema electrónico con tecnología UV – C.
4. Diseñar un prototipo de mascara para la reducción del contacto y emisión del virus causante de la covid-19.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Covid-19

La Covid-19 es un virus perteneciente a la familia de coronavirus recientemente descubierto a finales del 2019 cuyos síntomas van desde un resfriado común hasta síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS) y síndrome respiratorio agudo severo (SRAS). [5]

Las personas más propensas a contraer un cuadro grave debido a la COVID-19 son las personas mayores o con síntomas de diferentes afecciones [6], como, por ejemplo: hipertensión arterial, problemas cardiacos o pulmonares. No obstante, cualquier persona puede contraer esta enfermedad, ya sea de manera directa (en contacto con una persona contagiada) o de manera indirecta (debido a la exposición del virus en el ambiente). Es decir, para contraer esta enfermedad es necesario estar en contacto directo con el virus, el cual se propaga a través de las gotículas que se desprenden al toser, estornudar o hablar.

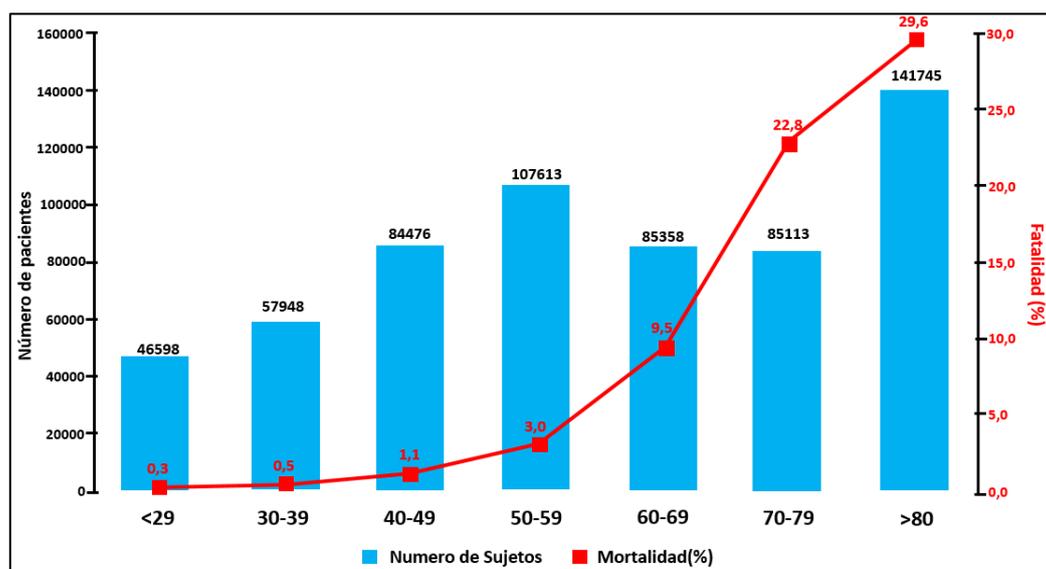


Figura 1: Histogram of patients according to age groups and crude mortality rates.

A mediados del 2020, se declaró este virus como pandemia por lo cual se tomaron diferentes medidas para el cuidado de la población entre estas medidas están:



Figura 2: Medidas de prevención para el cuidado de la población durante la pandemia.

1.3.2 Mascarillas

Entre las principales medidas de bioseguridad que se tomaron ante esta emergencia sanitaria, se tiene el uso obligatorio de mascarillas al momento de realizar actividades fuera del hogar para así minimizar la transmisión y contagio del virus. Es por este motivo que se ha producido un aumento en la demanda de mascarillas y se pueden clasificar en diversos tipos que van de un menor a un mayor nivel de protección.

- **Mascarillas caseras.**

Generalmente son de fabricación artesanal, normalmente de tela u otros materiales fibrosos o porosos de fácil adquisición que no están cualificados para brindar una protección respiratoria, debido a que no siguen las normal de calidad exigidas para la correcta filtración de micropartículas o gotículas que se encuentran en el aire, sin embargo, son las más económicas de fabricar y son de uso común para personas de bajos recursos económicos, siendo lavadas y reutilizadas en la mayoría de los casos.

- **Mascarillas quirúrgicas**

Son mascarillas de tipo no reutilizables que se encuentran enfocadas principalmente a personas sin síntomas y que no tengan acceso a mascarillas quirúrgicas de mayor protección. Este tipo de mascarillas no deben usarse por más de 4 horas y deben ser desechadas en bolsas de doble plástico y contenedores cerrados o de desechos biológicos.

Presentan un grado de protección limitado debido a que disminuyen la propagación de agentes infecciosos a través de la boca y nariz, y sirven de barrera frente a salpicaduras y gotículas, pero son efectivas en procedimientos generadores de aerosoles o macropartículas, debido a que el filtro no impide la penetración de partículas de tamaño inferior a una micra.

- **Mascarillas auto filtrantes o respiradores**

Los respiradores o llamados protectores respiratorios para material particulado, son mascarillas desarrolladas para la protección de las vías respiratorias en profesionales de diversas industrias incluyendo el área sanitaria, debido a que ofrecen un mayor nivel de protección al ser capaces de filtrar partículas de tamaño menores a una micra, sin embargo, para alcanzar su máxima eficacia en protección respiratoria se deben ajustar correctamente al rostro, evitando posibles filtraciones de aire a través de los bordes de dichas mascarillas.

Existen mascarillas o respiradores que poseen válvulas de salida de aire, este tipo no debe usarse en pacientes infectados debido a que dejan pasar libremente el aire exhalado.

La mascarilla de este tipo más utilizada es la mascarilla N-95, la cual posee la capacidad de filtrar el 95% de las partículas de tamaño inferior a 0.3 micras, por lo que ofrece una mayor protección en comparación a las mascarillas anteriormente mencionadas. [7]

1.3.3 Métodos de desinfección

Los procesos desinfectantes no eliminan necesariamente todas las formas de vida microbianas, como en el caso de la esterilización, donde se alcanza una completa muerte de las formas de vida microbiana, incluyendo hongos, bacterias y virus. La desinfección sirve para la eliminación de agentes patógenos reconocidos es decir existe una reducción del número de microorganismos contaminantes. [8]

Para seleccionar un desinfectante apropiado es necesario clasificarlos según su nivel de desinfección, es decir, el rango de actividad y efectividad sobre los microorganismos. En esta clasificación tenemos:



Figura 3: Clasificación según el nivel de desinfección.

Desinfectantes de alto nivel: este tipo de desinfectantes actúa sobre las formas más resistentes de vida dentro de los microorganismos como es el caso de los esporos bacterianos, de esta manera producen una esterilización química si el tiempo de acción sobre el microorganismo es el adecuado. La esterilización es rápida y efectiva.

Desinfectantes de Alto Nivel	Oxido de Etileno
	Formaldehido al 8% en alcohol 70%
	Glutaraldehido al 2%
	Perioxido de Hidrogeno

Figura 4: Ejemplos de desinfectantes de alto nivel

Desinfectantes de mediano nivel: este tipo de desinfectante no es capaz de destruir esporos, pero si gérmenes, hongos y virus no lipídicos.

Desinfectantes de Mediano Nivel	Compuestos clorados
	Compuestos iodados
	Compuestos fenolicos
	Alcoholes
	Clorohexidina

Figura 5: Ejemplos de desinfectantes de mediano nivel

Desinfectantes de bajo nivel: este tipo de desinfectantes no eliminan esporos, virus, ni lipídicos. Su utilidad es de uso doméstico.

1.3.4 Técnicas de esterilización

Destrucción de microorganismos mediante calor: Uno de los métodos más efectivos para eliminar microorganismos es mediante el uso de energía térmica, esta destruye los microorganismos de manera gradual según los niveles de energía utilizados, esta energía puede emplearse para esterilizar en forma de calor húmedo o calor seco.

Esterilización por radiación: Para la utilización de métodos de esterilización por medio de radiación se pueden aplicar varios tipos de radiación, como: ultravioleta, ionizante o rayos infrarrojos de alta energía sobre el área de desinfección.

La radiación ultravioleta produce daño y distorsión en la forma del ADN utilizando electrones con un alto nivel de energía y de alta frecuencia para la inhibición de la síntesis de ADN, destruyendo cadenas proteínicas de virus, bacterias u otros organismos.

Las radiaciones ionizantes pueden extraer electrones de sus orbitas debido a que la radiación incidente tiene suficiente energía para elevar el nivel energético de los electrones.

Los rayos infrarrojos pueden provocar energía vibratoria por lo que generan calor, y en un alto nivel energético puede ser tan efectivo como los métodos de esterilización por aplicación directa de calor.

Esterilización por filtración: Este método utiliza membranas compuestas por esteres de células biológicamente inertes conformando materiales con poros desde 0.025 micras a 25 micras de diámetro. Estos poros son lo suficientemente pequeños para detener la mayoría de las bacterias y partículas que se encuentran en el ambiente circundante.



Figura 6: Técnicas de esterilización

1.3.5 Radiación UV

La radiación ultravioleta, también conocida de manera abreviada como radiación UV, es la denominación dada a la radiación electromagnética con una longitud de onda que comprende entre los 10 nanómetros y los 400 nanómetros. Esta radiación se encuentra naturalmente como parte del espectro emitido en la luz solar, y tiene múltiples efectos en la salud dado que se considera en un espectro intermedio entre radiación ionizante y no-ionizante.

1.4.6 Radiación UVC

La radiación UVC se le considera al espectro electromagnético con menor longitud de onda u onda corta dentro del rango UV, entre los 100 y los 280 nanómetros (región

de absorción de lípidos y aminoácidos), y se considera la región de absorción más eficaz para la desinfección de hongos, virus y bacterias presentes en el aire. La región de onda corta UVC coincide con la necesaria para alcanzar y modificar el ARN y ADN (alrededor de 260 nm), y es por este motivo que se emplea ampliamente en métodos de desinfección comerciales e industriales, tanto para aire, agua o superficies de diversos materiales, sin embargo, hay factores de potencia y tiempo de exposición a tomar en consideración para la eliminación de patógenos específicos de manera efectiva.

1.4.7 Aire respirable

El aire respirable se considera a los gases constituyentes de la atmosfera, los cuales se encuentran naturalmente a nuestro alrededor y son esenciales para la vida en el planeta. La mezcla de gases se compone principalmente por un 21% de oxígeno, 78% de nitrógeno y 1% de otros gases. Estas concentraciones varían ligeramente según el ambiente circundante donde se mida la muestra, sin embargo, hay estándares mínimos para la calidad de aire adecuada para un ser humano y niveles de concentración de oxígeno mínimos aceptables en ambientes de trabajo, estipulados por normas internacionales, como la norma ANSI Z117 Concentraciones de Oxígeno Seguras, la cual denomina como atmosfera deficiente de oxígeno, a una atmosfera que contenga menos de 19.5% de oxígeno por volumen de aire, y una atmosfera enriquecida en oxígeno, a aquella que contenga más del 23.5% de oxígeno por volumen de aire. [9]

Tabla 1: Efectos de oxígeno en varias concentraciones.

CONCENTRACIÓN	EFEECTO
>23%	Enriquecimiento de oxígeno
20.90%	Concentración de aire normal
16%	Mínimo "nivel de seguridad"
16 - 12%	Primera señal o anoxia aparece
14 - 10%	Incremento de respiración y pulsaciones, coordinación muscular se deteriora ligeramente.
10 - 6%	Náuseas y vómitos, inhabilidad para moverse libremente y pérdida de conciencia pudiera ocurrir
<6%	Movimientos convulsivos y jadeos, detenimiento de la respiración

1.4.8 Respiración humana

La respiración humana para efectos prácticos de este estudio constará en las mediciones del volumen de aire y el oxígeno de aire consumido durante la inhalación y la exhalación de un ser humano promedio, tomando en cuenta las mediciones cuantitativas como:

Frecuencia Respiratoria (FR): Cantidad de respiraciones/min.

Volumen corriente (VC): Es el volumen de aire inspirado o espirado con cada respiración normal. El explorador dice al paciente: "respire tranquilamente". En un varón adulto es de unos 500 ml.

Volumen de reserva espiratoria (VRE): Es el volumen de aire que puede ser espirado en una espiración forzada después del final de una espiración normal. El explorador dice al paciente: "expulse la mayor cantidad de aire que usted pueda". En un varón adulto es de unos 1,100 ml. [10]

1.4.9 Volumen respiratorio

El Volumen Respiratorio por Minuto (VRM) estándar se calcula a partir de los datos promedios tomados de Frecuencia Respiratoria (FR) multiplicado por el Volumen

Corriente (VC), los datos estándar conocidos para los diferentes niveles de actividad para el ser humano son:

En Reposo: 12 respiraciones/min x 500 ml = 6,000 ml/min = 6 litros/min

En Movimiento: 12 – 15 litros/min

Ejercicio Máximo: 100-120 litros/min. [10]

1.4.10 Controlador

1.4.10.1 Arduino UNO

Denominada “UNO” por ser una placa robusta para iniciar en el mundo de la programación y electrónica, cuenta con un microprocesador extraíble basado en el ATmega328P y es la primera serie de placa USB Arduino.

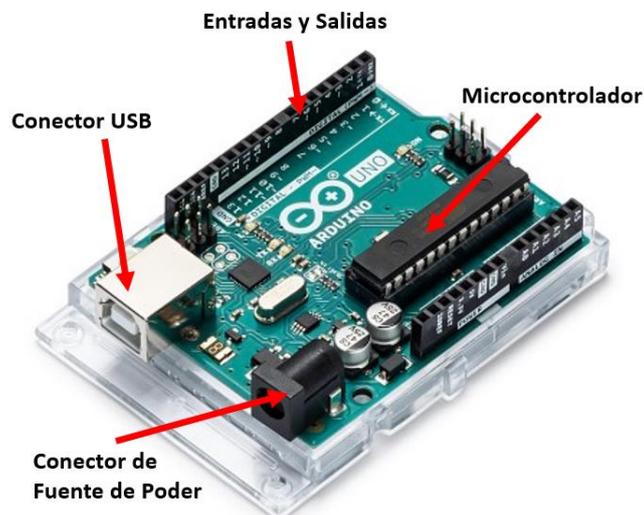


Figura 7: Arduino UNO

Algunas características de esta placa son:

- 14 pines de entrada/salida Digital.
- 6 salidas PWM (entre los 14 pines E/S)

- 6 entradas Analógicas
- Resonador cerámico de 16 MHz

Algunas características principales del microprocesador ATmega328P son:

- Es un microcontrolador de 8 bits de alto rendimiento y bajo consumo.
- Tensión de funcionamiento de 5V
- Arquitectura RISC avanzada
- 131 instrucciones
- 32 KB de memoria flash
- Un KB de EEPROM
- Dos KB de SRAM
- ADC de 8 canales y 10 bits
- Interfaz serial SPI maestro/esclavo
- Interfaz serial de 2 hilos (I²C)

Estas características fueron tomadas desde la página oficial del fabricante ARDUINO para la ficha técnica del modelo Arduino UNO [11]

1.4.10.2 Arduino IDE

Es el software empleado para realizar la escritura del código y posterior carga en la placa Arduino que deseamos utilizar, este software es de código abierto y se puede usar para cualquier placa Arduino. Fue desarrollado con un entorno amigable para usuarios principiantes en el tema de programación por lo cual se cataloga como intuitivo.

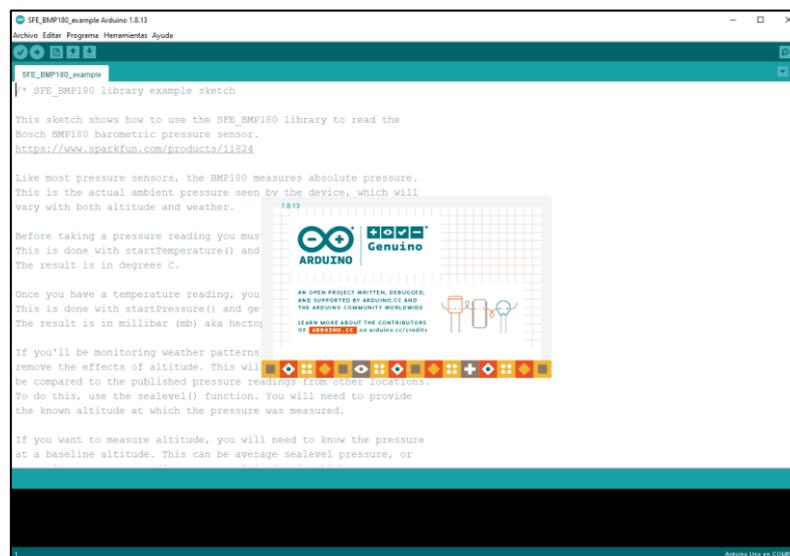


Figura 8: Pantalla principal de IDE de Arduino.

1.4.11 Sensores

1.4.11.1 Sensor barométrico digital - BMP180

El sensor BMP180 a utilizar, es un sensor de presión de alta precisión el cual mide la presión absoluta (es decir, barométrica) y al mismo tiempo la temperatura, de tal manera que así compensa errores en la medición de presión al discriminar la humedad y el viento. Está diseñado para ser conectado directamente al controlador por medio de dos cables usando el protocolo de comunicación I²C (Inter-Integrated Circuit) [12]

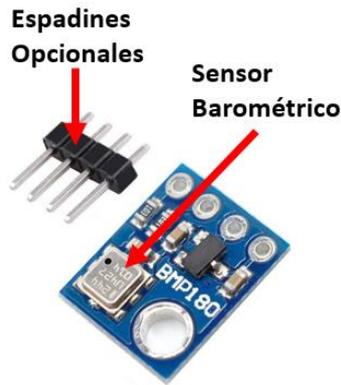


Figura 9: Sensor barométrico digital - BMP180

Algunas características del Sensor BMP180 se dictan a continuación:

- Interfaz Digital de dos cables (I₂C)
- Amplio Rango de medición de presión barométrica
- Ultra bajo consumo de energía
- Bajo Ruido
- Alimentación: 1.8 V – 3.6 V
- Rango de medición: 300 a 1100hPa (hectopascal)
- Medición de temperatura incluida en el dispositivo.

Estas características fueron tomadas desde la página del fabricante para la ficha técnica del sensor BMP180 [12] Ver anexo D.

1.4.11.2 Sensor de dióxido de carbono y calidad de aire (CO₂ eCO₂ TVOC)

Para realizar el monitoreo de la calidad del aire en el interior de los recipientes se utilizará el sensor de gas digital CCS811, el cual nos permite detectar una amplia gama de compuestos volátiles (COV) gracias a que tiene integrado un sensor de gas de oxido metálico (MOX), un convertidor analógico a digital (ADC) y una interfaz I₂C.

[13]

Este tipo de sensores nos permite conocer el nivel de CO₂ equivalente (eCO₂) y de compuestos orgánicos volátiles totales equivalentes (eTVOC) sin intervención del anfitrión por lo que es ideal para dar seguimiento a la calidad del aire en limpiadores y purificadores de aire.

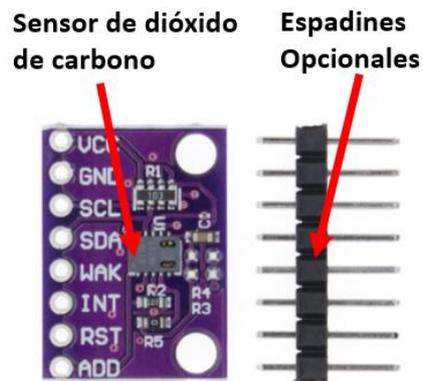


Figura 10: Sensor de dióxido de carbono y calidad de aire (CO₂ eCO₂ TVOC)

Algunas características del sensor CCS811 se dictan a continuación:

- Tensión de alimentación 1.8 a 3.6 V
- Interfaz I²C
- Consumo de energía 1.2 a 46 mW
- Rango de temperatura ambiente -40 a 85 grados C

Estas características fueron tomadas de la ficha técnica del sensor CCS811 del fabricante AMS [13] Ver anexo E.

CAPITULO 2

2 METODOLOGÍA

El diseño del sistema de desinfección de aire se basa principalmente en el uso de dos componentes principales, tal como observamos en la Figura 11, el primero es una mascarilla plástica hermética, la cual evita la entrada o salida del aire del ambiente y únicamente intercambia aire respirable con un repositorio esterilizado, la cual está conectada directamente al segundo componente, una mochila en donde se realiza el proceso de desinfección y donde se encuentra el repositorio de aire limpio, en este se encuentran todos los sensores, actuadores y demás componentes electrónicos que hacen posible el funcionamiento del sistema.



Figura 11: Partes del sistema de desinfección de aire.

2.1 Diseño de componente electrónico

El diseño de este conjunto de componentes se ha considerado con el objetivo de obtener un producto que sea pequeño, portátil, con una alta durabilidad, un alto nivel de confiabilidad y que sea cómodo para su uso.

Como se observa en la Figura 12, este contenedor está conformado por los diferentes sensores, actuadores y repositorios de aire que realizan la operación de desinfección y abastecimiento continuo de aire para el usuario. Funcionando con tres contenedores de aire, tres conjuntos de bombas de aire de entrada, aire limpio y aire de salida,

además de dos grupos de luces UV, tres sensores barométricos, un medidor de calidad de aire, y todos estos sistemas manejados por un controlador electrónico y alimentados por una fuente de energía recargable, todo esto con el propósito de purificar un máximo de consumo de 13 Litros/Minuto.

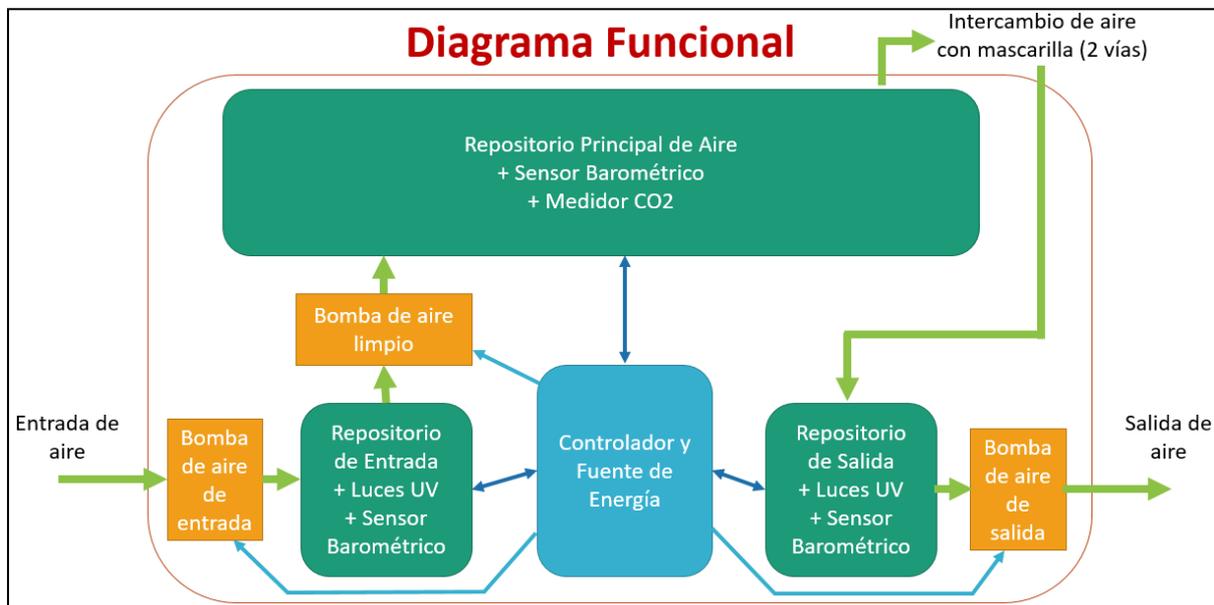


Figura 12: Diagrama de bloques del sistema de desinfección de aire.

2.1.1. Convertidor reductor-elevador

Este convertidor DC-DC como su nombre lo indica, permite transformar el nivel de voltaje a otro de mayor o menor nivel, de tal manera que podemos obtener un voltaje de salida superior al voltaje de entrada o un voltaje de salida menor al voltaje de entrada, según se requiera el caso. [14]

Usamos el convertidor Reductor-Elevador XL6009, ya que este dispositivo entrega en su salida un valor de voltaje constante sin importar las variaciones en la entrada o las cargas, con un limitante de corriente de 2 Amperios para la carga. Lo usamos generalmente en nuestro circuito para mantener los voltajes de entrada de 12 V, 6.5 V o 5 V, según sean necesarios, cumpliendo las funciones de encender las luces Led UV-C, estabilizar las bombas de aire, o alimentar al controlador principal, cuando el nivel de voltaje de la batería se reduzca durante su uso el nivel de voltaje con el que se alimentan las bombas o demás dispositivos siga siendo constante.

Este convertidor es ideal para nuestra aplicación debido a que soporta corrientes de salida de hasta 2 A, un voltaje de entrada de 3.5 V hasta 32V y un voltaje de salida entre 1.25 a 35 V.



Figura 13: Reductor-Elevador XL6009

2.1.2. Transistores

Utilizamos transistores en nuestro sistema para controlar de manera indirecta, desde nuestro controlador Arduino, para el encendido y apagado de los actuadores (luces Led, Bombas de aire y solenoides) de tal manera que, para encender estos actuadores, enviamos una señal de control (desde nuestro controlador) a estos transistores que sirven como switch de encendido o apagado para cada actuador. Debido a que deseamos accionar bombas, utilizamos el transistor de potencia TIP120 diseñado para aplicaciones de amplificación y de conmutación de baja velocidad a media potencia, soporta una corriente de colector de hasta 5 A DC.

TRANSISTOR TIP120 NPN

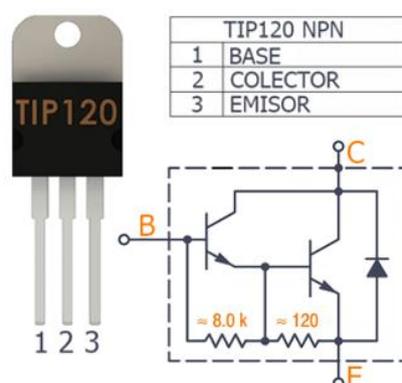


Figura 14: Transistor de potencia TIP120

2.1.3. Bomba de aire

Los módulos de Bomba de aire de entrada, Bomba de aire limpio y Bomba de aire de salida, son tres módulos que deben manejar un mínimo de capacidad de flujo de aire de 45 Litros/Minuto según los datos calculados en literales posteriores en este documento, por lo cada módulo cuenta con 3 bombas de diafragma con capacidad de 13 a 15 Litros/Minuto, y 3 módulos Buck-Boost con capacidad de 2 amperios por motor. Las tres bombas por modulo están diseñadas para unir sus flujos de aire individuales de 15 Litros/Minutos, sumando el total de 45 Litros/Minuto requerido para el diseño, propuestos de la siguiente manera:

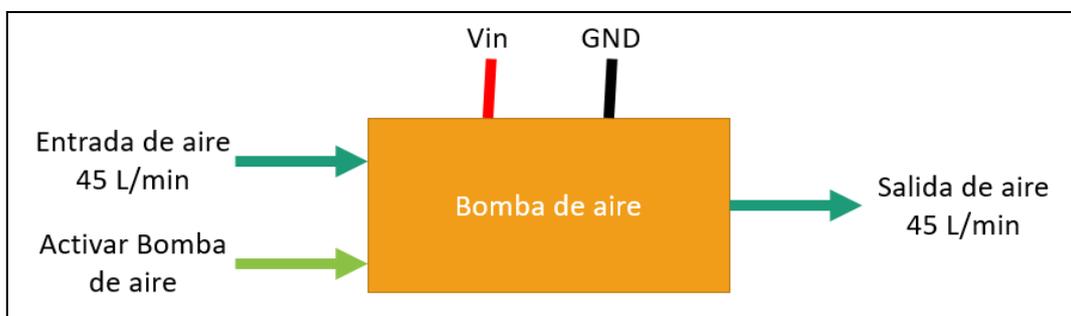


Figura 15: Bloque de bomba de aire general.

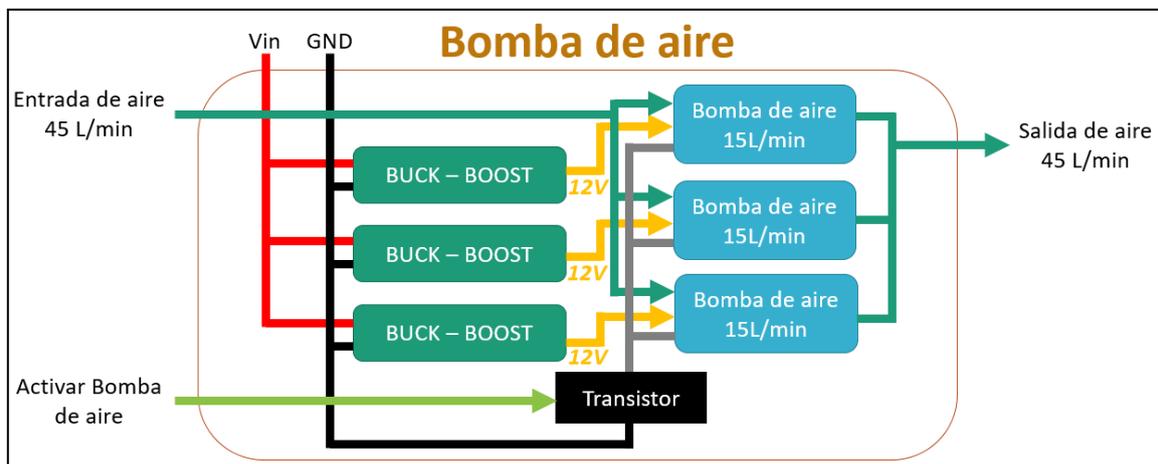


Figura 16: Bloque de bomba de aire detallado.

Para las bombas de aire individuales de 15 Litros/minuto conectadas en paralelo, se considera utilizar la bomba de modelo WP3601 (Figura 17), ver anexo F, ya que cumple los requisitos de flujo de aire, con una corriente máxima de 2 amperios a máxima capacidad de 80 kPa. de presión. cumpliendo con la capacidad de corriente

máxima de cada módulo BUCK – BOOST utilizado, lo cual daría una carga máxima de 6 Amperios a la fuente en cada módulo de bomba de aire de 45 Litros/minuto a una presión de 80 kPa, sin embargo, según nuestras necesidades no utilizaremos la capacidad de flujo a presión máxima para cada bomba.



Figura 17: Bomba de aire 15L/min de diafragma para uso médico WP3601-12D

2.1.4. Fuentes de desinfección UV–C

Se utilizaron luces UV-C tipo Led en con una longitud de onda entre 270 nm y 280 nm, con una potencia irradiante de salida entre 8 y 12 mW, y una corriente de consumo máxima de 100 mA a 6.5 voltios, teniendo una potencia máxima de consumo 650 mW por cada LED UV–C utilizado. Ver anexo G



Figura 18: UVC Led de montaje superficial - XST-3535-UV

Utilizando datos obtenidos por estudios avalados en la empresa Austriaca Best Water Technology, conocemos que la potencia irradiante promedio para la inactivación de diferentes tipos de Coronavirus es 67 Joule/m³ o 67 mJ/cm³, como se muestra en la Tabla 2, y conociendo que la potencia irradiante de los UVC Led tienen una potencia

irradiante máxima de 12 mW, usando la ecuación 1, donde W es trabajo, P es potencia y t es tiempo, podemos calcular que el tiempo necesario de exposición para alcanzar la dosis necesaria de desinfección, donde t debe ser de 5.6 segundos.

$$W = P * t \quad (1)$$

Dados los riesgos que representa este virus, para efectos prácticos consideramos un margen de seguridad del 70% debido redondeamos el valor de tiempo de exposición a 8 segundos.

Tabla 2: Tabla de dosis de UV necesarias para la desactivación de Coronavirus

Microbio	D ₉₀ dosis J/m ²	UV k m ² /J	Pares de bases kb	Fuente
Coronavirus	7	0.35120	30741	Walker 2007 ^a
Berne virus (Coronaviridae)	7	0.32100	28480	Weiss 1986
Murine Coronavirus (MHV)	15	0.15351	31335	Hirano 1978
Canine Coronavirus (CCV)	29	0.08079	29278	Saknimit 1988 ^b
Murine Coronavirus (MHV)	29	0.8079	31335	Saknimit 1988 ^b
SARS coronavirus CoV-P9	40	0.5759	29829	Duan 2003 ^c
Murine coronavirus (MHV)	103	0.02240	31335	Liu 2003
SARS coronavirus (Hanoi)	134	0.01720	29751	Kariwa 2004 ^d
SARS coronavirus (Urbani)	241	0.00955	29751	Darnell 2004
PROMEDIO	67	0.0343		
^a (Jingwen 2020)	^b (estimated)	^c (mean estimated)	^d (at 3 logs)	

2.2 Repositorios de aire de entrada y salida

Los repositorios de aire para el proyecto propuesto son recipientes plásticos flexibles de alta resistencia con una capacidad de volumen de 5 litros o 5,000 cm³, con medidas de ancho y alto de 32.8 cm y 30 cm respectivamente, y un tamaño de profundidad máximo de 5.1 cm en su máxima capacidad.



Figura 19: Recipiente plástico de 5 mil cm³

Los repositorios de entrada y de salida, mostrados en las ilustraciones 13 y 14, los cuales contienen repositorios de aire combinados al sistema de desinfección propuesto con luces UVC LED, para esto se plantea utilizar 16 leds de tipo UVC repartidos uniformemente entre las dos caras planas de los repositorios de aire, conociendo que cada cara es de un material plástico transparente con un área aproximada de 984 cm², esto reparte la carga de potencia irradiante de cada UVC LED aproximadamente a 61.5 cm² por cada LED, y dado que cada cara contiene 8 LED existirán puntos de coincidencia de luz ultravioleta de varias de las fuentes de luz. Para optimizar las fuentes de luz, maximizar la uniformidad de la luz en todo el volumen utilizado, y evitar el escape de dicha luz al exterior, se propone cubrir ambos repositorios con un material de alta refracción. Además, cada repositorio contiene un sensor barométrico el cual indica si el repositorio está lleno o vacío.

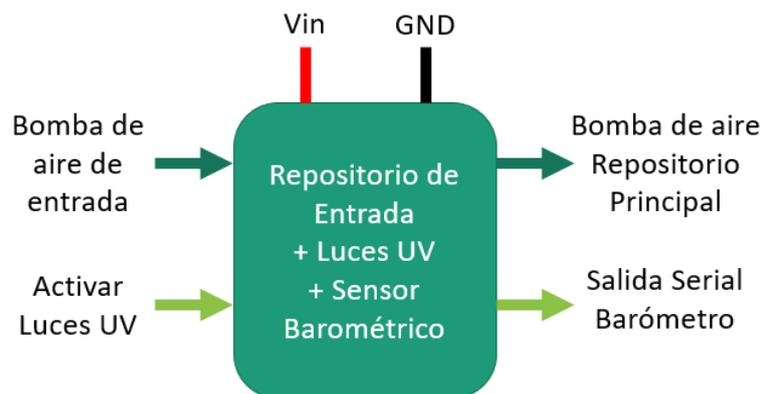


Figura 20: Bloque funcional del repositorio de Aire de Entrada.

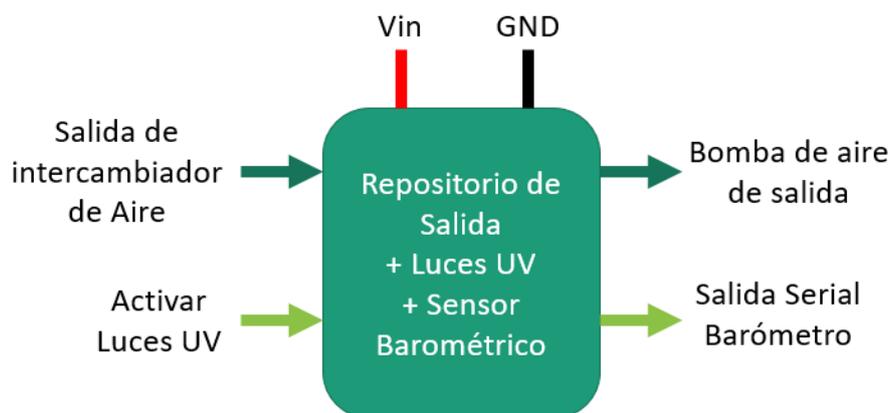


Figura 21: Bloque funcional del repositorio de Aire de Salida.

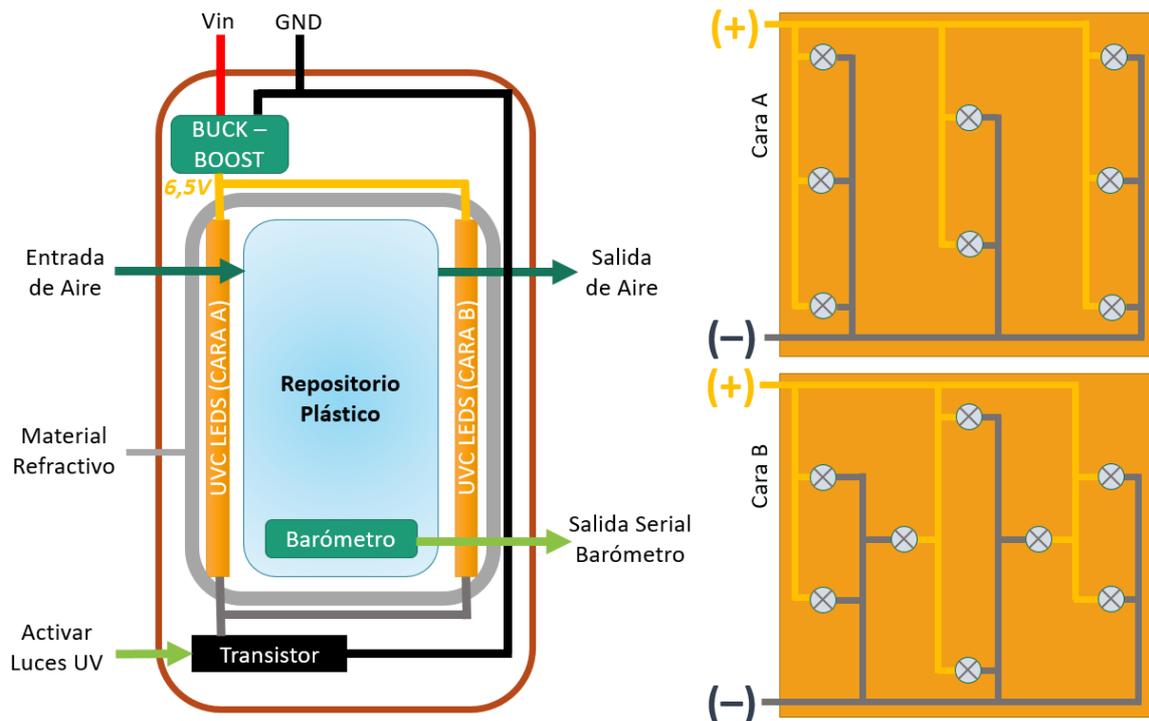


Figura 22: Bloque detallado del repositorio de aire y paneles UVC LED.

2.3 Repositorio de aire de principal

El repositorio de aire principal es aquel que contendrá en todo momento una cantidad de aire limpio, el cual ha pasado previamente por el repositorio de entrada y ha sido desinfectado por el tratamiento de dosis ultravioleta. Este repositorio nunca debe quedarse sin aire por lo cual contiene una reserva de 2 litros adicional a los 5 litros de aire procesados provenientes del repositorio de entrada, esta reserva debe estar en un repositorio no flexible ni compresible, con las mismas medidas que los otros repositorios 32.8 cm de alto, 30 cm de ancho, con la diferencia de tener 2 cm fijos de profundidad, para hacer un volumen total de $2,000 \text{ cm}^3$ o 2 litros, además cuenta con dos sensores, un sensor barométrico, el cual mide los valores de presión del recipiente para indicar al controlador si el recipiente está lleno o vacío, y un sensor de calidad de aire, el cual mide valores de Dióxido de Carbono (CO_2) y otros gases contaminantes (eCO_2 y TVOC) como método de seguridad para comprobar que el aire utilizado se encuentre en niveles seguros para su uso, estos sensores son ubicados dentro del contenedor plástico expandible el cual se conecta a través de una válvula anti retorno, mostrada en la Figura 23, hacia el contenedor rígido, el cual contiene tiene dos salidas hacia el intercambiador de aire conectado a la mascarilla de oxígeno, tal como se muestra en la Figura 24 y 25.



Figura 23: Válvula antirretorno.

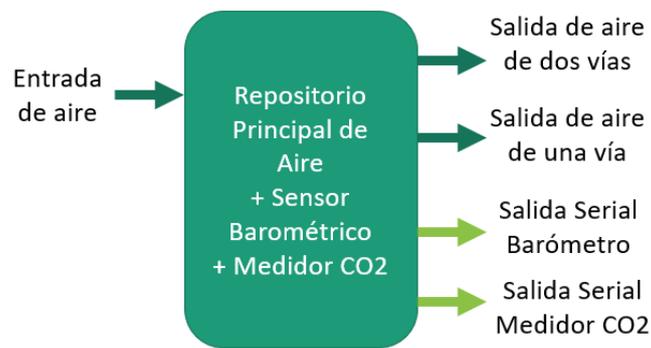


Figura 24: Bloque funcional del repositorio principal.

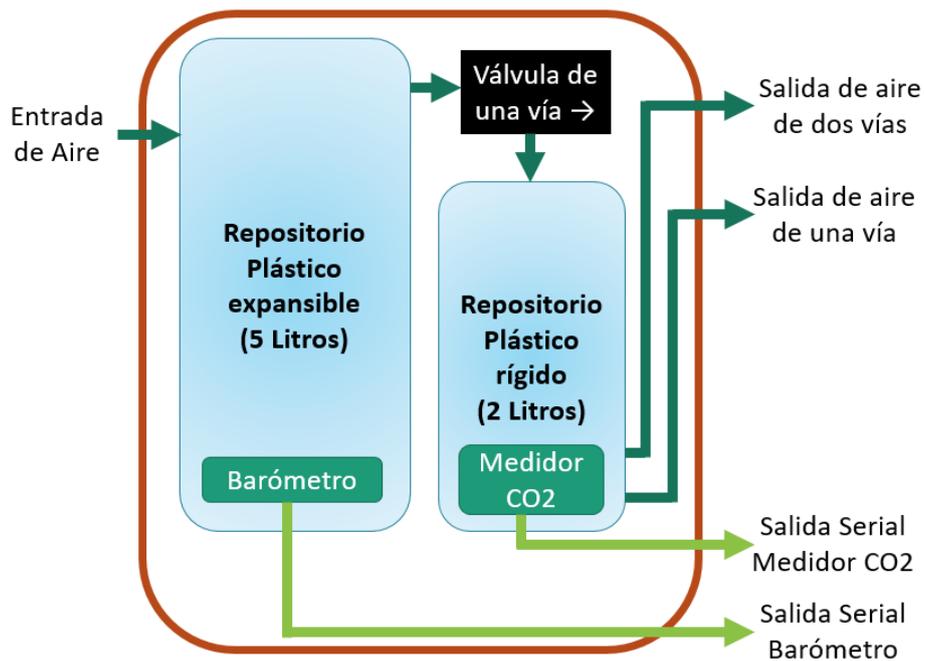


Figura 25: Bloque detallado del repositorio principal.

2.4 Intercambiador de aire y mascarilla

El intercambiador de aire es el sistema encargado de suministrar oxígeno al usuario proveniente del repositorio principal, este cuenta con tres vías, como se muestra en la Figura 26, una vía de entrada/salida controlada por un solenoide, mostrado en la Figura 27, y una segunda vía únicamente de entrada, ambas provenientes del

repositorio principal, y una tercera vía únicamente de salida, la cual se conecta al repositorio de salida, estas controlan el flujo de aire suministrado al usuario, donde la vía de entrada/salida controlada por el solenoide permite la reutilización del aire del repositorio principal, esta se encuentra normalmente cerrada y únicamente es utilizada por cortos periodos de tiempo cuando se produce llenados o vaciados de los repositorios conectados a este bloque.

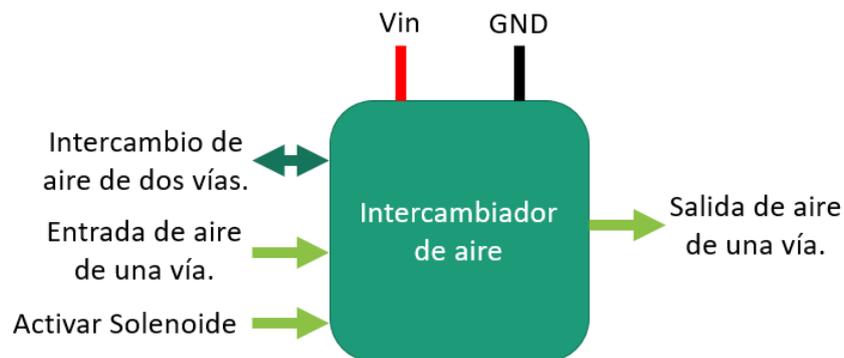


Figura 26: Bloque funcional del intercambiador de aire.

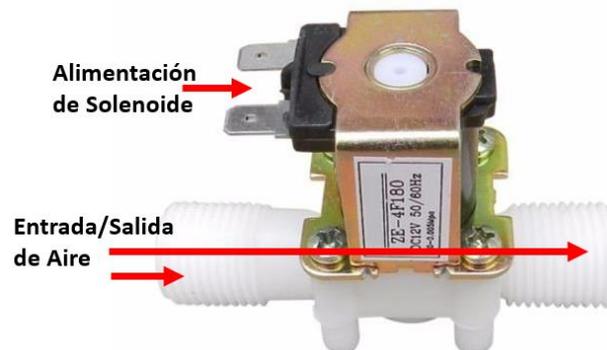


Figura 27: Válvula de aire controlada por solenoide – Normalmente cerrada.

Intercambiador de aire

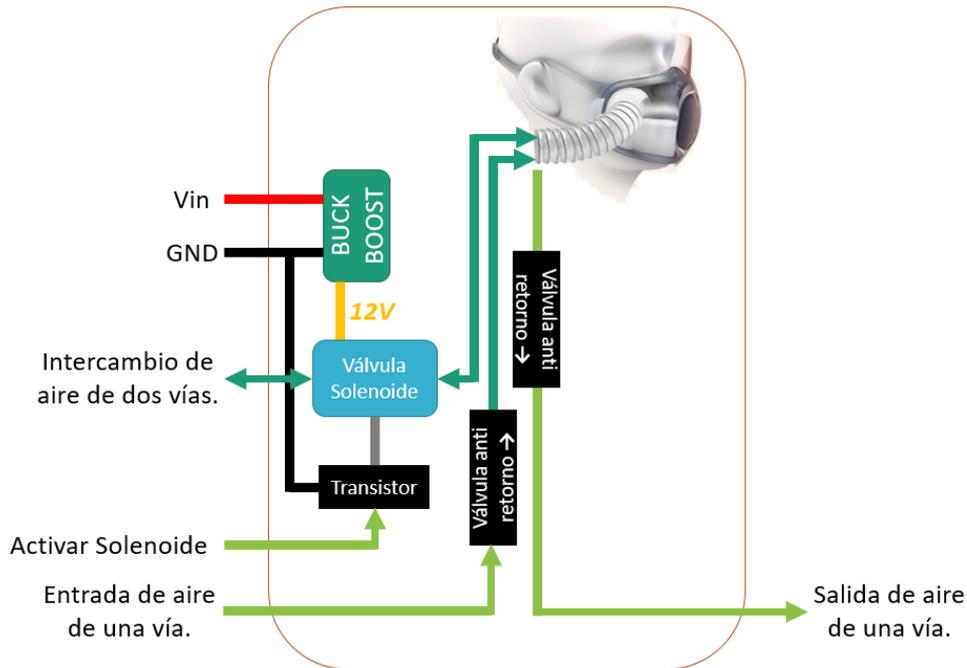


Figura 28: Bloque detallado del intercambiador de aire.

El intercambiador de oxígeno tiene dos vías en direcciones opuestas para la entrada y salida, esto se debe a que el aire inhalado debe provenir del repositorio principal y el aire exhalado debe ingresar al repositorio de salida, sin embargo, cuenta con una conexión de aire redundante de dos vías la cual es controlada por un solenoide y permanece normalmente cerrada, en caso de ser activada está permite que el usuario respire reutilizando 2 litros del aire del repositorio principal, esto solo está disponible por pocos segundos cuando el sistema ingresa nuevo aire procesado al repositorio principal o cuando el repositorio se está vaciando, siendo un tiempo conocido y calculado previamente de 6.7 segundos. Este tiempo de reutilización de aire provoca una caída temporal en las concentraciones de oxígeno para el usuario, las cual podemos calcular a través de la ecuación 2, donde V_{rm} es el volumen respiratorio por minuto, V_c es el volumen corriente y Fr la frecuencia respiratoria.

$$V_{rm} = V_c * Fr \quad (2)$$

Para calcular la frecuencia respiratoria máxima, conociendo que el Volumen corriente es de 500 mililitros y el Volumen respiratorio por minuto máximo para el sistema propuesto es de 13 Litros/minuto, reemplazando y despejando en la ecuación 3, obtenemos una frecuencia respiratoria de 26 respiraciones/minuto.

$$\frac{V_{rm}}{V_c} = Fr \quad (3)$$

Una vez calculada la frecuencia respiratoria en movimiento moderado, podemos calcular cuánto baja la concentración de oxígeno en un tiempo de 6.7 segundos, para esto debemos conocer cuántas respiraciones se producen en dicho tiempo utilizando una regla de tres simple, conociendo que en 60 segundos se producen 26 respiraciones, podemos calcular que en 6.7 segundos se producen aproximadamente 3 respiraciones. Usando un algoritmo de Matlab podemos calcular la variación de concentración de oxígeno al reutilizar 2 litros de aire para 3 respiraciones. Este algoritmo considera los datos conocidos como la concentración inicial del oxígeno en el aire a 21%, y una concentración final de 13.9% luego de ser exhalado, siempre tomando el Volumen Corriente (VC) para un valor de 500 mililitros, reutilizando el volumen total de un recipiente de 2 litros, logramos obtener los resultados mostrados en la Figura 29, teniendo la primera inhalación una concentración total de 21% de oxígeno, la segunda inhalación bajando a una concentración de 19.23%, y la última una concentración de 17.89%, siendo valores seguros por un breve momento y únicamente al momento de intercambio de oxígeno entre contenedores internos. Al finalizar el proceso de carga o descarga el sistema de reutilización vuelve a su estado originalmente cerrado y ambas válvulas de carga y descarga para inhalación y exhalación continúan su funcionamiento para suministrar oxígeno al usuario en concentraciones normales.

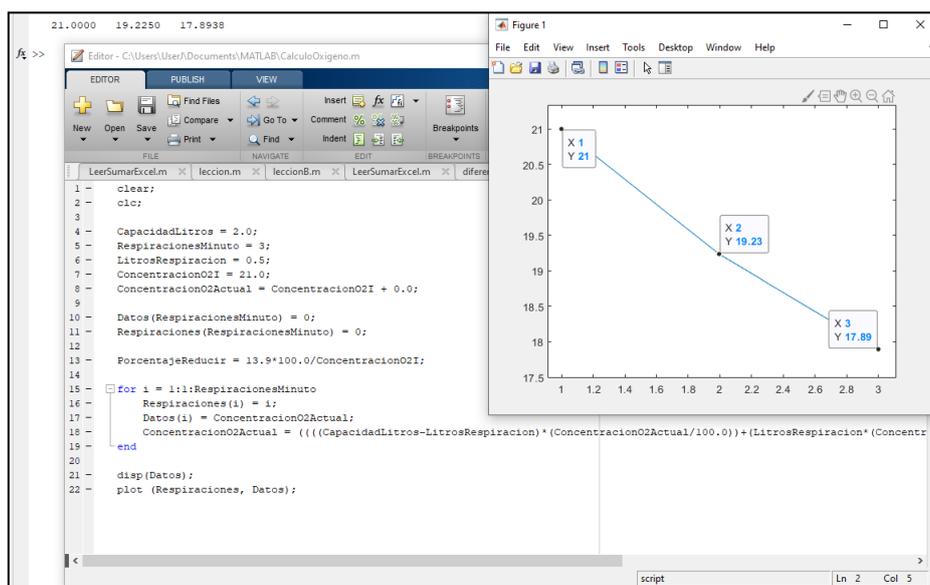


Figura 29: Simulación de respiración para aire reutilizado.

2.5 Algoritmo de programación y cálculo de carga

Para realizar la programación del controlador del sistema, se creó un diagrama de flujo en el que se muestra los pasos a seguir para realizar el proceso de desinfección y transporte de aire dentro de cada uno de los repositorios. Para esto consideramos el inicio como el encendido del equipo, existen dos ciclos de llenado y desinfección del repositorio al momento de iniciar, controlado por un contador (i), como se muestra en la Figura 30, esto garantiza que además de existir aire limpio en el repositorio principal, existe una reserva de aire limpio, para llenar el siguiente ciclo de cambio de aire, después de este proceso inicial existe un bloque de espera que estará en un bucle de comprobando que el repositorio de entrada esté lleno, que el repositorio principal no esté vacío o que la salida no esté llena, sin embargo, teóricamente la salida nunca se llenará, ya que se aprovecha el tiempo de llenado (6.7 segundos) para además vaciar el tanque de salida al mismo tiempo que se aprovecha este tiempo para desinfectar dicho aire.

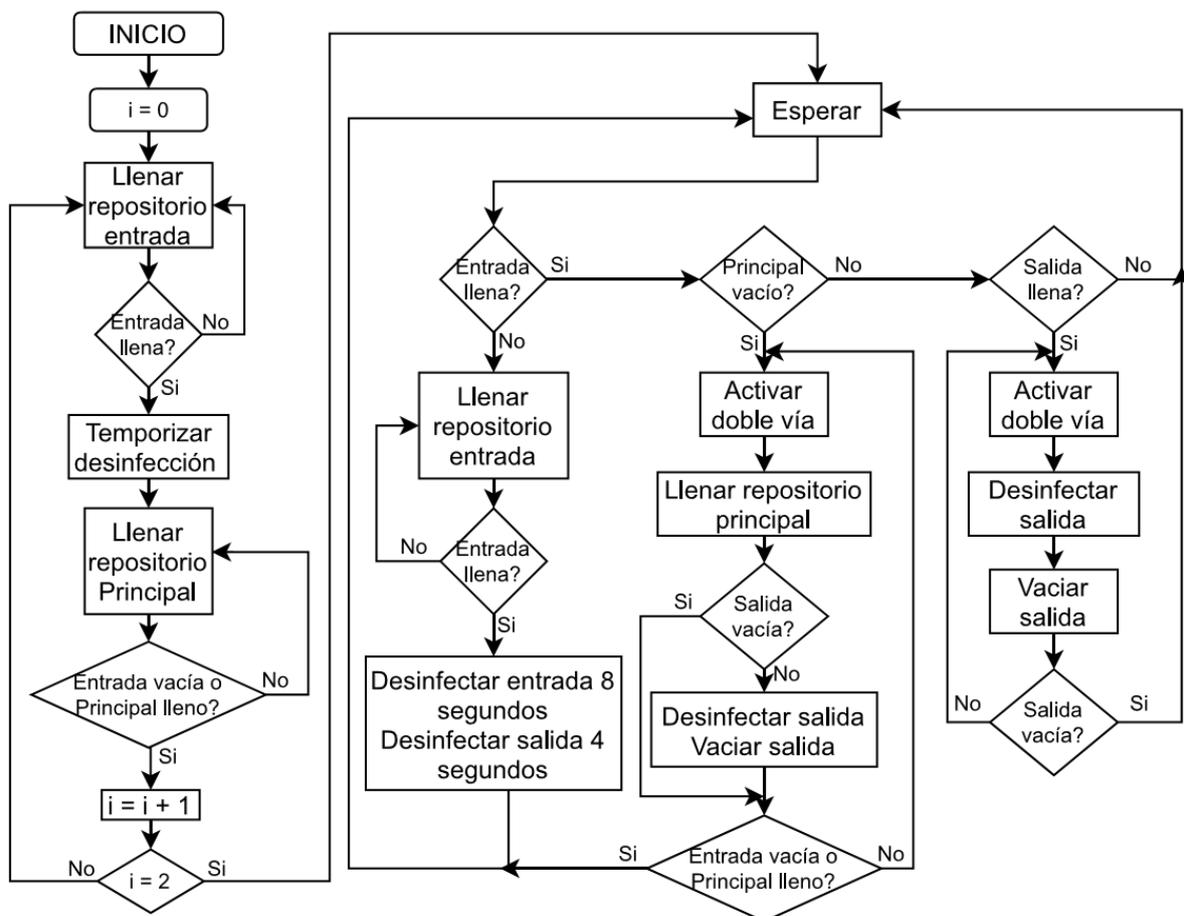


Figura 30: Diagrama de flujo del proceso de desinfección y transporte de aire.

Una vez obtenido el diagrama de flujo del sistema podemos tabular los procesos con sus respectivos consumos en amperios y agruparlos en ciclos, véase en el anexo A. En esta tabulación consideramos un Volumen Respiratorio por Minuto (VRM) de 13 litros por minuto, por lo que un ciclo respiratorio es considerado el tiempo que el usuario consume los 5 litros del repositorio principal, usando una regla de tres simple, podemos calcular que el tiempo de consumo de 5 litros toma aproximadamente 23 segundos, este tiempo dentro de cada ciclo se lo usa también para llenar el repositorio de entrada y desinfectar el aire de entrada para la siguiente carga del repositorio principal, posterior a consumir completamente los 5 litros del repositorio principal, el usuario procede a consumir los dos litros de reserva durante 6.5 segundos del proceso de carga del repositorio principal, el cual también se aprovecha para desinfectar y vaciar el repositorio de salida; la suma de ambos procesos completan un ciclo de 29.5 segundos, el cual para fines prácticos de cálculo se redondeó a 30 segundos, y el cual se repetirá indefinidamente mientras se encuentre energizado.

Para el cálculo de tiempo de autonomía se tomó como muestra un ciclo, considerando que las bombas de aire siempre funcionaran a media carga, siendo que en el proceso de vaciado y llenado no llegaran a cargas completas de 80 kPa para su flujo máximo, y dado que todos los componentes usan un voltaje diferente a la fuente, la corriente utilizada por cada dispositivo fue reflejada hacia el lado de la fuente; tomando las corrientes reflejadas se les asignó un porcentaje según el tiempo en que se usa dicha carga con respecto al tiempo total del ciclo muestreado, y sumando estas cargas multiplicadas por sus respectivos porcentajes de uso dentro de un ciclo logramos obtener la Corriente promedio por ciclo, donde dicha corriente será la corriente promedio para un consumo de 13 Litros/Minuto por parte del usuario. Con los datos conocidos de Amperios Hora de la batería (15Ah) y la corriente promedio de la fuente consumida por el sistema (1.67A), se usó una regla de tres inversas, logrando calcular el tiempo de autonomía de la batería, el cual resultó de 8.99 Horas. El tiempo de autonomía puede ser recalculado para otros valores de Batería y otros valores de Volumen Respiratorio por Minuto (VRM), como por ejemplo llevando el tiempo de espera entre la carga y desinfección del repositorio de entrada y la carga del repositorio principal a un valor de 0, usando un VRM de 20 litros/minuto, la batería tendría una autonomía de 6.93 horas, véase en el anexo B, o con una autonomía de 10.64 horas para un VRM de 10 litros/minuto, véase en el anexo C.

2.6 Diagrama de conexiones

Para el correcto funcionamiento del circuito, se realizó la conexión del sistema de acuerdo con la Figura 31, en donde observamos todos los sensores y actuadores además del controlador (Arduino) con los diferentes niveles de tensión de acuerdo con los que necesita cada componente.

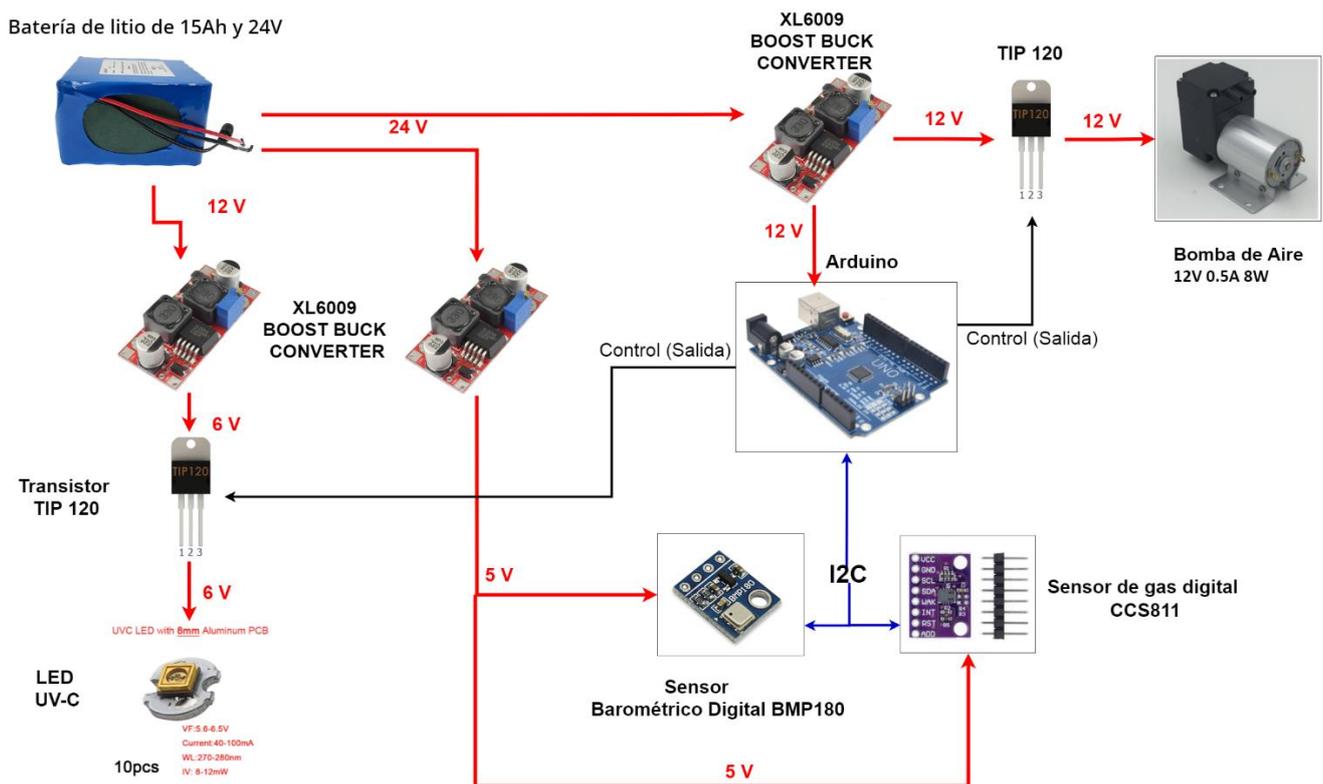


Figura 31: Diagrama de conexiones del sistema de desinfección de aire.

2.6.1 Protocolo de comunicación de sensores.

De acuerdo con la Figura 32, los sensores (barométrico y de calidad de aire) se comunican con el Arduino a través del protocolo de comunicación I²C.

I²C, abreviatura de Inter-IC, significa Circuito Inter Integrado (Inter-Integrated Circuit), es un estándar de comunicación maestro-esclavo entre diferentes dispositivos con un bus que permite múltiples maestros. Dicho estándar requiere dos líneas de señal denominadas SCL (System Clock) y SDA (System Data) además de un común o masa(GND). La comunicación de este protocolo es en serie y de manera síncrona en donde la señal SCL marca el tiempo y la señal SDA permite el intercambio de datos. [15]

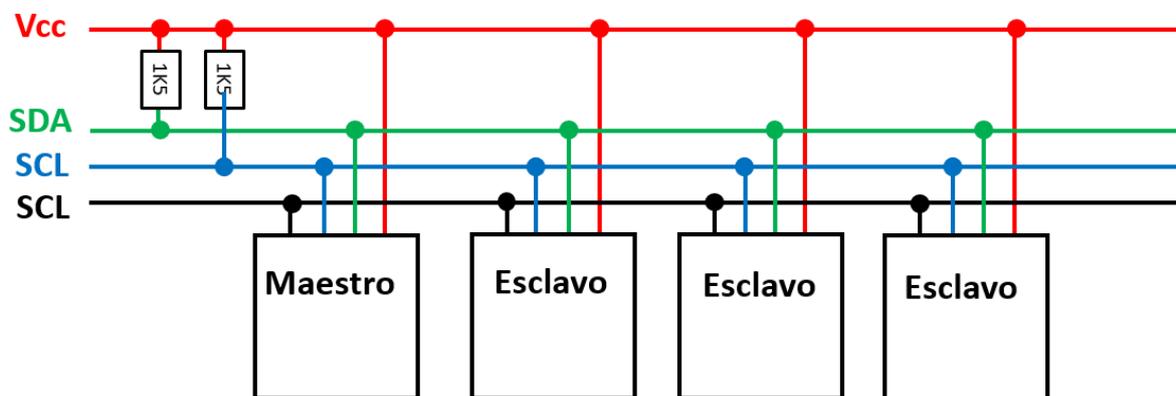


Figura 32: Ejemplo de comunicación I²C con un maestro y múltiples esclavos.

CAPITULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.

3.1 Diseño de prototipo

Se diseñó una estructura portátil que permite el fácil traslado del sistema, sin riesgo al daño de componentes, y sin riesgo de exposición a radiación UV hacia el usuario; se realizó un diseño para ubicar todos los componentes dentro de una caja que puede ser transportada en una maleta de la que sale una tubería con las tres vías de intercambio de aire de la mascarilla, la cual permite el intercambio de aire con el sistema, tanto para la inhalación o la exhalación de aire o los otros procesos explicados en capítulos anteriores; las mangueras que ingresan y expulsan aire desde los repositorios al entorno o viceversa se encuentran fijos en la maleta a los costados de la misma, en un lado la entrada de aire, y al otro la salida.



Figura 33: Prototipo del sistema de desinfección de aire.

Para el diseño conceptual del controlador usando la tarjeta Arduino UNO, se usaron las librerías SFE_BMP180.h y Wire.h, aquellas que controlan la comunicación de los tres sensores barométricos, combinando esto a través de un multiplexor analógico, 4051 como se muestra en la Figura 34, el cual nos permite a través de un simple código controlar los tres sensores barométricos, como se muestra en la Figura 35, usando un contador digital de 3 bits en tres salidas digitales, para controlar hasta 8

sensores, sin embargo para fines aplicativos únicamente se usan tres sensores, los cuales, pueden detectar si un tanque se ha llenado o vaciado, según la presión absoluta medida, siendo esta mayor 100 Pa. cuando el tanque se llena y siendo menor a 0 cuando esta se vacía por medio de succión; datos que se pueden observar en la Figura 36.

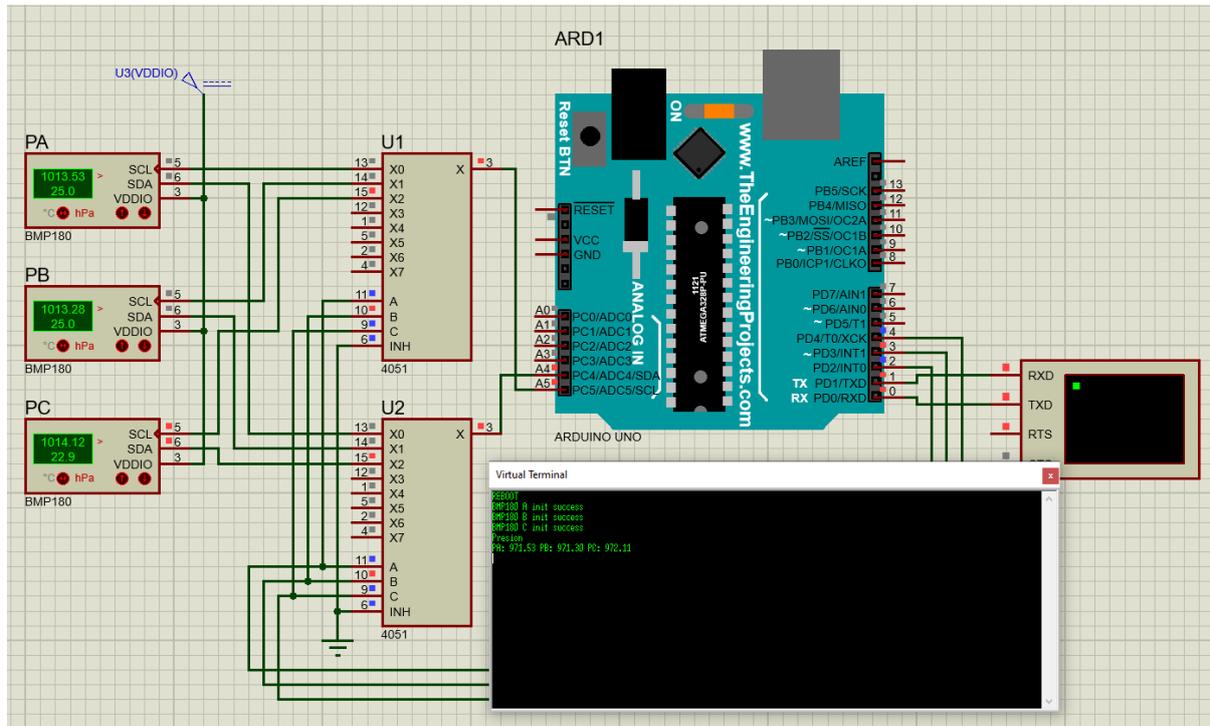


Figura 34: Simulación sensores B180 controlados por Arduino y multiplexor.

```

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("REBOOT");

  pinMode(D0, OUTPUT);
  pinMode(D1, OUTPUT);
  pinMode(D2, OUTPUT);

  SetearA();

  if (presion.begin()) { Serial.println("BMP180 A init success"); }
  else { Serial.println("BMP180 A init fail\n\n"); while(1); }

  SetearB();

  if (presion.begin()) { Serial.println("BMP180 B init success"); }
  else { Serial.println("BMP180 B init fail\n\n"); while(1); }

  SetearC();

  if (presion.begin()) { Serial.println("BMP180 C init success"); }
  else { Serial.println("BMP180 C init fail\n\n"); while(1); }
}

```

Figura 35: Código para barrido de tres sensores.



Figura 36: Medidas para tres sensores barométricos BMP180.

En las siguientes ilustraciones mostramos el interior del contenedor para todos los componentes y materiales que hacen posible la desinfección del aire circundante a través de luces UV. Las medidas que deben tomarse a en cuenta para crear una estructura de 40 x 35 x 26 cm, son el conjunto de medidas de los componentes por separado que se han mostrado en capítulos anteriores.

La Figura 37 muestra la vista frontal del interior de la mochila con los componentes electrónicos y mecánicos, como podemos observar se encuentran distribuidos los motores de cada recipiente de manera uniforme, además de las diferentes mangueras que ingresan a cada uno de los repositorios de aire. Creamos un espacio en la parte inferior de la caja en donde colocamos todos los componentes electrónicos de control, a excepción de los sensores y luces UV-C que se encuentran en el interior de los recipientes.

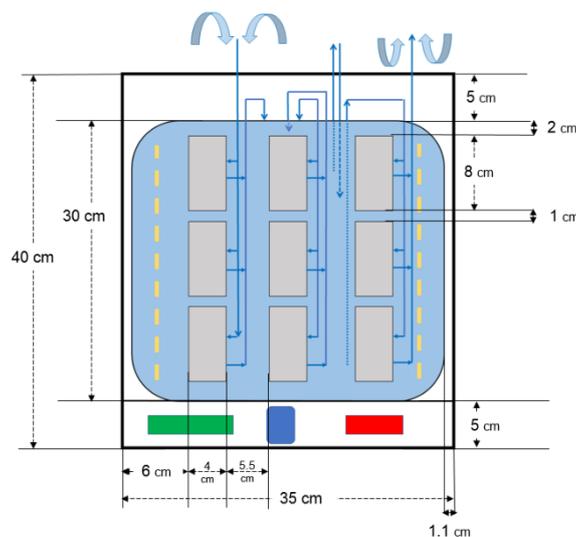


Figura 37: Vista frontal del interior de la maleta con los componentes y sus respectivas medidas.

Para un mejor entendimiento de la distribución de los componentes, la Figura 38 nos muestra a que componente o conjunto de componentes corresponde cada símbolo.

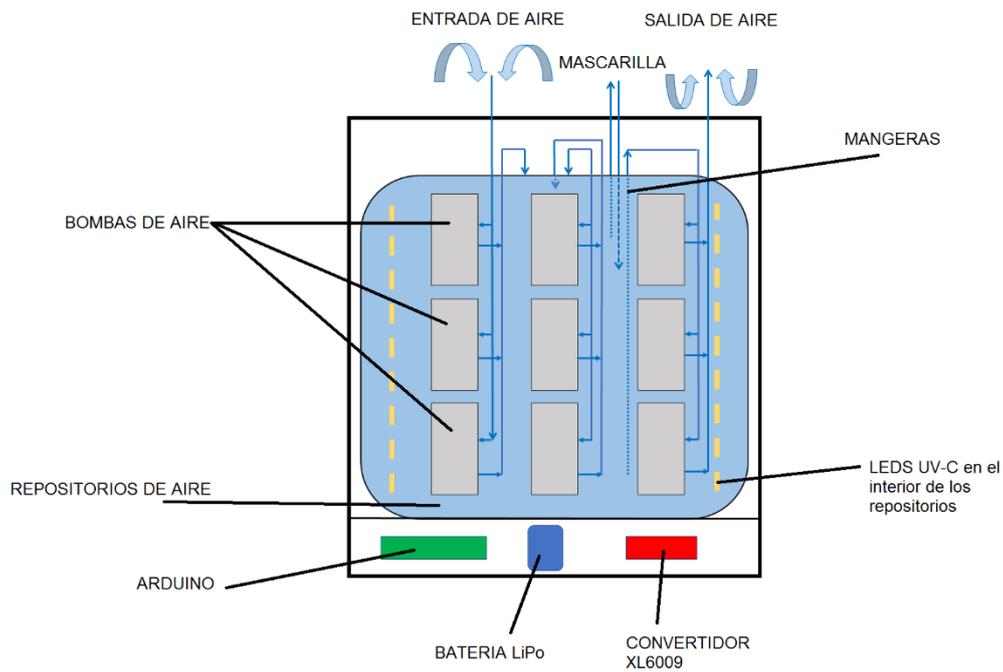


Figura 38: Distribución de componentes dentro de la maleta.

La Figura 39 nos muestra la vista lateral derecha de nuestro diseño con sus respectivas dimensiones, con sus respectivas medidas.

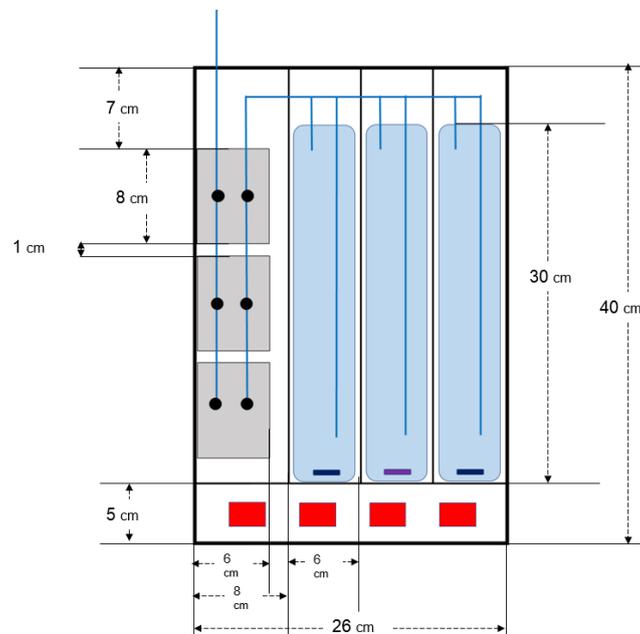


Figura 39: Vista lateral derecha del interior de la maleta con los componentes y sus respectivas medidas.

La Figura 40 nos muestra la superior de nuestro diseño con sus respectivas dimensiones, por lo que cabe recalcar que los 3 componentes inferiores en la figura corresponden a las bombas de aire organizadas en una matriz de 3 x 3, junto a un espacio adicional para la válvula solenoide utilizada en el sistema. Este arreglo nos permite conservar suficiente espacio para que los componentes puedan trabajar libremente y sin chocar los unos con los otros incluso en movimiento.

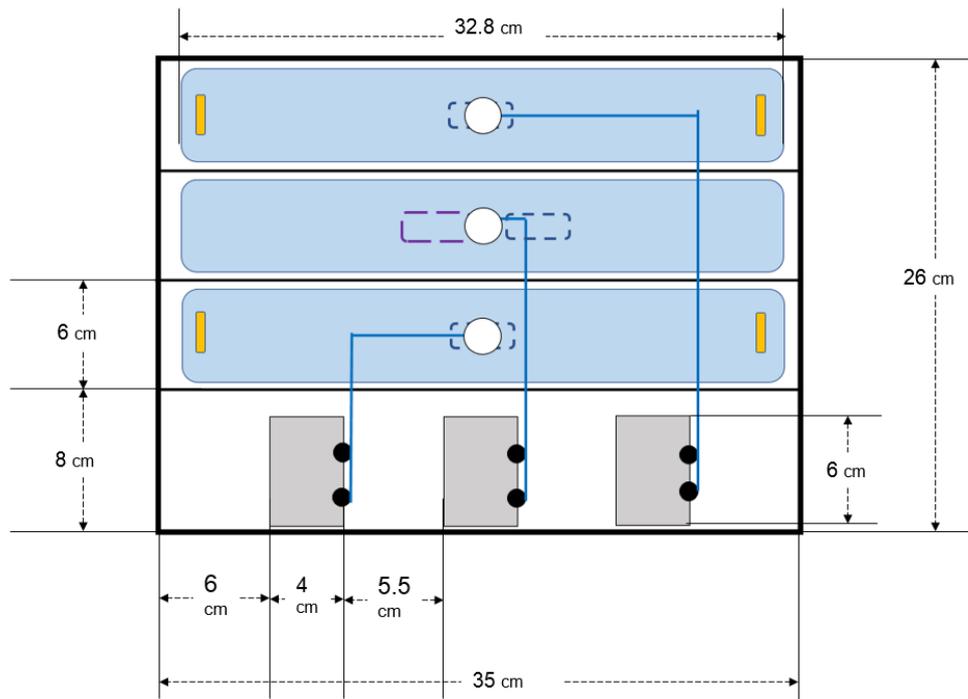


Figura 40: Vista superior del interior de la maleta con los componentes y sus respectivas medidas.

Este diseño se basa en láminas de acrílico con un espesor de 3 mm debido a que este es un material resistente que nos asegura la protección de los componentes durante el traslado de estos.

Damos la opción al usuario de escoger el tipo de maleta a su gusto, siempre y cuando esta se adapte posteriormente para las vías de entrada y salida de aire, ya sea con ruedas o de tipo convencional. La maleta seleccionada debe cumplir con las dimensiones de 40 x 35 x 26 cm mínimo, de tal manera que la caja con componentes pueda introducirse de manera efectiva para su correcto transporte, y sin mucha dificultad para ser cargada o movilizadada por el usuario.

3.2 Análisis de costos

A continuación, se presenta una tabla de los componentes electrónicos y materiales necesarios con su respectivo costo unitario para la implementación del sistema de desinfección de aire por luz ultravioleta.

Tabla 3: Presupuesto de materiales y componentes para el desarrollo del prototipo.

	Materiales	Cantidad	Precio	
			Unitario	Total
1	Arduino UNO	1	\$ 12,00	\$ 12,00
2	Sensor Barométrico Digital - BMP180	3	\$ 1,50	\$ 4,50
3	Sensor de Dióxido de Carbono y Calidad de Aire CCS811	1	\$ 3,00	\$ 3,00
4	Convertidor Reductor-Elevador XL6009	12	\$ 1,50	\$ 18,00
5	TIP120	6	\$ 0,50	\$ 3,00
6	Batería Lito de 15Ah y 24V	1	\$ 112,50	\$ 112,50
7	Válvula solenoide 12V	1	\$ 3,60	\$ 3,60
8	Bombas de aire 15 L/min 12V	9	\$ 7,00	\$ 63,00
9	Leds UVC - XST-3535-UV	32	\$ 3,00	\$ 96,00
10	Repositorios Plásticos 5 Litros	3	\$ 1,50	\$ 4,50
11	Mascarilla Plástica con mangueras y demás materiales plásticos.	1	\$ 8,00	\$ 8,00
12	Plancha Acrílico 100 x 100 cm de 3mm de grosor	1	\$ 50,00	\$ 50,00
13	Válvulas Antirretorno	3	\$ 1,00	\$ 3,00
TOTAL				\$ 392,70

Los costos fijos por ingeniería, costos de ensamblaje y costos administrativos serán estimados en un 20% del costo total de producción, agregando un costo aproximado de \$ 78.60 al costo material dentro de un escenario de producción serial, lo cual nos entrega un costo estimado final de \$ 471.30 para el presente proyecto.

Los datos mostrados nos permiten calcular la rentabilidad en medida de tiempo en comparación a otros productos utilizados para la protección de riesgos biológicos o filtración de microorganismo en el aire, como lo es el caso de las mascarillas FFP2 N95 mostrada en la Figura 41.



Figura 41: Mascarilla FFP2 KN95

Conociendo el precio unitario de las mascarillas KN95, de aproximadamente \$ 0.99, con un tiempo de vida útil recomendada de 8 horas, y en comparación estimando un 10% anual en mantenimiento del costo total en nuestro sistema, podemos calcular el tiempo del punto de equilibrio en que la rentabilidad de nuestro sistema iguale a la rentabilidad de las mascarillas. Usando la ecuación 4.

$$Cm * d = \left(\left(\frac{d}{365} \right) * \left(\frac{m}{100} \right) + 1 \right) c \quad (4)$$

Siendo C_m el costo por mascarilla, m el porcentaje de mantenimiento por año, d la cantidad de días y c el costo del sistema. Conociendo $C_m = 0.99$, $m = 10$, $c = 471.30$ podemos calcular d , el cual, al reemplazar y despejar d , obtenemos un tiempo de 547 días o 1.5 años, donde la rentabilidad de nuestro sistema alcanza la rentabilidad de costos de las mascarillas, lo cual significa que, a partir de dicha cantidad de días,

nuestro sistema supondrá un ahorro en comparación a las mascarillas, con respecto a si se siguiera invirtiendo en mascarillas desechables, teniendo nuestro sistema una rentabilidad mayor en el tiempo al de las mascarillas.

3.3 Ficha técnica

A continuación, se presenta una tabla de las características absolutas del sistema de desinfección de aire por luz ultravioleta, a partir de las características recopiladas de sus componentes electrónicos independientes; los rangos de cada componente son diferentes, sin embargo, para la realización de esta ficha técnica se consideraron los rangos de los componentes más sensibles, además se agregaron los datos de flujo de aire máximo y tiempo de autonomía, resultantes de los cálculos realizados en este estudio.

Tabla 4: Ficha técnica del prototipo propuesto.

CARACTERÍSTICAS	Unidades	VALORES	
Dimensiones máximas	mm / in	35.00 / 1.37	
	mm / in	40.00 / 1.58	
	mm / in	26.00 / 1.02	
Peso Aproximado	Kg / lb	4.36 / 9.59	
Voltaje Batería	V	Mínimo	Máximo
		17.00	24.00
Capacidad Típica de Batería (25 ± 5°C)	mAh	15000.00	
Tiempo de Autonomía	Minutos	Mínimo	Máximo
		638.54	882.20
Temperatura de Operación en Carga	°C	Mínimo	Máximo
		0.0	45.0
Temperatura de Operación en Uso	°C	Mínimo	Máximo
		-20.0	60.0
Tiempo de Carga Estándar	Horas	8.0	
Corriente de Carga Estándar	mA	2000.00	
Corriente de Carga Rápida	mA	3000.00	
Voltaje de Carga	V	29.4	
Temperatura de Almacenamiento (1 mes)	°C	Mínimo	Máximo
		-5.0	35.0
Temperatura de Almacenamiento (6 meses)	°C	Mínimo	Máximo
		0.0	35.0
Volumen respiratorio por minuto máximo	L/min	Recomendado	Máximo
		13.0	20.0
Ruido Acústico	dB	< 60.0	

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se lograron los objetivos planteados en el desarrollo de un diseño completo para la desinfección de aire respirable por luz ultravioleta, aplicando conocimientos de electrónica y automatización adquiridos en la carrera, y tomando como punto de partida estudios realizados por diversas industrias especializadas en sistemas de desinfección mediante radiación UV, y se consideraron varios aspectos del problema en cuestión, tanto a nivel económico, práctico y de eficiencia, así mismo se logró plantear diversos escenarios de eficiencia y rendimiento los cuales están abiertos a mejoras y estudios de campo para investigaciones subsecuentes.

4.1 Conclusiones

- Después de estudiar las propiedades de la radiación UV frente al virus de Covid-19, se concluyó que seleccionaron luces tipo LED era el método energéticamente más viable y apropiado para el diseño de nuestro sistema y se definió el tiempo de exposición para desinfectar el aire en el interior de un repositorio de 5 litros.
- La luz ultravioleta en comparación a otros métodos de desinfección de aire, utilizando luces UV-C nos permite diseñar un sistema más versátil y portátil, capaz de desinfectar el 99,9% de virus y partículas dentro de un determinado recipiente.
- Simulando el funcionamiento del sistema de desinfección y programación a través de Arduino mediante el software Proteus 8 professional se comprobó la viabilidad programática del sistema siguiendo el diagrama de flujo establecido para el sistema.
- Se plantea usar otros métodos electromecánicos para la succión y expulsión de aire energéticamente más eficientes y de menores capacidades acordes a nuestras necesidades para abaratar costos.

4.2 Recomendaciones

- Para optimizar el uso de la batería, reduciendo el encendido y apagado de motores, se puede modificar la programación, de tal manera que la función de desinfección de aire en el repositorio de salida sea opcional, es decir, solo si el usuario es portador del virus Covid-19.
- Para mantener la vida útil de la batería, se puede incorporar en la programación una rutina que nos indique cuando el nivel de voltaje sea inferior al permitido, de esta manera el usuario sabrá que debe cargar la batería en los próximos minutos.
- Todas las fases mecánicas son susceptibles de mejora, por lo que cualquier cambio en el diseño debe tener en cuenta el correcto funcionamiento de sus partes.
- Se plantea realizar estudios de campo en la implementación de este sistema para comprobar cuantitativamente la efectividad teórica de eliminación de microorganismo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Via Vergaray, V. V. (2016). EFECTIVIDAD DEL PROTECTOR RESPIRATORIO N95 VERSUS LA MASCARILLA SIMPLE EN LA PREVENCIÓN DE LA INFLUENZA.
- [2] Gaitán, P., & Alejandro, L. (2020). Estrategias para el uso óptimo de mascarillas N95 en el personal de salud frente al COVID-19.
- [3] El Universo. (01 de 03 de 2020). Demanda de mascarillas y alcohol se desbordó en Guayaquil. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/03/01/nota/7760973/demanda-mascarillas-alcohol-se-desbordo-ayer/>
- [4] El Universo. (01 de 03 de 2020). Obtenido de Agotadas las mascarillas en farmacias de Guayaquil, ahora la demanda se concentra en ferreterías: <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2020/03/01/nota/7762644/agotadas-mascarillas-farmacias-guayaquil-ahora-demanda-se/>
- [5] Organización Mundial de la Salud. (s.f.). OMS. Obtenido de Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19): <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses>
- [6] The Effect of Age on Mortality in Patients With COVID-19: A Meta-Analysis With 611,583 Subjects, Clara Bonanad, MD, PhD, Sergio García-Blas, MD, PhD, Francisco Tarazona-Santabalbina, MD, PhD, Juan Sanchis, MD, PhD, FESC, Vicente Bertomeu-González, MD, PhD, FESC, Lorenzo Fácila, MD, PhD, Albert Ariza, MD, PhD, Julio Núñez, MD, PhD, FESC, Alberto Cordero, MD, PhD, FESC, May 25, 2020 – Results
- [7] Andrés, J. M. A., de Castro, M. T. G. V., Vicente-Guijarro, J., Peribáñez, J. B., Haro, M. G., Valencia-Martín, J. L., ... & Martín, J. L. V. (2020). Mascarillas como equipo de protección individual durante la pandemia de COVID-19: cómo, cuándo y cuáles deben utilizarse. *Journal of Healthcare Quality Research*, 35(4), 245-252.
- [8] Vignoli, R. A. F. A. E. L. (2006). Esterilización y desinfección. línea]. Disponible en <http://www.higiene.edu.uy/cefa/Libro2002/Cap, 2027>.
- [9] AMERICAN SOCIETY OF. (20 de 02 de 2003). AMERICAN NATIONAL STANDARD. Obtenido de Safety Requirements: https://americanfirealarms.com/file.axd?file=%2F2018%2F01%2F2003_z117p0int1_confined_spaces.pdf
- [10] Col·legi oficial infermeres i infermers Barcelona. (s.f.). Infermera virtual. Obtenido de Sistema respiratorio: <https://www.infermeravirtual.com/files/media/file/97/Sistema%20respiratorio.pdf?1358605430>

- [11] Arduino. (2020). Arduino. Obtenido de Arduino Uno: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
- [12] Acero Gutiérrez, Y. J., & Yepes Suárez, J. L. Prototipo de Medición de Emisiones de Gas Carbónico en un Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV) para los Alrededores de Rellenos Sanitarios.
- [13] AMS. (07 de febrero de 2019). CCS811 Datasheet. Recuperado de <https://datasheetspdf.com/pdf-file/1115902/ams/CCS811/1>
- [14] Paguay Paguay, C. J., & Quinatoa Llano, K. L. (2019). Diseño e implementación de un sistema de potencia portátil basado en sistemas microprocesados para la administración del suministro de energía para equipos existentes en el laboratorio de uavs y aplicaciones ópticas (Bachelor's thesis)
- [15] Carletti, E. J. (2007). Comunicación-Bus I2C. Robots Argentina.

ANEXOS

ANEXO A

VRM (Litros / Minuto)	13			
Consumo 5 Litros (segundos)	23			
Proceso Fijo	Dispositivo	Consumo fijo (A)	Voltaje Fuente	Corriente Fuente (Ah)
Respiración	Controlador	0,3	24	15

Tiempo Ciclo	Tiempo	Proceso	Consumo Oxigeno (Litros)	Dispositivos Activados	Corriente (A)	Voltaje	Corriente Reflejada a la Fuente (A)	Cantidad	Corriente Total Reflejada Fuente	Corriente Promedio Por Ciclo (A)	
30	30	Inicio	0								
30	23	-	5							1,16	
	7	Recarga Principal		Valvula	0,5	12	0,25	1	0,25		
				Bomba de Aire Principal	1	12	0,50	3	1,50		
				Bomba de Aire Salida	1	12	0,50	3	1,50		
				LEDS UVC Salida	0,1	6,5	0,03	16	0,43		
30	7	Recarga Entrada		Bomba de Aire Entrada	1	12	0,50	3	1,50	1,67	
	3	Desinfección Entrada y Salida		LEDS UVC Entrada	0,1	6,5	0,03	16	0,43		
				LEDS UVC Salida	0,1	6,5	0,03	16	0,43		
	5	Desinfección Entrada		LEDS UVC Entrada	0,1	6,5	0,03	16	0,43		
	8	Espera									
	7	Recarga Principal			Valvula	0,5	12	0,25	1		0,25
					Bomba de Aire Principal	1	12	0,50	3		1,50
					Bomba de Aire Salida	1	12	0,50	3		1,50
LEDS UVC Salida			0,1		6,5	0,03	16	0,43			
30	7	Recarga Entrada		Bomba de Aire Entrada	1	12	0,50	3	1,50	1,67	
	3	Desinfección Entrada y Salida		LEDS UVC Entrada	0,1	6,5	0,03	16	0,43		
				LEDS UVC Salida	0,1	6,5	0,03	16	0,43		
	5	Desinfección Entrada		LEDS UVC Entrada	0,1	6,5	0,03	16	0,43		
	8	Espera									
	7	Recarga Principal			Valvula	0,5	12	0,25	1		0,25
					Bomba de Aire Principal	1	12	0,50	3		1,50
					Bomba de Aire Salida	1	12	0,50	3		1,50
LEDS UVC Salida			0,1		6,5	0,03	16	0,43			

Corriente Promedio Sistema
1,67

Tiempo Autonomia Bateria (H)	(minutos)
8,99	539,46

Figura 1: Tabulación de procesos con un VRM de 13 L/min

ANEXO B

VRM (Litros / Minuto)	20			
Consumo 5 Litros (segundos)	15			
Proceso Fijo	Dispositivo	Consumo fijo (A)	Voltaje Fuente	Corriente Fuente (Ah)
Respiración	Controlador	0,3	24	15

Tiempo Ciclo	Tiempo	Proceso	Consumo Oxigeno (Litros)	Dispositivos Activados	Corriente (A)	Voltaje	Corriente Reflejada a la Fuente (A)	Cantidad	Corriente Total Reflejada Fuente	Corriente Promedio Por Ciclo (A)
30	30	Inicio	0							
	15	-	5							
	7	Recarga Principal	2	Valvula	0,5	12	0,25	1	0,25	1,16
				Bomba de Aire Principal	1	12	0,50	3	1,50	
				Bomba de Aire Salida	1	12	0,50	3	1,50	
				LEDS UVC Salida	0,1	6,5	0,03	16	0,43	
30	7	Recarga Entrada		Bomba de Aire Entrada	1	12	0,50	3	1,50	2,17
		Desinfección Entrada y Salida		LEDS UVC Entrada	0,1	6,5	0,03	16	0,43	
	3		5	LEDS UVC Salida	0,1	6,5	0,03	16	0,43	
	5	Desinfección Entrada		LEDS UVC Entrada	0,1	6,5	0,03	16	0,43	
	0	Espera								
		Recarga Principal		Valvula	0,5	12	0,25	1	0,25	
				Bomba de Aire Principal	1	12	0,50	3	1,50	
				Bomba de Aire Salida	1	12	0,50	3	1,50	
22	7			LEDS UVC Salida	0,1	6,5	0,03	16	0,43	
	7	Recarga Entrada		Bomba de Aire Entrada	1	12	0,50	3	1,50	2,17
		Desinfección Entrada y Salida		LEDS UVC Entrada	0,1	6,5	0,03	16	0,43	
	3		5	LEDS UVC Salida	0,1	6,5	0,03	16	0,43	
	5	Desinfección Entrada		LEDS UVC Entrada	0,1	6,5	0,03	16	0,43	
	0	Espera								
		Recarga Principal		Valvula	0,5	12	0,25	1	0,25	
				Bomba de Aire Principal	1	12	0,50	3	1,50	
				Bomba de Aire Salida	1	12	0,50	3	1,50	
22	7			LEDS UVC Salida	0,1	6,5	0,03	16	0,43	

Corriente Promedio Sistema
2,17

Tiempo Autonomia Bateria (H)	(minutos)
6,93	415,53

Figura 2: Tabulación de procesos con un VRM de 20 L/min

ANEXO C

VRM (Litros / Minuto)	10			
Consumo 5 Litros (segundos)	30			
Proceso Fijo	Dispositivo	Consumo fijo (A)	Voltaje Fuente	Corriente Fuente (Ah)
Respiración	Controlador	0,3	24	15

Tiempo Ciclo	Tiempo	Proceso	Consumo Oxigeno (Litros)	Dispositivos Activados	Corriente (A)	Voltaje	Corriente Reflejada a la Fuente (A)	Cantidad	Corriente Total Reflejada Fuente	Corriente Promedio Por Ciclo (A)	
30	30	Inicio	0								
30	30	-	5							1,16	
	7	Recarga Principal	2	Valvula	0,5	12	0,25	1	0,25		
				Bomba de Aire Principal	1	12	0,50	3	1,50		
				Bomba de Aire Salida	1	12	0,50	3	1,50		
				LEDS UVC Salida	0,1	6,5	0,03	16	0,43		
37	7	Recarga Entrada	5	Bomba de Aire Entrada	1	12	0,50	3	1,50	1,41	
	3	Desinfección Entrada y Salida		LEDS UVC Entrada	0,1	6,5	0,03	16	0,43		
				LEDS UVC Salida	0,1	6,5	0,03	16	0,43		
	5	Desinfección Entrada		LEDS UVC Entrada	0,1	6,5	0,03	16	0,43		
	15	Espera									
	7	Recarga Principal		2	Valvula	0,5	12	0,25	1		0,25
					Bomba de Aire Principal	1	12	0,50	3		1,50
					Bomba de Aire Salida	1	12	0,50	3		1,50
					LEDS UVC Salida	0,1	6,5	0,03	16		0,43
					7	Recarga Entrada	Bomba de Aire Entrada	1	12		0,50
37	3	Desinfección Entrada y Salida	LEDS UVC Entrada	0,1	6,5	0,03	16	0,43	1,41		
			LEDS UVC Salida	0,1	6,5	0,03	16	0,43			
	5	Desinfección Entrada	LEDS UVC Entrada	0,1	6,5	0,03	16	0,43			
	15	Espera									
	7	Recarga Principal	2	Valvula	0,5	12	0,25	1		0,25	
				Bomba de Aire Principal	1	12	0,50	3		1,50	
				Bomba de Aire Salida	1	12	0,50	3		1,50	
				LEDS UVC Salida	0,1	6,5	0,03	16		0,43	

Corriente Promedio Sistema
1,41

Tiempo Autonomia Bateria (H)	(minutos)
10,64	638,54

Figura 3: Tabulación de procesos con un VRM de 10 L/min

ANEXO D

	Ficha de datos BMP180	Página 2
---	--------------------------	----------

BMP180

D SENSOR DE PRESION DIGITAL

Características clave

Range de presión: 300 ... 1100hPa (+ 9000m ... -500m relativo al nivel del mar)
Voltaje de suministro: 1,8 ... 3,4 V (V_{DD})
1,45 V ... 1,6V (V_{DDIO})

Paquete: Paquete LGA con tapa metálica
Pequeña huella de pín: 3,6 mm x 3,8 mm
Superplano: 0,93 mm de altura

Baja potencia: 5 µA a 1 muestra / seg. en modo estándar

Ruido bajo: 0,06 hPa (0,5 m) en modo de potencia ultrabaja
Modo de resolución avanzada de 0,02 hPa (0,17 m)

- Medida de temperatura incluida
- Interfaz I²C
- Totalmente calibrado
- Sin Pb, sin halógenos y compatible con RoHS.
- MSL 1

Aplicaciones Típicas

- ☐ Mejora de la navegación GPS (navegación a estima, detección de pendientes, etc.)
- ☐ Navegación interior y exterior
- ☐ Ocio y deportes
- ☐ Pronóstico del tiempo
- ☐ Indicación de velocidad vertical (velocidad de subida / bajada)

BSP0180-10-0000-10 | Versión 1.0 | Mayo de 2010 Bosch Semiconductors
© Bosch Semiconductors GmbH se reserva todos los derechos reservados. No reservamos todos los derechos de explotación, como copiar y transmitir a terceros.
Todos los derechos y el símbolo son marcas comerciales registradas de Robert Bosch GmbH, Alemania.
Nota: las especificaciones de este documento están sujetas a cambios sin previo aviso.

Figura 4: Hoja de datos técnicos sensor BMP180

Obtenida de: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132068/BOSCH/BMP180.html>

CCS811

Ultra-Low Power Digital Gas Sensor for Monitoring Indoor Air Quality

General Description

The CCS811 is an ultra-low power digital gas sensor solution which integrates a metal oxide (MOX) gas sensor to detect a wide range of Volatile Organic Compounds (VOCs) for indoor air quality monitoring with a microcontroller unit (MCU), which includes an Analog-to-Digital converter (ADC), and an I²C interface.

CCS811 is based on ams unique micro-hotplate technology which enables a highly reliable solution for gas sensors, very fast cycle times and a significant reduction in average power consumption.

The integrated MCU manages the sensor driver modes and measurements. The I²C digital interface significantly simplifies the hardware and software design, enabling a faster time to market.

CCS811 supports intelligent algorithms to process raw sensor measurements to output equivalent total VOC (eTVOC) and equivalent CO₂ (eCO₂) values, where the main cause of VOCs is from humans.

CCS811 supports multiple measurement modes that have been optimized for low-power consumption during an active sensor measurement and idle mode extending battery life in portable applications.

CCS811 is available in a 10 lead 2.7mm x 4.0mm x 1.1mm, 0.6mm pitch LGA package.

Ordering Information and Content Guide appear at end of datasheet.

Figura 5:: Hoja de datos técnicos sensor CCS811

Obtenida de: <https://datasheetspdf.com/pdf/1115902/ams/CCS811/1>

ANEXO F

https://es.aliexpress.com/item/33026467181.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.3bc47ca81ErJ8l&algo_pvid=46c4d998-7cb5-43c4-9ace-d23c2bbc2bcb&algo_ex...

DESCRIPCIÓN	VALORACIONES (4)	DETALLES
IMZYM Daley Store Potencia de conmutación Controlador de Motor Grifo Pestillo de puerta más cerca XIN Pegamento Gancho hai wai cang Others	<p>Voltaje nominal: DC12V Corriente nominal: menos de 200 mA Tiempo de inflado: menos de 6S (de 0 a 300 mmHg en un tanque de 1500CC) Caudal: más de 15l/min Presión máxima: Más que 600mmHg Vacío máximo: Menos que 300mmHg Estanqueidad: Menos que Tanque de 3mmHg/min de 300mmHg a 150 cc Ruido: 65db Fluido de uso: aire Ambiente de uso: 0-50 grados Celsius, 75% RH</p>	<p>Comprar</p> <p>Añadir a la</p>
Los más vendidos 	<p>Descripción del producto</p> <ol style="list-style-type: none">1. La bomba de diafragma KPMKP36A es ampliamente utilizada en masajeadores, maquinaria hospitalaria, etc.2. Bomba de vacío, bomba de refuerzo de doble propósito3. Larga vida, bajo nivel de ruido, flujo y presión se pueden personalizar según los requisitos del cliente	

Figura 6: Especificaciones de bomba KPMKP36A

Sitio:

https://www.aliexpress.com/item/33026467181.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.3bc47ca81ErJ8l&algo_pvid=46c4d998-7cb5-43c4-9ace-d23c2bbc2bcb&algo_expid=46c4d998-7cb5-43c4-9ace-d23c2bbc2bcb-1&btsid=0bb0624516131869752977838efe7d&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_

ANEXO G

XST-3535-UV
Hoja de datos del prod

XST-3535-UV

Montaje superficial

LED UVC

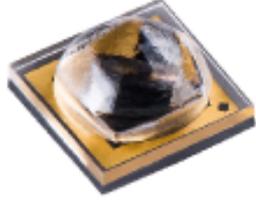


Tabla de contenido

- Agrupación y ordenación ...
- Información 2
- Óptica y Eléctrica
- Características 4
- Dimensiones mecánicas ... 7
- Perfil de soldadura ... 8
- Envío y etiquetado de productos
- Información 9
- Precauciones de uso ... 10
- Historial de cambios ... 11

Características:

- LED UVC con longitud de onda de emisión entre 275 nm y 285 nm
- Alta potencia óptica: 100 mW = de potencia UVC a la corriente nominal máxima
- Factor de forma compacto: paquete de 3,5 mm x 3,5 mm
- Ángulo de visión estrecho de 60 grados
- Proceso SMT estándar
- Cumple con RoHS y REACH

Aplicaciones

- Purificación de aire
- Purificación del agua
- Desinfección de superficies
- Esterilización de dispositivos médicos
- Esterilización de electrodomésticos
- Preparación de alimentos y bebidas

1

Luminus Devices, Inc. • T 408.708.7000 • www.luminus.com
1145 Sonoma Ct. • Sunnyvale, CA 94086

026-001076 Rev. 01 © 2010 Luminus Devices, Inc. - Todos los derechos reservados

Figura 7: Figura 4: Hoja de datos técnicos LED UVC

Obtenido de: <https://html.alldatasheet.net/html-pdf/1250470/LUMINUS/XST-3535-UV/346/1/XST-3535-UV.html>

MANUAL DE USUARIO Y MANTENIMIENTO.

Versión 1.0

febrero 2020

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
INSTRUCCIONES DEL CORRECTO USO DEL EQUIPO	2
Instrucciones previas	2
Instrucciones de uso	2
Condiciones iniciales.	3
Inicio del ciclo	3
MANTENIMIENTO MECÁNICO	4
Recomendaciones generales	4
Mantenimiento preventivo	4
MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL	5
Mantenimiento de la batería	5
Mantenimiento preventivo	5
Mantenimiento correctivo.....	5

INTRODUCCIÓN

Este anexo esta creado para ayudar al usuario con el correcto uso, funcionamiento y mantenimiento del equipo. Este manual pretende ser una herramienta de fácil uso, y de fácil comprensión para cualquier persona que desee hacer uso de este, con el objetivo de brindar una mejor experiencia durante el uso del sistema adquirido.

Este manual está dividido en tres secciones importantes a tomar en cuenta. Así se han establecido:

- Instrucciones del correcto uso.

Esta sección está dirigida al usuario que está en contacto directo y hace uso del equipo. Aquí se describen las funciones y recomendaciones a tener en cuenta antes y durante el uso del sistema, de igual manera se incluye un diagrama que explica el funcionamiento del equipo para conocer un poco más a fondo la secuencia operativa con el fin de tener el conocimiento de que está realizando el equipo en cada momento y poder verificar el perfecto funcionamiento de este.

- Mantenimiento mecánico del producto.

En este manual se cree conveniente poder distinguir entre el mantenimiento a las diferentes mangueras y repositorios con el mantenimiento eléctrico o electrónico que se da a la unidad de control y diferentes componentes. En esta sección tenemos recomendaciones de uso general además del mantenimiento preventivo que se debe dar al equipo para que su vida útil sea la designada por el fabricante.

- Mantenimiento del sistema de control.

Esta sección nos permite conocer el mantenimiento dirigido a los componentes de control de carácter electrónico de tal manera que el funcionamiento del equipo sea adecuado entregando al usuario la calidad que espera obtener del producto.

INSTRUCCIONES DEL CORRECTO USO DEL EQUIPO

Instrucciones previas

Para poder tener un correcto uso del equipo y obtener los resultados deseados y descritos por el fabricante, el usuario deberá tener los conocimientos que validen su correcto uso.

1. La batería del equipo está cargada.
2. Todos los repositorios de aire están vacíos.
3. Las mangueras de aire se encuentran libres de obstrucción.
4. Todas las mangueras se encuentran correctamente conectadas a sus debidos terminales.
5. Realizar periódicamente los mantenimientos preventivos del equipo.
6. Evitar paradas (apagado) del equipo a mitad de ciclo no justificadas.

Instrucciones de uso

Este equipo está diseñado para usuarios con movimiento moderado, es decir, evitar hacer ejercicio o correr cuando se esté usando el equipo. Una vez encendido el equipo, este seguirá el proceso que se muestra en la Figura #1.

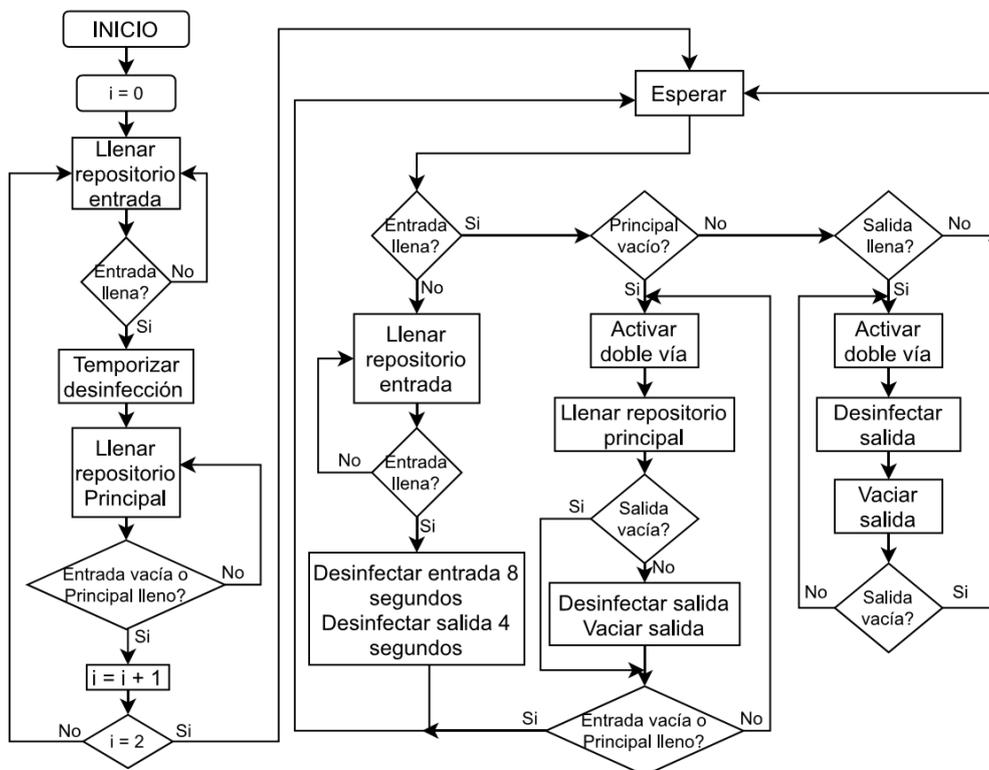


Figura 1: Diagrama del proceso de desinfección.

Condiciones iniciales.

Antes de usar el equipo, debemos darle un tiempo de iniciación para el llenado del repositorio principal con aire desinfectado, este tiempo es de aproximadamente 30 segundos. Para iniciar el proceso del equipo debemos dar tensión a través de su batería y verificar los siguientes puntos:

- Encendido de controlador(Arduino)
- Encendido de sensores.
- Encendido de motores para el ingreso de aire de entrada.
- Encendido de electroválvulas.

Inicio del ciclo

Una vez lleno el repositorio de aire principal, el usuario puede colocarse la mascarilla y la correspondiente mochila. Luego se espera el siguiente proceso cíclico:

- Llenado de repositorio de entrada y de salida
- Desinfección de aire en el repositorio de entrada y salida.
- Vaciado del repositorio principal debido al uso del usuario.
- Vaciado del repositorio de aire de salida
- Llenado del repositorio principal

MANTENIMIENTO MECÁNICO

Recomendaciones generales

Es aconsejables mantener todas las mangueras por donde circula el aire sin ninguna obstrucción dentro, además de revisar periódicamente el interior de cada repositorio en caso de haber algún objeto extraño que perturbe la calidad de aire que es enviada al usuario y realizar periódicamente un control visual en los elementos donde podamos encontrar desgaste o posibles anomalías.

Mantenimiento preventivo

Se entiende como mantenimiento preventivo a aquel conjunto de operaciones que son recomendables realizar cada cierto periodo de tiempo para evitar posibles fallos del equipo y así prolongar la vida útil del sistema

Tabla 1: Condiciones generales para el mantenimiento mecánico preventivo.

ELEMENTO	ACCIÓN RECOMENDADA	FRECUENCIA
Mascarilla	<ul style="list-style-type: none">• Limpieza• Revisión del elástico• Revisión de posibles abolladuras o fugas<ul style="list-style-type: none">• Cambio	Antes de usar Antes de usar Antes de usar 6 meses
Mangueras de intercambio de aire entre mascarilla y repositorios	<ul style="list-style-type: none">• Revisión• Sustituir	Antes de usar 6 meses
Mangueras de intercambio de aire entre bombas y repositorios	<ul style="list-style-type: none">• Revisión• Sustituir	Antes de usar
Válvulas antirretornos	<ul style="list-style-type: none">• Revisión• Sustituir	Antes de usar 6 meses
Repositorios de aire	<ul style="list-style-type: none">• Revisión• Sustituir	Antes de usar 3 meses

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL

Mantenimiento de la batería

Estas baterías están compuestas de celdas, generalmente llamadas 18650, debido a sus dimensiones (18mm x 65 mm). Cada celda tiene una capacidad de 2.000 mAh a 3.5000 mAh y voltaje entre 2.75 y 4.20 V. Debido a esto, cada celda no se debe cargar por encima de 4,20 V ni descargarse por debajo de 2.75 V, esto nos deja un rango de operación entre 3 y 4.2 V por cada celda.

Para obtener una batería de 24 V y 15Ah es necesario 5 bloques en paralelo, cada bloque con 7 celdas en serie.

Estas baterías no tienen efecto memoria por lo que las descargas parciales son beneficiosas, entonces lo mejor es mantener una descarga de alrededor del 10% y 60% de la capacidad total de la batería.

Busca lugares frescos y evita situar las baterías al sol durante su carga.

Mantenimiento preventivo

Tabla 2: Condiciones generales para el mantenimiento preventivo del sistema de control.

ELEMENTO	ACCIÓN RECOMENDADA	FRECUENCIA
Sensores	<ul style="list-style-type: none">• Revisión• Sustituir	Anual 2 años
Arduino	<ul style="list-style-type: none">• Revisión• Sustituir	Anual 2 años si es necesario
Motores	<ul style="list-style-type: none">• Revisión• Sustituir	Anual 3 años si es necesario
Electroválvulas	<ul style="list-style-type: none">• Revisión• Sustituir	Anual Anual
Batería	<ul style="list-style-type: none">• Sustituir	3 años si es necesario
Convertidor	<ul style="list-style-type: none">• Revisión• Sustituir	Anual Anual
Transistores	<ul style="list-style-type: none">• Revisión• Sustituir	Anual Anual
Led UV-C	<ul style="list-style-type: none">• Revisión• Sustituir	Anual 2 años si es necesario

Mantenimiento correctivo

En caso de fallo de algún componente, este deber ser sustituido inmediatamente por un profesional calificado.