



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT ASPIRADOR AUTÓNOMO PARA LA LIMPIEZA
Y ESTERILIZACIÓN DE PISOS USANDO TECNOLOGÍA DE DESINFECCIÓN DE RAYOS UV”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: DISPOSITIVO TECNOLÓGICO

Presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES:
WILLIAM MARCELO LOPEZ BAYAS
SANTIAGO ISRAEL LOPEZ GAIBOR

DIRECTOR: Ing. JOSÉ LUIS MORALES GORDON

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, William Marcelo López Bayas, Santiago Israel López Gaibor

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Nosotros, WILLIAM MARCELO LOPEZ BAYAS y SANTIAGO ISRAEL LOPEZ GAIBOR, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 04 de julio de 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'William Marcelo López Bayas'.

William Marcelo López Bayas
180464717-8

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Santiago Israel López Gaibor'.

Santiago Israel López Gaibor
020191256-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; tipo: Dispositivo Tecnológico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT ASPIRADOR AUTÓNOMO PARA LA LIMPIEZA Y ESTERILIZACIÓN DE PISOS USANDO TECNOLOGÍA DE DESINFECCIÓN DE RAYOS UV**, realizado por el señor **WILLIAM MARCELO LOPEZ BAYAS** y el señor **SANTIAGO ISRAEL LOPEZ GAIBOR**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. /PhD. Nombres y Apellidos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-08-11
Ing. José Luis Morales Gordón DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-08-11
Ing. Paúl Patricio Romero Riera ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-08-11

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy. A mis padres Roció Bayas y Mentor López quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre. A mis hermanos Paul, Mauricio y Paulina por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos y mi novia Pamela, por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias, siempre las llevo en mi corazón.

William

El presente trabajo de titulación es dedicado a mi familia, a mi hija, mi madre y amigos que supieron apoyarme en todo momento.

Santiago

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes. Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que hacen la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento educativo, a toda la Facultad de informática y electrónica, a mis profesores en carrera quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad. Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. José Luis Morales Gordon, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo

William

Quiero agradecer a todas las personas que aportaron su grano de arena para que este trabajo de titulación sea realizado. En especial, a mi familia y mi hija. Además, agradecer a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, por formarme como profesional. A mi tutor de tesis Ing. José Luis Morales, por la motivación, presión y la enseñanza de que siempre podemos dar más.

Santiago

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	MARCO REFERENCIAL TEÓRICO	3
1.1.	Autonomía	3
1.2.	Robótica	3
1.3.	Robots móviles.....	4
1.3.1.	<i>Configuración Uniciclo</i>	4
1.3.2.	<i>Configuración dirección deslizante</i>	5
1.4.	Robots móviles autónomos.....	6
1.4.1.	<i>Aplicación de los robots móviles autónomos</i>	6
1.5.	Robot móvil aspirador autónomo.....	7
1.5.1.	<i>Tipos de robots móviles aspiradores autónomos</i>	8
1.6.	Partes de un robot móvil aspirador autónomo	9
1.6.1.	<i>Infraestructura</i>	10
1.6.2.	<i>Placas de desarrollo con microcontroladores</i>	11
1.6.3.	<i>Sensores</i>	13
1.6.4.	<i>Actuadores</i>	14
1.6.5.	<i>Baterías</i>	15
1.6.5.1.	Análisis comparativo de baterías	18
1.7	Algoritmos de programación	18
1.7.1.	<i>Algoritmo de Dijkstra</i>	19
1.7.2.	<i>Algoritmo Aleatorio</i>	19
1.7.3.	<i>Algoritmo de la mano derecha y de la mano izquierda</i>	19
1.8.	Desinfección	19

1.9.	Radiación ultravioleta	21
<i>1.9.1.</i>	<i>Radiación UVC</i>	<i>21</i>
<i>1.9.2.</i>	<i>Tiempo de aplicación de luz UVC para desinfección</i>	<i>21</i>

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	23
2.1.	Requerimientos de RAADUV	23
2.2.	Concepción general de RAADUV	23
2.3.	Arquitectura de hardware de RAADUV	24
2.4.	Diseño de bloques de hardware de RAADUV.....	25
2.5.	Selección de componentes hardware para la construcción de RAADUV	26
<i>2.5.1.</i>	<i>Tarjeta microcontroladora Arduino Mega</i>	<i>26</i>
<i>2.5.2.</i>	<i>Micro mini - motor paso a paso.....</i>	<i>27</i>
<i>2.5.3.</i>	<i>Sensor Sharp GP2Y0A51SK0F</i>	<i>28</i>
<i>2.5.4.</i>	<i>Módulo A4988.....</i>	<i>29</i>
<i>2.5.5.</i>	<i>Aspirador</i>	<i>30</i>
<i>2.5.6.</i>	<i>Micro motor pololu</i>	<i>30</i>
<i>2.5.7.</i>	<i>Contenedor de desechos.....</i>	<i>31</i>
<i>2.5.8.</i>	<i>Regulador de voltaje LM2596</i>	<i>32</i>
<i>2.5.9.</i>	<i>Lámpara de luz ultravioleta c</i>	<i>33</i>
<i>2.5.10.</i>	<i>Batería Ion Polímero de Litio</i>	<i>34</i>
<i>2.5.11.</i>	<i>Ruedas 42x19mm</i>	<i>35</i>
2.6.	Esquema de conexión electrónica de RAADUV.....	36
2.7.	Arquitectura <i>hardware</i> de RAADUV	38
<i>2.7.1.</i>	<i>Placa del procesador central</i>	<i>38</i>
<i>2.7.1.1.</i>	<i>Fabricación de la placa PCB del procesador central.....</i>	<i>39</i>
2.8.	Arquitectura estructural de RAADUV	40
<i>2.8.1.1.</i>	<i>Chasis.....</i>	<i>41</i>
<i>2.8.1.2.</i>	<i>Contorno</i>	<i>42</i>
<i>2.8.1.3.</i>	<i>Tapa</i>	<i>42</i>
2.9.	Construcción del RAADUV	43
2.10.	Arquitectura de <i>software</i> de RAADUV.....	43

2.10.1.	<i>Segmento de accionamiento del sistema de detección</i>	44
2.10.2.	<i>Segmento de accionamiento del bloque de recolección de desechos</i>	45
2.10.3.	<i>Segmento de accionamiento del bloque de desinfección</i>	46

CAPTULO III

3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	48
3.1.	Análisis de los sensores de proximidad del bloque de sensado	48
3.1.1.	<i>Análisis de medición de distancia con los sensores Sharp GP2Y0A51SK0F</i>	48
3.1.2.	<i>Repetitividad de los sensores Sharp</i>	50
3.2.	Validación del aspirador de RAADUV	51
3.2.1.	<i>Validación de escobillas de RAADUV</i>	54
3.3.	Validación de evasión de obstáculos	57
3.4.	Validación de lámpara UVC	58
3.5.	Estabilidad de tracción del sistema	58
3.5.1.	<i>Prueba de desplazamiento de RAADUV sobre baldosa</i>	58
3.5.2.	<i>Prueba de desplazamiento de RAADUV sobre madera</i>	59
3.5.3.	<i>Velocidad de desplazamiento de RAADUV</i>	60
3.6.	Validación de la autonomía de RAADUV	61
3.6.1.	<i>Consumo de batería de RAADUV embancado</i>	61
3.6.2.	<i>Consumo de batería de RAADUV en piso</i>	63
3.6.3.	<i>Tiempo máximo de funcionamiento de la batería de RAADUV</i>	64
3.7.	Análisis de tiempo de carga de batería de RAADUV	64
3.8.	Análisis económico de RAADUV	65
	CONCLUSIONES	67
	RECOMENDACIONES	69
	BIBLIOGRAFÍA	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Tipos de robots móviles aspiradores autónomos.....	8
Tabla 2-1:	Características de materiales	11
Tabla 3- 1:	Comparación de placas microcontroladoras.....	12
Tabla 4-1:	Clasificación de sensores.....	14
Tabla 5-1:	Comparativa de baterías disponibles en el mercado.....	18
Tabla 1-2:	Características Arduino Mega	27
Tabla 2-2:	Especificaciones mini micro motor paso a paso.....	28
Tabla 3-2:	Características del sensor Sharp GP2Y0A51SK0F	28
Tabla 4-2:	Características módulo A4988	29
Tabla 5-2:	Principales características aspirador.....	30
Tabla 6-2:	Especificaciones micro motor	31
Tabla 7-2:	Principales características del contenedor	32
Tabla 8-2:	Características regulador de voltaje LM2596.....	32
Tabla 9-2:	Características de lámpara UV-C	33
Tabla 10-2:	Consumo de corriente de RAADUV	34
Tabla 11-2:	Principales características de batería Lipo	35
Tabla 12-2:	Principales características de ruedas	36
Tabla 13-2:	Tabla de conexión de terminales y módulos/componentes	38
Tabla 14-2:	Características del RAADUV.....	41
Tabla 15-2:	Características del RAADUV.....	43
Tabla 1-3:	Análisis comparativo de medición de distancias con los sensores Sharp GP2Y0A51SK0F	49
Tabla 2-3:	Análisis comparativo de medición de repetitividad con los sensores Sharp GP2Y0A51SK0F	51
Tabla 3-3:	Análisis comparativo del aspirador con diferentes pesos.....	53
Tabla 4-3:	Registro de tiempo de carga de batería.....	65
Tabla 5-3:	Análisis de costos de RAADUV	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Robot con configuración Uniciclo	5
Figura 2-1.	Robot con configuración dirección deslizante	5
Figura 3-1.	Robot Roomba de la empresa iRobot.....	7
Figura 4-1.	Robots autónomos aspiradores comerciales.....	8
Figura 5-1.	Tipos de robots móviles aspiradores autónomos. a) robot aspirador b) Robot aspirador con cepillo rotatorio, c) Robot aspirador con peines, d) Robot friegasuelos.....	9
Figura 6-1.	Robot móvil aspirador autónomo y sus partes	9
Figura 7-1.	Infraestructuras usadas en robot aspiradoras.....	10
Figura 8-1.	Mapa conceptual clasificación actuadores.....	15
Figura 9-1.	Batería de plomo	16
Figura 10-1.	Batería de Níquel – Cadmio	16
Figura 11-1.	Batería Níquel-Hidruro metálico.....	17
Figura 12-1.	Batería ion litio.....	17
Figura 13-1.	Batería Polímero de Litio (LiPo).....	18
Figura 14-1.	Mapa conceptual tipos de desinfección.....	20
Figura 15-1.	Calculadora de dosis UV-C de Synertech.....	22
Figura 2-1.	Concepción general de RAADUV	24
Figura 2-2.	Arquitectura hardware de RAADUV con sus diferentes etapas	25
Figura 3-2.	Micro controlador Arduino Mega	26
Figura 4-2.	Micro mini motor paso a paso.....	27
Figura 5-2.	Sensor infrarrojo Sharp GP2Y0A51SK0F	28
Figura 6-2.	Módulo de control A4988	29
Figura 7-2.	Aspirador implementado en RAADUV	30
Figura 8-2.	Micromotor pololu	31
Figura 9-2.	Contenedor de desechos.....	31
Figura 10-2.	Regulador de voltaje LM2596	32
Figura 11-2.	Lámpara de desinfección ultravioleta tipo C	33
Figura 12-2.	Batería LiPo Turnigy.....	35
Figura 13-2.	Ruedas con labrado 42x19 mm.....	36
Figura 14-2.	Esquema de conexión electrónica de RAADUV	37
Figura 15-2.	Placa PCB central de RAADUV, A) Vista inferior y B) Vista superior.	39

Figura 16-2.	Circuito de la placa PCB, A) Vista inferior, y B) Vista superior.....	39
Figura 17-2.	Placa implementada, A) Vista Inferior, y B) Vista Superior.	40
Figura 18-2.	Diseño en 3D de RAADUV.....	41
Figura 19-2.	Diseño 3D del chasis.....	42
Figura 20-2.	Diseño 3D del contorno de RAADUV.....	42
Figura 21-2.	Diseño 3D de la tapa.	42
Figura 22-2.	RAADUV implementado.....	43
Figura 23-2.	Diagrama de flujo del funcionamiento general de RAADUV	44
Figura 24-2.	Diagrama de flujo para el segmento de accionamiento de detección	45
Figura 25-2.	Diagrama de flujo para el segmento de accionamiento del bloque de recolección de desechos	46
Figura 26-2.	Diagrama de flujo para el segmento de accionamiento del bloque de desinfección (arreglar)	47
Figura 1-3.	Medición con el equipo patrón y recopilación de datos con sensor Sharp GP2Y0A51SK0F frontal.....	48
Figura 2-3.	Datos enviados por los sensores Sharp al Arduino, a) Sensor frontal, ...	50
Figura 3-3.	Prueba de funcionamiento del aspirador, a) Proceso de aspiración, b) área aspirada	52
Figura 4-3.	Evidencia de polvo en el contenedor de RAADUV.....	52
Figura 5-3.	Validación del aspirador, a) contenedor para colocar el polvo, b) peso inicial del polvo, c) peso recolectado del contenedor del RAADUV.	53
Figura 6-3.	Escobillas del RAADUV con giro en sentido opuesto	55
Figura 7-3.	Escobillas de RAADUV en funcionamiento, a) RAADUV con fragmentos de papel en la parte frontal, b) resultado final del barrido.	56
Figura 8-3.	Escobillas de RAADUV en funcionamiento, a) RAADUV con fragmentos de papel en la parte frontal, b) resultado final del barrido.....	56
Figura 9-3.	Evasión de obstáculos de RAADUV, a) detección de obstáculo, b) toma de decisión giro derecha, c) avance en línea recta, d) no detección de obstáculo giro izquierda	57
Figura 10-3.	Lámpara UVC del RAADUV en funcionamiento, a) tiempo inicial b) tiempo final	58
Figura 11-3.	Desplazamiento del RAADUV sobre baldosa, a) Posición inicial, b) Rotación de 90°	59

Figura 12-3. Desplazamiento del RAADUV sobre madera, a) Posición inicial, b) Rotación de 90°	59
Figura 13-3. Velocidad de desplazamiento del RAADUV, a) Posición inicial, b) posición final.....	60
Figura 14-3. Voltaje de la batería de RAADUV a plena carga	61
Figura 15-3. Voltaje final del RAADUV en movimiento.....	63
Figura 16-3. Tiempo de carga de batería de RAADUV	64

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°C	Grados Celsius
3D	Tres dimensiones
A	Amperios
Cd	Cadmio
cm	Centímetros
COVID19	Enfermedad infecciosa causada por el coronavirus
DC	Corriente directa
g	Gramos
Hz	Hertz
Kg	kilogramo
Lipo	Polímero de litio
m	Metro
MH	Metal Hidruro
Mm	Milímetros
Ni	Níquel
NiOOH	Oxihidróxido de Níquel
RPM	Revolución Por Minuto
UV	Ultravioleta
VDC	Voltaje en Corriente Directa
W	Vatios
Wh	Vatio hora
V	Voltios
PWM	Pulse Width Modulation
RAADUV	Robots Autónomo Aspirador de Desinfección con Luz Ultravioleta

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se centró en la construcción de un robot aspirador autónomo para la limpieza y esterilización de pisos usando tecnología de desinfección de rayos UV, debido a que al post-covid-19 las personas siguen teniendo temor por contagiarse. Por otro lado, en el sector laboral de la limpieza presentan riesgos ergonómicos o problemas de salud por las tareas repetitivas además de posturas inadecuadas al desarrollar la actividad. Por lo tanto, es conveniente utilizar robots que utilicen tecnología de rayos UV para realizar la limpieza y esterilización de pisos garantizando la seguridad y la salud de las personas, sin embargo, este tipo de dispositivos son costosos y presentan tamaños grandes difíciles de transportar. Previo a la construcción del prototipo se estudió todo lo referente a robots autónomos de desinfección. La implementación del sistema se basa en tres sensores Sharp para evitar colisiones. El prototipo incorpora un aspirador que recolecta cualquier partícula pequeña, una lámpara UV-C para garantizar la desinfección y eliminar cualquier tipo de microorganismo. Las pruebas dieron como resultados: una detección de 3 cm para detección de obstáculos, el sistema de tracción puede desplazarse tanto en pisos de baldosa como de madera, el bloque de desinfección dura 3 segundos para garantizar la misma, y con las escobillas girando en sentidos opuestos entre sí permite que el aspirador pueda realizar su función. Se recomienda para trabajos futuros implementar un sistema de alarmas de bajo nivel de batería y contenedor lleno.

Palabras clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA>, <ROBÓTICA>, <TECNOLOGÍA DE RAYOS UV >, <SENSOR SHARP (HARDWARE)>, <DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS>, <LÁMPARA UV-C>, <DESINFECCIÓN>.

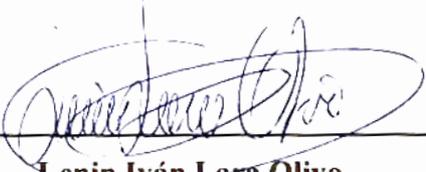


2108-DBRA-UPT-2022

ABSTRACT

The present Curricular integration research project aimed to build an autonomous robot vacuum cleaner for cleaning and sterilizing floors using UV disinfection technology because post-covid-19 people are still afraid of getting infected. On the other hand, in the cleaning labor sector, they present ergonomic risks or health problems due to repetitive tasks and inadequate postures when carrying out the activity. Therefore, robots using UV technology should be used to clean and sterilize floors, guaranteeing the health and safety of people; however, these types of devices are expensive and have large sizes that are difficult to transport. Before the construction of the prototype, everything related to autonomous disinfection robots was studied. The system implementation is based on three Sharp sensors to avoid collisions. The prototype incorporates a vacuum cleaner that collects small particles and a UV-C lamp to guarantee disinfection and eliminate microorganisms. The tests results were: a detection of 3 cm for obstacle detection, the traction system can move on both tile and wooden floors, the disinfection block lasts 3 seconds to guarantee it, and the brushes rotating in opposite directions opposite each other allows the vacuum cleaner to perform its function. It is recommended for future studies to implement an alarm system for low battery levels and full containers.

Keywords: <ENGINEERING AND ELECTRONIC TECHNOLOGY>, <ROBOTICS>, <UV RAY TECHNOLOGY>, <SHARP SENSOR>, <OBSTACLE DETECTION>, <UV-C LAMP>, <DISINFECTION>.



Lenin Iván Lara Olivo
0602546103

INTRODUCCIÓN

Ha pasado dos años desde que la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró el brote de la enfermedad por el nuevo coronavirus 2019 (COVID-19) como una emergencia de salud pública de importancia internacional (Díaz, 2020) y a medida que la humanidad se ha adaptado a una nueva normalidad con el retorno a reuniones de cualquier tipo en distintos salones ya sean estas en salas de eventos de hoteles, centro de convenciones, sala de conferencias, restaurantes con salas de reuniones y cualquier tipo de espacio en el que se pueda celebrar eventos sin preocuparse por su capacidad; y junto con la decisión del presidente del país al eliminar el uso de mascarillas tanto en espacios abiertos como cerrados (Primicias, 2022), la mayoría de personas aún ocupan mascarillas al momento de reunirse a pesar de contar con las vacunas por el temor a contagiarse, esto es debido que por conocimiento las vacunas reducen el riesgo de desarrollar la enfermedad de forma grave y la muerte. Sin embargo, la vacuna no evita el contagio del virus ni la transmisión a otras personas (OMS, 2022). Por otro lado, en el sector laboral de la limpieza los trastornos músculo-esqueléticos constituyen la principal causa de baja laboral (Instituto de Seguridad y Salud Laboral, 2013), pues durante el desarrollo de esta actividad se producen riesgos ergonómicos como lesiones (en tendones, nervios y músculos) por realizar tareas repetitivas; y dorsalgias y lumbalgias por adoptar una postura inadecuada. Con el desarrollo de nuevas tecnologías como la luz ultravioleta (UV) y los robots han sido una alternativa de solución ante estos fenómenos.

En la actualidad la luz ultravioleta (UV) ha estado ganando terreno debido a su efectividad para la esterilización de bacterias, gérmenes, virus, algas y esporas (Alberino, 2022), pues la luz UV hace que las células reordenen su información genética de tal manera que su capacidad reproductora se inhabilite y por lo tanto los microorganismos son inactivados (National Academics, 2020). Por otro lado, los robots son utilizados como reemplazo de la mano de obra en industrias, estos realizan tareas repetitivas de forma similar al ser humano, pero en un menor tiempo y reduciendo el riesgo laboral que podría sufrir una persona. Hoy en día, han proliferado los robots autónomos que utilizan tecnología UVC como medio de desinfección principalmente en la industria hospitalaria que en la comercial. El Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) junto con Ava Robotics desarrollaron un proyecto de un robot autónomo que desinfecta espacios con luz ultravioleta (UV) (Martí, 2020) eliminando en un 90% de partículas de COVID-19 en un tiempo de 30 minutos, este robot se encuentra en fase de prueba en la zona de preparación de envíos del Greater Boston Food Bank. La empresa española Cecotec ha desarrollado su robot germicida autónomo llamado Conga Apolo con un costo de 1023,79 USD, este robot es capaz de eliminar bacterias, en superficies y en suspensión adopta la tecnología UV-C y ozono para garantizar espacios libres de virus al 99.9% y lo hace en tiempos sorprendentes (Núñez, 2020). También se encuentra la empresa estadounidense Xenex con su robot *LightStrike* con un costo de \$125.000, en Ecuador en las

ciudades de Guayaquil (Hospital de Especialidades Teodoro Maldonado Carbo de Guayaquil) y Quito (Hospital IESS Quito Sur) son utilizados los robots Espejito, Panchito y El Boni de esta empresa. En México la empresa NPI *Molding Solutions* ha adquirido el robot MTS UVC desarrollado por la empresa catalana MTS Tech a un precio de un millón 650 mil pesos mexicanos (\$80.313,66). Los principales inconvenientes de estos robots son sus elevados costos siendo inaccesibles para países de economía baja y medio – alta, además su gran tamaño dificulta su transportación y en algunos casos deben ser usados siempre y cuando no haya empleados presentes.

Por ende, el siguiente trabajo tiene como objetivo principal diseñar y construir un robot aspirador autónomo para la limpieza y esterilización de microorganismos en pisos tanto de baldosa como de madera para diferentes salones de eventos usando tecnología de desinfección de rayos UV, siendo una alternativa con mayor eficiencia, accesibilidad y sencillez de uso; a un precio accesible, para lo cual se plantea como objetivos secundarios:

- Investigar información referente al diseño de robots autónomos de desinfección y la tecnología de rayos UV.
- Establecer los requerimientos que debe cumplir el prototipo, y seleccionar las herramientas hardware y software necesarias para su implementación.
- Diseñar y construir un robot autónomo aspirador con un sistema de desinfección basado en radiación UV.
- Realizar pruebas y evaluar resultados al prototipo terminado en función a los requerimientos analizados.

Para el desarrollo de esta investigación en el presente documento se detallan todas las actividades realizadas en tres capítulos. En el Primer Capítulo se realiza una revisión documental relacionado con todo lo referente a robots móviles y luz ultravioleta. En el Segundo Capítulo se aborda el Marco Metodológico que incluye los requerimientos del prototipo, la concepción general del sistema, la arquitectura hardware con su respectivo diseño de bloques de funcionamiento, la selección de los componentes, los esquemas de conexión, el diseño y la construcción del prototipo. Finalmente, en el Tercer Capítulo mediante la técnica de experimentación se presenta los resultados de las pruebas realizadas al prototipo para verificar su funcionamiento. La técnica de observación, se emplea para comparar los datos obtenidos, en cada una de las pruebas. Y gracias a la estadística se obtiene un análisis de los resultados en base a las pruebas. Por último, se detalla un estudio de costos de la construcción del prototipo además de las conclusiones y recomendaciones del trabajo de titulación.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL TEÓRICO

En este capítulo se analiza la importancia de los robots autónomos y los distintos tipos de limpieza y desinfección. Luego de dicho análisis y con base en una revisión bibliográfica se detalla información acerca de las partes que conforman un robot autónomo y en adición se lista los tipos de desinfección y cuál es la más efectiva al momento de realizarla mediante un robot.

1.1. Autonomía

Consiste en asignar tareas realizadas por un ser humano, a una máquina. Se considera que un sistema es autónomo si cumple con las metas impuestas sin intervención externa y considerando un conjunto de influencias que se definen como interrupciones. La autonomía no es posible conceptualizarla en un contexto particular, puesto que siempre es relativa. Un sistema puede presentar un nivel bajo o alto de autonomía si se lo relaciona respecto a la meta que debe cumplir. Esta tiene relevancia en los sistemas robóticos de modo que en la actualidad se emplea en funciones como el combate de robots, apuntar y sincronizar el disparo de armas, perseguir objetivos, seguimiento de trayectorias, entre otros (Martín, 2017).

1.2. Robótica

Es la ciencia que se encarga del diseño, fabricación, programación y uso de robots. Involucra campos variados como la informática, electrónica, nanotecnología e ingeniería. Los robots son máquinas que están conformadas por elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos y de comunicaciones. Esta ciencia involucra tres leyes fundamentales definidas por Isaac Asimov: 1) un robot debe estar diseñado para que no haga daño a los seres humanos, 2) un robot debe cumplir las órdenes definidas en su programación mientras no haga daño a los seres humanos, y 3) el robot debe cuidar de su existencia siempre y cuando no vaya contra la primera y segunda ley (Bosch, 2020). Gracias a estos se logra abaratar costes al momento de implementarlos y al poseer autonomía realizan tareas cotidianas sin la necesidad de un operador. Los robots que cumplen con esta característica son conocidos como robots de servicios que son dispositivos para realizar tareas útiles para personas excluyendo aplicaciones de automatización industrial (Equipo de Expertos en Ciencia y Tecnología, 2019).

1.3. Robots móviles

Son sistemas de transporte automático, consiste en una plataforma mecánica que posee un sistema de locomoción que permite la navegación con un cierto nivel de autonomía en un ambiente de trabajo determinado. Los robots móviles tienen características que los hacen aptos para cumplir determinadas tareas. De acuerdo al tipo de tarea se definen particularidades estructurales como el tipo de rueda, sistema de tracción, sistema de dirección y forma física del robot. Estos distribuyen su sistema de dirección y tracción sobre los ejes de sus ruedas obedeciendo los requerimientos de velocidad, maniobrabilidad y características del área de trabajo. Se crean como exigencia para extender el campo de aplicación de la robótica (Bambino, 2008, p. 16).

El sistema de locomoción de un robot móvil está condicionado de acuerdo al entorno de trabajo, puede ser terrestre con ruedas. Estos se caracterizan por el tipo de ruedas que incorporan y la disposición de las mismas sobre una estructura mecánica. Entre los tipos de ruedas se pueden distinguir las convencionales y las ruedas suecas. Y al mismo tiempo dentro de las convencionales se distinguen tres tipos (Bambino, 2008, pp. 18-19):

- Rueda orientable centrada. – el centro es el eje de rotación del movimiento del plano de la rueda respecto a la estructura.
- Rueda fija. – el eje se encuentra anclado a la estructura del robot, dota de una mayor estabilidad al prototipo.
- Rueda giratoria. – brinda la capacidad de ser orientada con respecto a la estructura del robot. Su función es actuar como una rueda de dirección brindando estabilidad a la estructura.

Para el RAADUV se seleccionó la rueda fija para tener mayor estabilidad al momento de realizar los giros y avances.

1.3.1. Configuración Uniciclo

Es un sistema móvil que tiene tracción diferencial ya que posee dos ruedas motoras independientes que están alineadas en el mismo eje y además incorpora una tercera rueda giratoria la cual dota de equilibrio al sistema (Tapia & Sampedro, 2014). En la Figura 1-1 se muestra un robot con configuración Uniciclo.



Figura 1-1. Robot con configuración Uniciclo

Fuente: <https://www.generationrobots.com/en/403671-scout-mini-autonomous-mobile-base.html>

1.3.2. Configuración dirección deslizante

Es compacta y liviana, además necesita pocas piezas. Es usada con frecuencia en sistemas como tanques y excavadoras, aunque es usual su aplicación en vehículos de cuatro o seis ruedas. La velocidad de cada rueda puede ser controlada de forma independiente por lo tanto el robot puede tener varias velocidades por cada rueda ya sean en sentido de avance o retroceso. El desplazamiento se da en torno a un eje y se logra accionando cada lado a velocidades diferentes o iguales (Kotay, 2001). En la Figura 2-1 se muestra un robot de cuatro ruedas con configuración de dirección deslizante.



Figura 2-1. Robot con configuración dirección deslizante

Fuente: <https://groups.csail.mit.edu/drl/courses/cs54-2001s/skidsteer.html>

Debido a su diseño mecánico compacto, liviano y poca cantidad de piezas se opta por la configuración dirección deslizante. Además, por la capacidad de brindar diferentes velocidades y direcciones a cada una de sus ruedas.

1.4. Robots móviles autónomos

A día de hoy el uso de robots móviles se ha extendido más allá de los entornos industriales debido a que forman parte de la vida diaria. El ser humano interactúa con ellos de manera frecuente, ya sea de forma consciente o no. Dado que existe una amplia variedad de robots móviles que simplifican el trabajo diario, ha habido un gran incremento en su aceptación como herramientas en el hogar (Balich, 2009).

Un robot móvil autónomo es capaz de completar actividades dentro de su entorno de trabajo e incorporando autonomía al momento de realizar las tareas asignadas. Estos son usados cada vez con más frecuencia en las industrias y hogares. Su segmento de aplicabilidad, perspectivas de mercado e incorporación se ha consolidado exponencialmente, dado que cumplen las tareas que realizan incorporando un alto grado de efectividad (Ripipsa, s.f).

Estos dispositivos operan en entornos naturales, es decir entornos no modificados y son capaces de tomar sus propias decisiones en función de un objetivo determinado. La tendencia es desarrollar algoritmos que otorguen más autonomía (Zamora, 2015).

Un robot móvil autónomo incorpora características como tener la capacidad de percibir el entorno y tomar decisiones para interactuar en el mismo, pueden ejecutar trabajos y actividades durante largos períodos de tiempo, sin necesidad de intervención humana directa y tienen la libertad de movilidad en función del área operativa y del terreno, sin control directo por parte del ser humano (Ripipsa, s.f).

1.4.1. Aplicación de los robots móviles autónomos

Tienen un campo de aplicación extenso, se puede encontrar la presencia de estos dispositivos en procesos de la vida cotidiana como en el ámbito industrial. De esta forma se han convertido en una pieza fundamental si de completar procesos se trata. Una aplicación de los robots móviles autónomos se da en el área de la limpieza. Esta ha sido una actividad monótona y pesada, con la incursión de los robots móviles se ha simplificado la manera de completar las tareas de limpieza en el hogar, como consecuencia esto ha hecho que los robots se tomen como el símbolo de una civilización avanzada. Estos robots aspiran, friegan, lavan y organizan, todo esto para satisfacer su aplicación en este campo. En un inicio su funcionamiento era sencillo, comprendía moverse dentro de un espacio designado y a su paso eliminar desechos que se encontraban en la superficie del espacio a limpiar. Esto se consigue mediante la programación de la unidad de control. Además, los primeros prototipos hacían uso de transductores, sensores infrarrojos y algoritmos de navegación autónoma (Bermúdez, 2002).

Los robots móviles autónomos hacen uso de un conjunto de tecnologías revolucionarias que permiten nuevos modelos comerciales, mejoran la eficiencia, la sostenibilidad y hacen que el trabajo sea más seguro y gratificante en una amplia gama de sectores tanto industriales como en el hogar (AneI, 2021). En la Figura 3-1 se muestra el robot móvil autónomo más comercial lanzado por la empresa estadounidense *iRobot*, este robot denominado *Roomba* es una aspiradora robótica la cual aspira los pisos de los hogares (Zamora, 2015), este dispositivo tuvo éxito y superó con creces las expectativas de ventas de la empresa. Esto hizo que varios fabricantes se dieran cuenta del potencial que representan estas aspiradoras robóticas (NCYT & Amazings, 2021).



Figura 3-1. Robot Roomba de la empresa iRobot

Fuente: <https://www.kohls.com/product/prd-3434644/roomba-677-wi-fi-connected-robot-vacuum.jsp>

1.5. Robot móvil aspirador autónomo

Son catalogados como electrodomésticos utilizados para limpiar suelos con mayor frecuencia a nivel mundial. Los modelos comerciales están diseñados para mantener limpias las casas, a pesar del estilo de vida que se maneja en la actualidad. Fue James Dizon el responsable del concepto y diseño de la primera aspiradora autónoma (NCYT Amazings, 2018).

Si se compara un robot aspirador con una aspiradora tradicional (manual) se determina que los robots aspiradores poseen una ventaja debido a que el mecanismo de limpieza no demanda que la suciedad sea elevada a grandes alturas, puesto que su diseño se concibe muy cercano al suelo. Con esto, la potencia necesaria para realizar la aspiración decrece substancialmente, debido a que la disposición de los canales de aspiración es fija (Trucos Bricolaje, 2021).

Hoy en día existen alternativas para sustituir a la aspiradora en seco, existen robots autónomos que realizan la misma tarea. En la Figura 4-1 se aprecia varios modelos de robots autónomos aspiradores que se pueden encontrar en el mercado actual.



Figura 4-1. Robots autónomos aspiradores comerciales

Fuente <https://www.xataka.com/analisis/mejor-robot-aspirador-300-euros-2019-guia-compra-comparativa>

1.5.1. Tipos de robots móviles aspiradores autónomos

En la actualidad existen tipos de robots autónomos aspiradores como se muestra en la Figura 5-1. clasificados de acuerdo a los componentes que los conforman y la función que ofrecen. En la Tabla 1-1 se muestra una descripción de cada uno.

Tabla 1-1: Tipos de robots móviles aspiradores autónomos

TIPO	DESCRIPCIÓN
Robot Aspirador	Es el más usual, es un dispositivo robótico que elimina partículas situadas sobre la superficie del suelo. En resultados son bastantes parecidos a una aspiradora de mano con la ventaja de que no se requiere ningún esfuerzo del operador para cumplir con la tarea para la que fue construido. En la Figura 5–1a se muestra un robot aspirador.
Robot Aspirador con cepillo rotatorio	Conformados por dos cepillos rotatorios en su base que giran a una velocidad determinada y son los encargados de remover la suciedad y dirigirla hacia el aspirador. Se perfilan como el candidato número uno para la limpieza de superficies como moqueta o tela ya que los cepillos permiten retirar la suciedad con mayor facilidad. En la Figura 5–1b se muestra un prototipo de este tipo.
Robot Aspirador con peines	Se dedica a avanzar y aspirar las partículas contenidas sobre la superficie mientras lo hace. Por tal motivo estos aparatos se han catalogado como eficientes a la hora de realizar la limpieza sobre superficies lisas. Para compensar la carencia del rodillo, este tipo de robot incorpora peines pequeños que son los encargados de la limpieza en superficies poco accesibles. En la figura 5–1c se puede ver un robot de este tipo.
Robot friegasuelos	Son similares a las aspiradoras robóticas, pero también pueden hacer el trabajo de fregar el piso después de aspirar. Su funcionamiento consiste en el goteo de agua que es usada para fregar la superficie mediante una mopa que se incorpora al robot. En la Figura 5–1d se muestra el robot friegasuelos de la marca vileda.

Fuente: (MuyComputer, 2020)

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022



Figura 5-1. Tipos de robots móviles aspiradores autónomos. a) robot aspirador b) Robot aspirador con cepillo rotatorio, c) Robot aspirador con peines, d) Robot friegasuelos

Fuentes: <https://nuevoperiodico.com/revision-de-ecovacs-deebot-ozmo-920-nuestra-revision-completa-robot-aspiradora/>
<https://www.gameofrobots.com>

Se puede apreciar que cada tipo de robot móvil de limpieza tiene características que atraen a los consumidores. Se opta por el modelo de robot aspirador con peines por su eficiencia en superficies lisas y su capacidad de limpieza en áreas poco accesibles.

1.6. Partes de un robot móvil aspirador autónomo

Un robot se compone de cinco partes fundamentales, el marco o esqueleto, sensores, actuadores, unidad de control y fuente de alimentación (Leon, 2021). En la Figura 6-1 se muestra los componentes que forman parte de un robot aspirador autónomo.

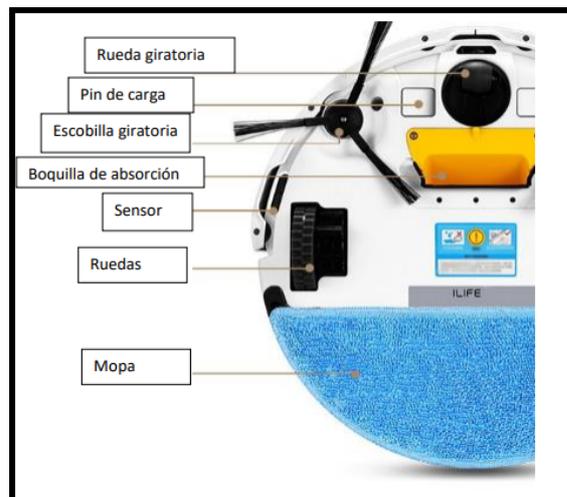


Figura 6-1. Robot móvil aspirador autónomo y sus partes

Fuente: <https://www.gameofrobots.com>

1.6.1. Infraestructura

Es la base para soportar las otras partes de un robot de manera similar a un vehículo, un robot necesita una estructura rígida donde se puedan ubicar las partes, como sensores, actuadores, controlador, baterías y otros componentes. Su infraestructura debe ser liviana, resistente a golpes, ergonómica y que evite infringir daños con las superficies en contacto (Balich, 2009). en la Figura 7-1 se puede observar las infraestructuras o esqueletos de robots móviles más usadas.



Figura 7-1. Infraestructuras usadas en robot aspiradoras

Fuente: <https://www.merca2.es/2020/07/25/5-mejores-robots-aspiradores/>

Según autores (Balich, 2009; Bambino, 2008) mencionan que para el diseño del esqueleto o infraestructura se debe tomar en cuenta las siguientes características:

- **Tamaño:** Depende de la cantidad de componentes, piezas y tarjetas que se planea ubicar en el chasis.
- **Peso:** Este sujeto al tamaño de las baterías de potencia de los actuadores o motores, de acuerdo a esta se selecciona un chasis, con mayor o menor peso.
- **Flexibilidad:** Algunos robots requieren que se puedan adaptar nuevos componentes o cambiar los existentes, por lo que se requiere un esqueleto que ofrezca esta funcionalidad.
- **Resistencia de los materiales:** Dependiendo del uso del robot se debe seleccionar el tipo de material de acuerdo a su resistencia.

En el mercado se encuentra diversos materiales para la fabricación de la infraestructura de estos robots, entre los más importantes se encuentran:

- **Acero.** – aleación sólida obtenida a partir de un metal conocido como hierro y un no metal conocido como carbono. Dentro del acero se encuentran encontrar diferentes aleaciones, entre las cuales se tiene la presencia de cromo y níquel. Al añadir estos elementos se logra obtener un producto difícil de corroer (Aceros, 2019).

- **Aluminio.** – se define como un metal ferromagnético. Al encontrarse en su forma original el aluminio es blanducho, pero bajo el procedimiento en el cuál se realizan aleaciones permite al tener una mayor resistencia. Dentro de la ingeniería de materiales es muy apetecido debido a su baja densidad y difícil corrosión (ColPi, 2020).
- **Plástico.** – material derivado del petróleo. Considerado como un polímero. Es un material que brinda características como bajo costo, ligereza, durabilidad y flexibilidad para sus aplicaciones. Por otra parte, puede ser considerado reciclable (Santillán, 2018).
- **Madera en MDF.** – considerado como un material de densidad media por sus siglas en inglés MDF (*Medium Density Fibreboard*). Es un derivado de la madera, una de sus ventajas principales es que permite tener diferentes acabados. Su costo accesible y facilidad de encontrar en el mercado hacen que sea uno de los materiales más usados en la actualidad (Agloma, 2022).

Tabla 2-1: Características de materiales

Características de Materiales				
Material Característica	Acero	Aluminio	Plástico	Madera en MDF
Conductividad	Conductor	Conductor	Aislante	Aislante
Flexibilidad	Poco flexible	Flexible	Flexible	Poco flexible
Peso	Pesado	Ligero	Ligero	Ligero
Resistencia a la corrosión	Fácil corrosión	Resistente a la corrosión	Resistente a la corrosión	Resistente a la corrosión
Costo de mantenimiento	Mantenimiento costoso	Mantenimiento de bajo costo	Mantenimiento de bajo costo	Mantenimiento de bajo costo
Costo	Costoso	De bajo costo	De bajo costo	De bajo costo

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

De la Tabla 2-1 se determinó que el plástico y madera en MDF brindan un bajo costo en comparación al aluminio y el acero. Por otra parte, la fácil flexibilidad que da el plástico permite lograr el diseño requerido en el prototipo. En adición, el peso ligero y la resistencia a la corrosión que ofrecen el plástico y la madera en MDF permiten lograr un robot de fácil transporte y más económico.

1.6.2. Placas de desarrollo con microcontroladores

Existen una gran variedad entre estas, en el mercado nacional las más representativas son las placas de la familia Arduino y *Raspberry* (Jimenez Hidalgo & Chiriboga Mera, 2015).

- **Arduino.** – Empresa que se dedica al diseño y creación de *software* y *hardware* de tipo informático implementando *open source* (código abierto). Su concepción se basa en la

flexibilidad y facilidad de uso. Arduino está orientada hacia los consumidores que hacen uso de placas de desarrollo con microcontroladores, estas son conocidas en el mercado como módulos Arduino. Los módulos Arduino incorporan un sistema que permite la recepción de entradas por medio de sensores y con esto pueden efectuarse diversas acciones, como control de actuadores de todo tipo. El software para la programación de una placa de desarrollo de esta familia se identifica como Arduino IDE, usa como lenguaje de programación el denominado “*Arduino Programmig Language*”. Las ventajas que proporciona la familia Arduino son sus bajos costos, amplia gama de placas de desarrollo, uso de código abierto, capacidad de multiplataforma y flexibilidad (Enriquez Herrador, 2009) (Arduino, 2015).

- **Raspberry.** – consideradas como ordenadores de precio y dimensiones reducidas. Su tamaño se puede comparar con el de una licencia de conducir. Están dotadas de diversos puertos que le permiten tener conexión con los dispositivos habituales de una computadora estándar, desde parlantes, ratón, pantalla o incluso una televisión. Su funcionamiento se basa en un sistema operativo conocido por todos, Linux el cual hace que seres humanos de diferentes rangos de edad puedan aprender a programar haciendo uso de lenguajes de programación como Python. Entre sus ventajas se encuentra la diversidad de conexiones que puede establecer con otros dispositivos compatibles y fácil interacción con personas de distintas edades. Pero una desventaja importante es su elevado costo (Raspberry, 2020).

En la Tabla 3-1 se hace un estudio comparativo entre las familias.

Tabla 3- 1: Comparación de placas microcontroladoras

Familia Características	Arduino	Raspberry
Microcontrolador	<i>Atmega 168, 328, 2560, 32u4, 328P, AT91SAM3X8E</i>	Cortex A7, Cortex rA53, ARM1176JZF S
Frecuencia de reloj	8, 16, 84 MHz	700 MHz, 1.2-1.5 GHz
Terminales analógicos	4, 6, 8, 12, 16	GPIO
Terminales digitales	9, 14, 20, 54	GPIO
Voltajes de operación	2.7, 3.3, 5 V	3.3, 5 V
Corriente directa	0.40 – 1.30 A	0.35, 1.4, 2.5, 3 A
Costo	12USD-16USD-18USD	127USD-189USD-199USD

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

De la Tabla 3-1, se decide optar por la familia de Arduino ya que nos brinda una gran variedad. Su voltaje de operación y consumo de corriente es menor en comparación a la familia de

Raspberry. *Raspberry* incorpora puertos mientras que Arduino no y para este prototipo no se requiere puertos. Además, Arduino ofrece terminales analógicos y digitales y *Raspberry* solo terminales digitales. Una de las razones más importantes es la de sus costos, ya que la diferencia de costo entre familias es elevada.

1.6.3. *Sensores*

Son capaces de detectar materiales de diferentes tipos con el objetivo de crear una señal de salida que será usada para continuar un proceso. Son dispositivos que miden cantidades físicas, llamadas variables de instrumentación, y las transforma en variables eléctricas. Los sensores poseen exactitud, precisión, rango de funcionamiento, velocidad de respuesta, calibración y fiabilidad; y para la selección se debe analizar la forma de la carcasa, la distancia operativa, los datos eléctricos y la forma de conexión (Álvarez, 2006).

Con el avance de la tecnología se han ido desarrollando diferentes sensores que son clasificados de acuerdo a la magnitud que pueden detectar, entre los más importantes se encuentran:

- **Sensores de posición lineal o angular.** – tienen la capacidad de mostrar la posición lineal o angular en la cual se encuentra o se encontrará un objeto con respecto al espacio o un punto de referencia. Se clasifican de acuerdo a su función, entre ellos se encuentran los sensores, finales de carrera, capacitivos e inductivos (Castillejos De Paz, 2014).
- **Sensores de nivel.** – capaz de determinar la altura de un determinado material. Por lo general, son empleados en procesos que involucran líquidos contenidos dentro de un contenedor. Estos sensores se encargan de medir en qué punto o puntos se sitúa la sustancia considerando como referencia un parámetro definido, como el extremo superior del contenedor o la base del mismo (Castillejos De Paz, 2014).
- **Sensores de proximidad.** –son capaces de identificar el momento en el que un determinado cuerpo tiene movimiento dentro de la distancia crítica del sensor. Estos pueden ser con contacto cuando es necesario que haya contacto físico entre el cuerpo y el sensor, y los sin contacto que detectan el cuerpo aun cuando no se produzca un contacto físico entre las dos partes (Castillejos De Paz, 2014).

Los sensores se clasifican de acuerdo al fenómeno físico que se desea medir detallado en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1: Clasificación de sensores

Sensores	Fenómeno a medir	Señal de Salida
Posición	Posición lineal o angular	Todo-Nada Analógica Digital
Nivel	Altura de material	Analógica Digital
Proximidad	Detección de objetos	Todo-Nada Analógica

Fuente: http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm_Ch03_mfuentesm.pdf

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

De acuerdo a la Tabla 4-1 se opta por los sensores de proximidad, en específico los sin contacto, ya que el fenómeno a medirse en el robot aspirador necesita detectar objetos sin necesidad de que exista un contacto físico entre el objeto y el sensor.

1.6.4. Actuadores

Son dispositivos que pueden crear fuerza logrando modificar la velocidad, estado o posición de un dispositivo de tipo mecánico. Esto se logra basándose en el principio de transformación de energía ya que un actuador logra transformar energía neumática, eléctrica o hidráulica, en energía mecánica (Corona, Abarca, & Mares, 2014).

Los actuadores se pueden clasificar de acuerdo a la energía usada para su funcionamiento (Corona, Abarca, & Mares, 2014):

- **Actuadores neumáticos.** – encargados de convertir la acumulación del aire que se encuentra comprimido, en movimiento mecánico, este puede ser de dos tipos: rotatorio o rectilíneo. Este tipo de actuadores necesitan de una bomba independiente para el suministro de aire (Corona, Abarca, & Mares, 2014).
- **Actuadores hidráulicos.** - encargados de convertir la acumulación de energía de un fluido que se encuentra comprimido, en movimiento mecánico, este puede ser de dos tipos: circular o rectilíneo. Este tipo de actuadores necesitan de una bomba independiente para el suministro del fluido (Corona, Abarca, & Mares, 2014).
- **Actuadores eléctricos.** – en la actualidad usados con más frecuencia en el campo de la robótica industrial por las prestaciones que brindan, entre ellas destacan que son fáciles de controlar, son precisos, permiten una alta repetitividad y son sencillos (Ruiz del Solar & Salazar, 2011). Dentro de estos actuadores se encuentran los motores de corriente continua y los motores de corriente alterna.

En los motores de corriente continua se tiene motores sin escobilla los cuales brindan altas velocidades, su cambio de polaridad es electrónico, no producen ruido, no es necesario tener

un mantenimiento continuo, mientras que los con escobillas tienen un bajo costo, su cambio de polaridad es mecánico, producen chispas y se desgastan de manera rápida (Jameson, 2022).

Para el interés de este trabajo en la Figura 8-1 se analiza la clasificación de los actuadores según la energía usada.

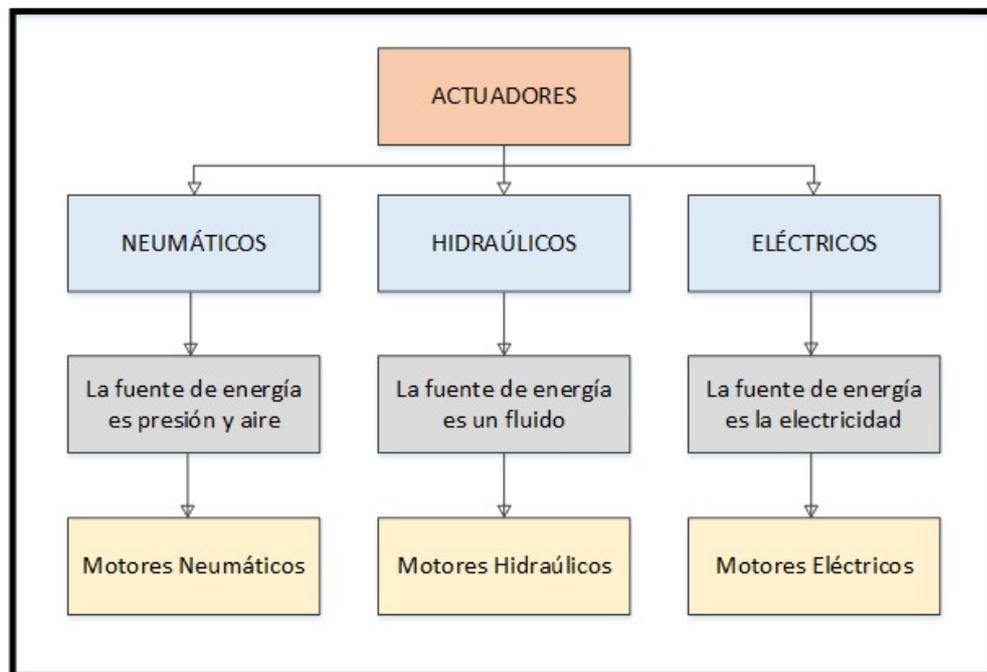


Figura 8-1. Mapa conceptual clasificación actuadores.

Fuente: Corona, Abarca, & Mares, (2014)

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

De la Figura 8-1 al comparar los distintos tipos de actuadores, se concluye que los actuadores eléctricos presentan una ventaja sobre los actuadores neumáticos e hidráulicos ya que estos permiten economizar espacio, puesto que para las otras dos opciones se necesita una bomba independiente para el flujo de aire o fluido.

1.6.5. Baterías

Con la creación de dispositivos electrónicos portátiles como juguetes, linternas, relojes, y demás ha surgido la necesidad de tener una fuente de energía portátil que sea de tamaño reducido, ligeras y de mejor rendimiento. Así, hoy en día en el mercado se encuentra una amplia variedad de baterías como:

- **Plomo ácido.** - Está compuesta por dos electrodos en los cuales se incorpora al elemento químico llamado plomo. Su uso es frecuente dentro de la industria automotriz y en el sector doméstico. La energía que puede suministrar está en un rango de 30 a 50 Wh/kg y requieren

un tiempo de carga que va entre las 8 a las 16 horas y presentan una eficiencia energética del 82.5% (González, 2015). En la Figura 9-1 se muestra una batería de plomo.



Figura 9-1. Batería de plomo

Fuente: <https://www.directindustry.es/prod/exide-technologies/product-12301-1192433.html>

- **Níquel – Cadmio.** - Se componen por un electrodo positivo (ánodo) de Hidróxido de Níquel $\text{Ni}(\text{OH})_2$ y un electrodo negativo (cátodo) de Cadmio. Su uso es cotidiano en juguetes, lámparas y en equipos electrónicos portátiles. La energía que puede suministrar está en un rango de 50 a 75 Wh/kg y requieren un tiempo de carga que va entre las 10 a las 14 horas. La eficiencia energética que presenta es del 75% (González, 2015). En la Figura 10-1 se presenta una batería de Níquel – Cadmio de la marca Panasonic.



Figura 10-1. Batería de Níquel – Cadmio

Fuente: <https://www.amazon.com/-/es/Níquel-Cadmio-batería-700-mAh-superior/dp/B0032H1KAW>

- **Níquel-Hidruro Metálico.** - Es un tipo de batería recargable que va posicionándose en el mercado. Son baterías selladas, ya que dentro de estas se encuentra hidrógeno. Para su funcionamiento es necesario que se produzcan dos tipos de reacciones de absorción y desabsorción del hidrógeno contenido adentro. En cada celda se encuentra 1.2 V y como ventajas se señala que tiene una energía específica sobre los 90 Wh/kg, una potencia

específica elevada que supera los 200W/kg, es menos contaminante que una batería de níquel-cadmio y además, posee una densidad de energía que supera los 150W/l (Viera Pérez, 2003). En la Figura 11-1 se puede ver una batería de níquel hidruro metálico de la marca fullwat.



Figura 11-1. Batería Níquel-Hidruro metálico

Fuente:

<https://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=111162045&cPath=1068>

- **Ion de litio.** - Su nombre proviene de que en lugar de usar el metal litio, solo utiliza iones de litio que se encuentran presentes en el electrolito en forma de sales. Son usadas con frecuencia en aplicaciones donde se necesitan bajas capacidades. La tensión por celda es de 4V, la energía específica se encuentra sobre los 140 Wh/kg, su potencia específica ronda los 420 W/kg y su densidad energética supera los 290 Wh/l (Viera Pérez, 2003). En la Figura 12-1 se presenta una batería de ion litio usada frecuentemente en teléfonos móviles.



Figura 12-1. Batería ion litio

Fuente: <https://www.tibagroup.com/es/baterias-litio-ion-aviones-civiles>

- **Polímero de litio.** – Tienen la capacidad de ser recargables, su funcionamiento supera a otro tipo de baterías recargables al considerar la capacidad, voltaje, peso y volumen. Se caracteriza por ser una celda que es flexible y delgada, y además entrega una gran potencia. La energía que puede suministrar está en un rango de 100 a 130 Wh/kg y requieren un tiempo de carga

que va entre 1 a 1.5 horas (Cabezas Terán, 2016). En la Figura 13-1 se indica una batería de polímero de litio de la marca *turnigy*.



Figura 13-1. Batería Polímero de Litio (LiPo)

Fuente: <https://teslabem.com/tienda/bateria-lipo-1-3ah-1300mah-22-2v-6s/>

1.6.5.1. Análisis comparativo de baterías

En la Tabla 5-1 se muestra una comparación de las principales características de las baterías mencionadas en el apartado anterior.

Tabla 5-1: Comparativa de baterías disponibles en el mercado

Tipo	Energía/Peso	Duración (números de recargas)	Tiempo de carga	Auto descarga por mes (%)
Plomo	30-50 Wh/kg	1000	8-16 horas	5 %
Ni-Cd	50-75 Wh/kg	500	10-14 horas	30 %
Ni-Mh	60-120 Wh/kg	1000	2-4 horas	20 %
Li-ion	110-300 Wh/kg	4000	2-4 horas	25 %
Li-Po	100-130 Wh/kg	5000	1-1,5 horas	10%

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

Al analizar la tabla 5-1 se observa que la batería que sobresale es la Li-Po ya que tiene un número de recargas mayor, un menor tiempo de carga y la auto descarga por mes es una de las menores junto con el de Plomo.

1.7 Algoritmos de programación

El programa de un robot es el conjunto de instrucciones que permite al robot realizar diferentes tareas de forma autónoma. Para lograr la operación un robot tiene algo parecido a un cerebro llamado unidad de control, que en su memoria contiene un programa desarrollado en función de la tarea que debe cumplir. En un robot móvil aspirador es importante que se presente un nivel alto de autonomía para reducir la intervención del ser humano en el funcionamiento. Para el desarrollo del programa de control del robot según autores (Ramírez & Reyes, 2015; Rodriguez

et al., 2014) mencionan que existen diferentes algoritmos que permiten realizar el seguimiento de trayectoria de forma autónoma. Entre los más importantes se encuentran:

1.7.1. Algoritmo de Dijkstra

Es de fácil aplicación ya que su nivel de procesamiento es bajo. Se compone de nodos y un vértice origen, para el inicio del algoritmo se considera el vértice origen y los nodos que son etiquetados con la distancia que tienen respecto al vértice origen. Así se logra que el robot cumpla el objetivo de encontrar la mejor ruta para desplazarse de un punto A hasta un punto B (Ibarra, Quiñones, García, & Ramirez, 2009).

1.7.2. Algoritmo Aleatorio

Consiste en realizar una exploración de una forma aleatoria, el robot avanza una distancia aleatoria a la derecha, izquierda, adelante o atrás y luego procede a moverse en otra dirección aleatoria. Este algoritmo se basa en desplazarse hacia cualquier lado hasta que la distancia se haya completado o desplazarse hasta que el robot se impacte contra un objeto (Acuña & Paredes, 2006).

1.7.3. Algoritmo de la mano derecha y de la mano izquierda

Se centra en avanzar a la izquierda o derecha mientras sigue una pared, con la finalidad de cumplir con la tarea de explorar y avanzar. Tiene un alto grado de efectividad al momento de movilizarse. Este algoritmo brinda la capacidad de efectuar un seguimiento de trayectoria continuo y efectivo. Para esto el software que contiene el robot debe reconocer y tomar una decisión para ejecutar una acción correcta (Acuña & Paredes, 2006; Rodriguez et al., 2014).

De acuerdo a la finalidad del presente documento, se selecciona el algoritmo de la mano derecha y de la mano izquierda debido a que el prototipo se basa en explorar y avanzar como si estaría resolviendo un laberinto. Ya que cuando se realice este movimiento a medida que avanza, aspira y desinfecta. Para la evasión de obstáculos y evitar colisiones se utiliza el mismo algoritmo al considerarse las condiciones dadas por las mediciones de los sensores de proximidad.

1.8. Desinfección

Una de las principales tareas a la hora de intentar prevenir la contaminación y propagación de un virus, bacteria o cualquier otro agente biológico consiste en la desinfección de los diferentes medios de propagación de los microorganismos. La desinfección elimina los agentes patógenos y no patógenos, pero no elimina toda la vida microbiana (Lurá, 2020). Para virus es importante contar con un desinfectante, pero no dañino ni tóxico, que permita inhibir el virus y tenga un efecto residual que mantenga limpias las superficies y el ambiente durante mucho tiempo (OMS, 2020).

Existen dos tipos de métodos de desinfección:

- *Desinfección química:* Este tipo de método es uno de los más comunes ya que su aplicación práctica se hace con facilidad. La desinfección química se compone de los microorganismos, el desinfectante y el sustrato que moviliza los microorganismos. La eficacia de la desinfección depende del agente que se usa y el tiempo de aplicación de este. Los microorganismos que pueden eliminarse pueden ser virus, bacterias, esporas u hongos. Entre los agentes de desinfección química se encuentran los alcoholes, aldehídos, fenoles, amoniacales, halógenos y los oxidantes (Chavarro, 2009).
- *Desinfección física:* Su nombre proviene del producto que se usa para realizar la desinfección ya que para este tipo de desinfección se utiliza variables físicas (BIRT, s.f). Entre los agentes de desinfección usados se encuentran: el calor que puede ser húmedo en forma de vapor a presión y seco en forma de aire caliente o incineración, y radiaciones que pueden ser no ionizantes como la radiación ultravioleta o luz visible y ionizantes como los rayos alfa, beta, gamma, equis, protones y neutrones de alta energía (Pedrique de Aulacio, De Vizcarrondo, Gamboa, & Sofía, 2008).

En la Figura 14-1 se indica los tipos de desinfección y su forma de aplicación.

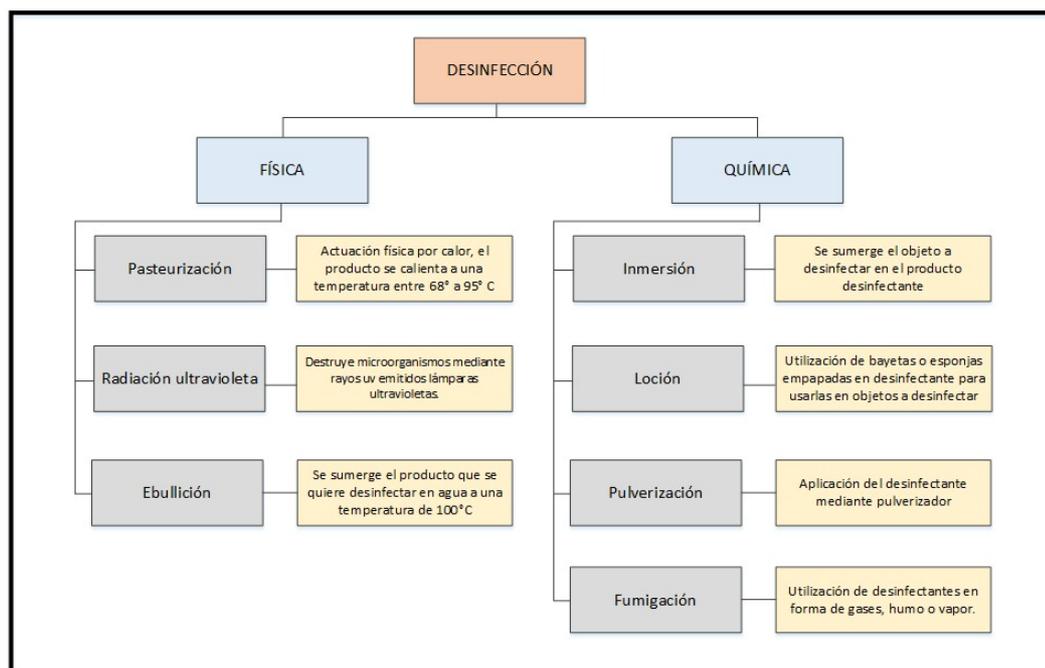


Figura 14-1. Mapa conceptual tipos de desinfección

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

De la Figura 14-1 se opta por la desinfección por medio de radiación ultravioleta es un método que permite eliminar microorganismos mediante la aplicación de rayos de luz. Este tipo de desinfección presenta una ventaja respecto a los otros métodos puesto que no necesita de altas temperaturas para cumplir su objetivo.

1.9. Radiación ultravioleta

Es una parte del espectro electromagnético que tiene una longitud de onda que va desde los 100 hasta los 400 nanómetros (nm) (Benavides, 2010). Según *National Academics* (2020) menciona que la luz ultravioleta destruye la capacidad del virus SARS-CoV-2 que causa COVID-19. Los dispositivos que permiten generar luz ultravioleta son lámparas que producen luz gracias al flujo de corriente a través del vapor de mercurio entre los electrodos de la lámpara. Para desinfectar la longitud de onda debe ser la menor posible. La desinfección se centra en destruir el material genético de un virus, las lámparas de luz ultravioleta actúan sobre ellos al entrar en su ácido nucleico y desactivar la capacidad del virus para reproducirse y de esta forma se consigue su inactivación (Wright & Cairns, s.f).

1.9.1. Radiación UVC

El espectro electromagnético se compone de los rayos gama, rayos x, rayos ultravioletas, luz visible, infrarrojo, microondas, ondas de radio y las largas ondas de radio. La luz ultravioleta aplicada en cantidades pequeñas sobre el ser humano puede ser beneficiosa para la salud ya que actúan de forma directa sobre la producción de vitamina D, pero si es aplicada de manera excesiva puede ser perjudicial ya que la exposición excesiva a la radiación ultravioleta se asocia a diferentes tipos de enfermedades cutáneas, entre ellas el cáncer (Ideam, s.f).

La luz ultravioleta de tipo C tiene un rango en el campo electromagnético que va desde los 100 hasta los 280 nm. Existen publicaciones que comprueban que el uso de las lámparas UVC inactivan virus como el SARS-COV, para el SARS-COV2 la dosis y el tiempo que se necesita para inactivar el virus varían de manera moderada para que la aplicación de rayos UVC (De Andrés Miguel, Prieto de Castro, & Usera, 2020).

1.9.2. Tiempo de aplicación de luz UVC para desinfección

Para determinar la dosificación de luz UVC que debe ser aplicada para que se lleve a cabo la desinfección se debe regir bajo la ecuación (1-1) dada por (Correa, Mera, Guacho, Villareal, & Valencia, 2020):

$$\text{Dosificación} = \text{intensidad} \times \text{tiempo de aplicación} \qquad \text{Ecuación (1 - 1)}$$

En la actualidad se dispone de calculadoras de tiempo de aplicación de luz UVC para garantizar la desinfección. En la Figura 15-1 se muestra la interfaz web que presenta una calculadora de dosis UVC que brinda la empresa *Synertech* en su sitio web¹. Esta aplicación web nos permite seleccionar la potencia de la lámpara, el tipo de microorganismo, el microorganismo en concreto

¹ <https://www.nyfdecolombia.com/uv/area-industrial/en/paginas/prueba>

y se debe fijar la distancia a la cual se aplica la luz UVC y como resultado refleja el tiempo de aplicación de la luz en minutos (Synertech, 2020). Con este valor de tiempo es posible realizar un cálculo con una regla de tres para determinar el tiempo de acuerdo a una lámpara UVC de 15W colocada a una distancia de 3 centímetros.

CALCULADORA DE DOSIS UV-C 🇪🇸 🇺🇸

Potencia de lámpara: 15W

Tipo microorganismo: Virus

Microorganismo: Covid-19

Dosis (J/m²): 1

Distancia (m): 1

Tiempo recomendado (minutos): 1

Tabla de cálculo para determinar el tiempo de radiación ultravioleta recomendado según la potencia de las lámparas y el tipo de microorganismo a destruir.

Figura 15-1. Calculadora de dosis UV-C de Synertech

Fuente: <https://www.nyfdecolombia.com/uv/area-industrial/en/paginas/prueba>

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se detalla la concepción general del prototipo del Robot Autónomo Aspirador de Desinfección con Luz Ultravioleta que a partir de este capítulo se denomina RAADUV, se establecen los requerimientos para el diseño, se selecciona los dispositivos electrónicos pertenecientes para este y se describen los elementos de *hardware* y *software*.

2.1. Requerimientos de RAADUV

En base al estudio realizado en el capítulo anterior, se identificaron los requerimientos necesarios para implementar el sistema de RAADUV, estos son:

- Capacidad de succionar partículas de polvo y otras partículas pequeñas.
- Capacidad de trabajar sobre pisos de madera y baldosa.
- Capacidad de cubrir un área de trabajo definida en 2x2m.
- Contar con un diseño compacto y de fácil mantenimiento tanto externo como interno.
- Mantener una velocidad de 0.01 m/s para garantizar la desinfección.
- Disponer de una batería que permita una autonomía de funcionamiento mínima de 30 minutos.
- Capacidad de evadir obstáculos a una distancia máxima de 3 cm de forma segura.
- Ser de bajo costo, de fácil transportación y operación.

2.2. Concepción general de RAADUV

Al encender el prototipo tiene un tiempo de espera de tres segundos, esta toma información por medio del sistema de detección, el cual se compone de sensores *Sharp*, estos envían señales hacia la placa de desarrollo denominada Arduino MEGA encargada de realizar todos los procesos, esta determina los movimientos del robot, accionamiento del aspirador, lámpara UVC y escobillas.

Las señales obtenidas por los sensores *Sharp* determinan la orientación para asignar el movimiento del robot. Este proceso se repite hasta que RAADUV cubra el área de 2x2 metros. En el caso de presentarse un obstáculo hace uso del algoritmo de la mano derecha e izquierda para evadirlo completamente y continuar su trayectoria. RAADUV incorpora un sistema de tracción compuesto por cuatro motores paso a paso conectados a llantas de goma con labrado para lograr mayor tracción en distintas superficies lisas. Para el aspecto de limpieza cuenta con un sistema de recolección de desechos, este se compone de dos escobillas que conducen las partículas

hacia el aspirador que se encarga de succionarlas, dichas partículas se almacenan en un contenedor ubicado dentro de la estructura.

RAADUV tiene la capacidad de desinfectar las superficies por las cuales se moviliza gracias a su sistema de desinfección que integra una lámpara UV de tipo C. En Figura 1-2 se puede apreciar la concepción general de RAADUV.

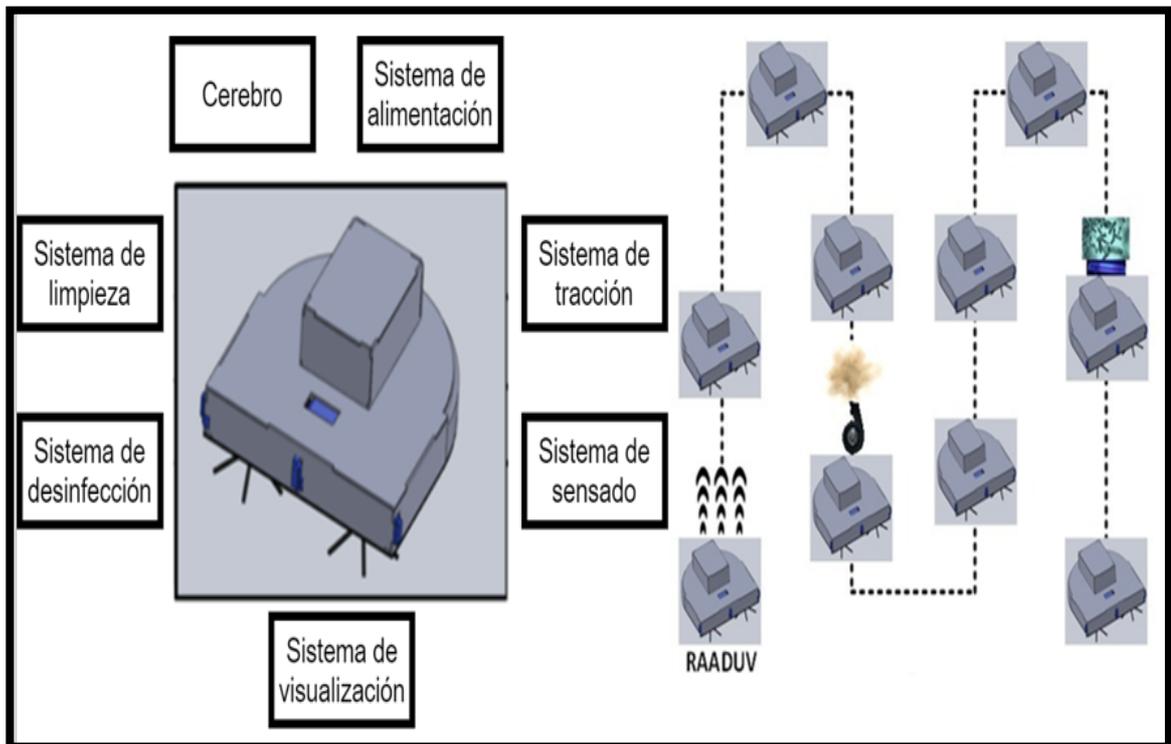


Figura 2-1. Concepción general de RAADUV

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.3. Arquitectura de hardware de RAADUV

El bloque de alimentación suministra la energía para el funcionamiento de todos los componentes del sistema. El bloque de visualización brinda información acerca del estado de la carga de la batería y consumo de corriente. El bloque de sensado envía información hacia el bloque de procesamiento, el cual trabaja con una tarjeta de desarrollo Arduino Mega, esta proporciona las órdenes para controlar el bloque de recolección de desechos y el bloque de desinfección. En el bloque de recolección de desechos (limpieza) se activa un aspirador el cual almacena todas las partículas (polvo o partículas pequeñas) que se encuentren sobre la superficie dentro de un contenedor. En el bloque de desinfección se activa una lámpara UV para la desinfección de superficies, como se muestra en la Figura 2-2.

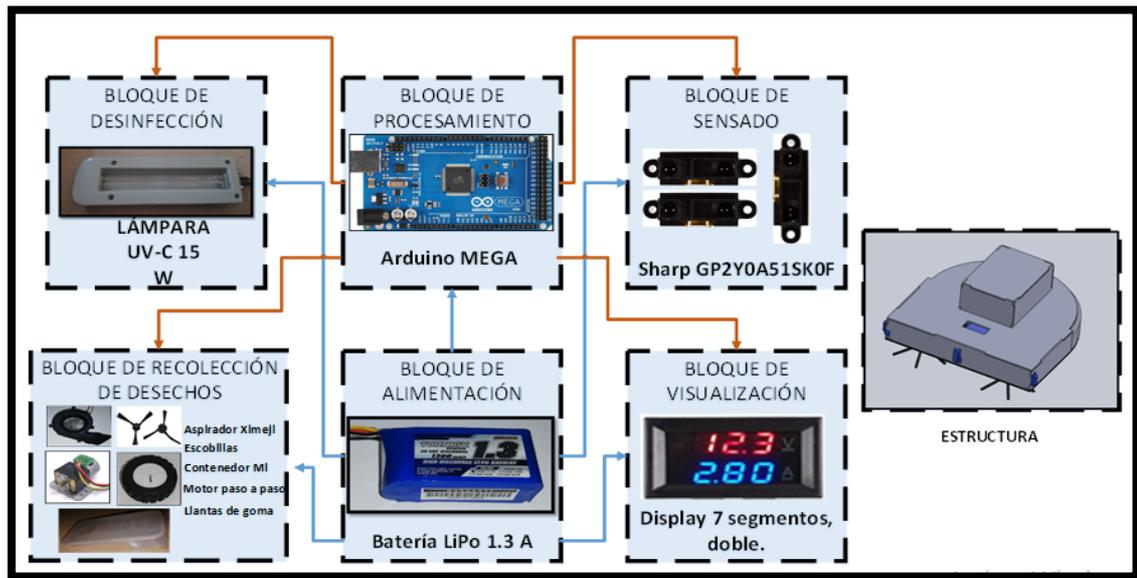


Figura 2-2. Arquitectura hardware de RAADUV con sus diferentes etapas

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.4. Diseño de bloques de hardware de RAADUV

Una vez analizada la arquitectura de *hardware* de RAADUV a continuación se detallan cada uno de los bloques que constituyen el sistema RAADUV.

- **Bloque de alimentación.** - Encargado de suministrar la energía a todos los bloques que conforman el RAADUV para su funcionamiento sin interrupciones. Está compuesto por una batería LiPo de tres celdas que suministra 11.1 V con amperaje de 1300 mA, además, la batería tiene una capacidad de descarga de 30-40 c, que es el factor de descarga.
- **Bloque de sensado.** – compuesto por tres sensores Sharp, izquierdo, frontal y derecho. Su función es receptar todas las señales y enviarlas al bloque de procesamiento para ser transformadas a valores numéricos de distancia. Permite al RAADUV conocer en tiempo real la distancia que existe entre él y un objeto.
- **Bloque de procesamiento.** – Es el encargado de tomar las señales del bloque de sensado, procesarlas y emitir las señales que asignan la dirección y velocidad de los motores y la evasión de obstáculos, de ser el caso. Además, emite las señales que permiten controlar el bloque de recolección de desechos, bloque de desinfección y bloque de visualización.
- **Bloque de recolección de desechos.** - determina la activación del aspirador para almacenar todas las partículas que se encuentren sobre la superficie dentro del contenedor. La activación de los actuadores del bloque de recolección de desechos se da en base a las señales de salida generadas dentro del bloque de procesamiento.
- **Bloque de desinfección.** - determina que la lámpara de luz UV debe encenderse para desinfectar los virus y microorganismos que se encuentren sobre la superficie. La activación del actuador del bloque de desinfección se da en base a las señales generadas dentro del bloque de procesamiento.

- **Bloque de visualización.** - Se encuentra la visualización que permite mostrar la cantidad de batería que dispone RAADUV para su funcionamiento, de esta forma el valor numérico de cantidad de batería se muestra por medio de un *display* fijado en la parte superior de la carcasa.

2.5. Selección de componentes hardware para la construcción de RAADUV

Después de analizar los requerimientos de *hardware*, y cada uno de los bloques que comprenden el sistema, se procede con la selección de los diferentes componentes adecuados para el funcionamiento de RAADUV. Cada uno de los elementos que forman parte de este fueron seleccionados por su disponibilidad en el mercado, así como por la necesidad de cumplir los requerimientos planteados.

2.5.1. Tarjeta microcontroladora Arduino Mega

Para RAADUV se optó por utilizar la tarjeta Arduino Mega mostrada en la Figura 3-2. Este tipo de tarjeta trabaja con código abierto. Otro factor importante es que cuenta con cuatro terminales de interrupción, 54 terminales que pueden ser configurados como entradas o salidas y analógicas o digitales (Barrett, 2013), lo cual permite enviar señales de control para activar diferentes dispositivos que posee RAADUV entre ellos sensores y actuadores.

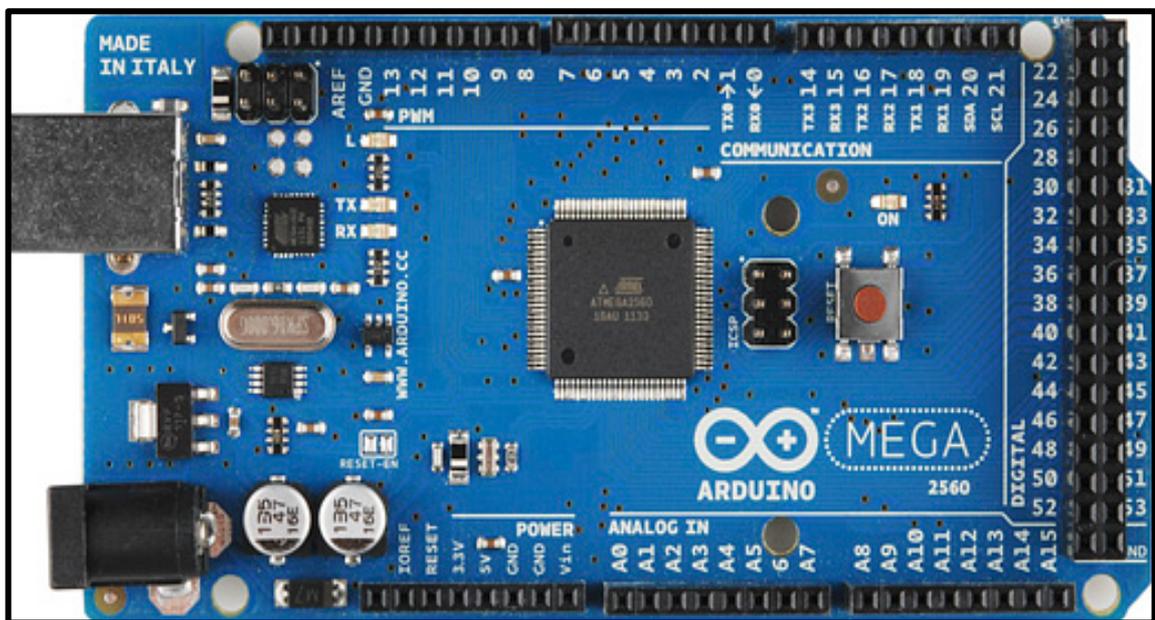


Figura 3-2. Micro controlador Arduino Mega

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

En la Tabla 1-2 se detallan las principales características del Arduino Mega.

Tabla 1-2: Características Arduino Mega

Características tarjeta controladora Arduino Nano	
Microcontrolador	ATmega2560
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada	7-12V
Consumo de corriente	93 mA
Terminales digitales	54
Terminales analógicos	16
Corriente DC por pin de E/S	20 mA
Memoria Flash	256 KB de los cuales 8 KB son utilizados por el <i>bootloader</i>
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz
Peso	37 g
Dimensiones	101.52x53.3 mm

Fuente: <https://proyectoarduino.com/arduino-mega-2560/>

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.5.2. *Micro mini - motor paso a paso*

Este tipo de motores pertenece a los actuadores eléctricos. Consta de un motor, caja de engranajes y un eje en el cual se pueden acoplar llantas. Para lograr el movimiento del eje el motor, se usan desplazamientos angulares discretos que provienen de una conversión de una serie de impulsos eléctricos. En RAADUV serán los encargados de brindar la movilidad al robot. Estos motores nos permiten realizar desplazamientos con gran precisión (Corona, Abarca, & Mares, 2014). En la Figura 4-2 se presenta al micro mini motor paso a paso.

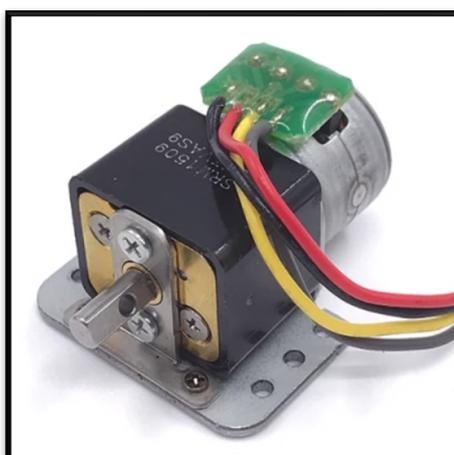


Figura 4-2. Micro mini motor paso a paso

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

En la Tabla 2-2 se detallan las características más importantes del Micro mini motor paso a paso.

Tabla 2-2: Especificaciones mini micro motor paso a paso

CARACTERÍSTICAS	
Voltaje nominal	6 V
Tipo de motor	Paso a paso
Diámetro del motor	15 mm
Consumo de corriente	0.6 A
Velocidad	0.5 m/s
Ángulo de paso	18 °
Peso	20 g

Fuente: <https://m.es.aliexpress.com/item/10000008484906.html>

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.5.3. Sensor Sharp GP2Y0A51SK0F

Se seleccionó este tipo de sensores para medir la distancia entre RAADUV y los objetos puesto que son capaces de medir distancias, para ello cuentan con un emisor infrarrojo y un receptor que usa triangulación (Albarrasin, 2020). El sensor se ilustra es la Figura 5-2. Entre sus ventajas destaca su gran precisión de medida y la insensibilidad a la luz ambiental o el Sol (enemigo de los sensores infrarrojos), este tipo de sensores usa una luz infrarroja intermitente con una frecuencia determinada, que en el receptor es filtrada y elimina cualquier otra fuente de luz diferente a la frecuencia emitida (Naylamp Mechatronics, s.f).



Figura 5-2. Sensor infrarrojo Sharp GP2Y0A51SK0F

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

En la Tabla 3-2 se detallan las características más importantes del sensor Sharp GP2Y0A51SK0F.

Tabla 3-2: Características del sensor Sharp GP2Y0A51SK0F

CARACTERÍSTICAS	
Voltaje de funcionamiento	4.5 V a 5.5 V
Consumo de corriente	22 mA
Rango de medición	2 cm a 15cm

Tipo de salida	Voltaje analógico
Periodo de actualización	720 RPM
Tamaño	27×13,2×14,2 mm
Peso	2.7 g

Fuente: https://global.sharp/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a51sk_e.pdf

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.5.4. Módulo A4988

Es una placa amigable con el usuario y de conexión simple. Entre las aplicaciones más usuales está la de controlar motores paso a paso (AVElectronics, 2021). Se debe tener en cuenta que este módulo funciona para controlar motores paso a paso que no superen los 2A de corriente. Será el encargado de controlar la velocidad y el número de pasos de los motores paso a paso de RAADUV. En la Figura 6-2 se presenta el módulo de control A4988.

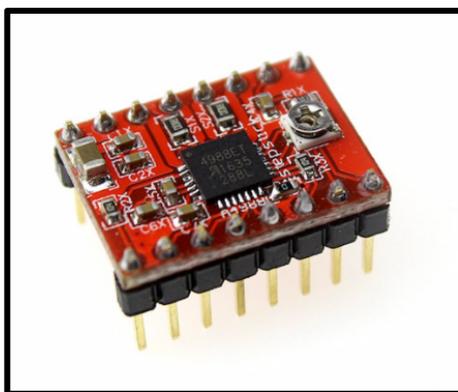


Figura 6-2. Módulo de control A4988

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

En la Tabla 4-2 se detallan las características más importantes del módulo A4988.

Tabla 4-2: Características módulo A4988

CARACTERÍSTICAS	
Voltaje de operación	8 – 35 VDC
Consumo de corriente	0.7 A
Potencia máxima disipada	32 °C/W
Peso	8.5 g

Fuente:

https://www.pololu.com/file/0J450/a4988_DMOS_microstepping_driver_with_translator.pdf

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.5.5. Aspirador

Para RAADUV se seleccionó un aspirador usado a menudo en aspiradoras manuales de autos. La característica más importante de una aspiradora es tener en cuenta la capacidad del aspirador el cual debe tener un CFM (Flujo de aire en pies cúbicos por minuto) que brinde la fuerza para aspirar polvo y otras partículas pequeñas (MuyComputer, 2020). La mayoría de aspiradoras utiliza alrededor de 60 CFM, RAADUV consta de un flujo de aire en pies cúbicos por minuto de 60. En la Figura 7-2 se muestra el aspirador adquirido de la empresa Ximeji utilizado para el RAADUV.



Figura 7-2. Aspirador implementado en RAADUV

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

En la Tabla 5-2 se detallan las características más importantes del aspirador

Tabla 5-2: Principales características aspirador

CARACTERÍSTICAS	
Voltaje de operación	6 – 9 VDC
Corriente máxima	0.6 A
CFM	60
Peso	8.5 g

Fuente: <https://www.panaservicio.es/dj96-00117a-motor-ventilador-original-para-robot-aspirador-samsung>

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.5.6. Micro motor pololu

Son pequeños y constan de una caja reductora metálica, en adición pueden funcionar con voltajes por debajo del voltaje nominal sin ningún problema. Este tipo de motores se utilizan en laboratorios, maquinaria de alta precisión, y para la investigación gracias a su poco consumo

energético (pololu, 2022). En RAADUV es el encargado del giro de las escobillas. En la Figura 8-2 se muestra el motor pololu implementado en RAADUV.



Figura 8-2. Micromotor pololu

En la Tabla 6-2 se detallan las características más importantes del Micromotor pololu

Tabla 6-2: Especificaciones micro motor

Características Micro motor Pololu	
Voltaje nominal	6 V
Consumo de corriente	0.15 A
Corriente de bloqueo	0.67 A
Corriente sin carga	0.04 A
Velocidad sin carga (RPM)	650 RPM
Potencia máxima	0.57 W

Realizado por: (López William, López Santiago, 2020)

2.5.7. Contenedor de desechos

Contenedor de plástico de un robot aspirador de marca Ximeji. Construido con polietileno de alta densidad, el cual permite almacenar las partículas pequeñas o de polvo recolectadas al momento de aspirar. Las dimensiones son de 8 centímetros por 9 centímetros por 2 centímetros. Su peso es de 51 g como se muestra en la Figura 9-2.



Figura 9-2. Contenedor de desechos

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

En la Tabla 7-2 se detallan las características más importantes del contenedor

Tabla 7-2: Principales características del contenedor

CARACTERÍSTICAS	
Volumen	144 cm ³
Peso	51 g
Material	Polietileno de alta densidad
Dimensiones	Largo: Ancho: Altura: 2 cm

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.5.8. Regulador de voltaje LM2596

Ilustrada en la Figura 10-2, es un regulador de voltaje de corriente directa a corriente directa. Permite tener un voltaje constante y trabaja como reductor ya que permite transformar un voltaje de mayor a menor magnitud, como ejemplo si a la entrada se tiene 24V en la salida proporciona 12V, 5V, etc (Pumarica Roldan & Manuel, 2016). Su tamaño es reducido 43mmx21mmx13mm, lo que hace que este regulador sea usado con frecuencia en la implementación de dispositivos de poco tamaño.

En la Tabla 8-2 se detallan las características más importantes del regulador de voltaje LM2596.

Tabla 8-2: Características regulador de voltaje LM2596

CARACTERÍSTICAS	
Voltaje de entrada	4.5V a 40V DC
Voltaje de salida	1.23V a 37V DC
Consumo de corriente	10 mA
Corriente de salida	2.5 A 3 A (máx)
Potencia de salida	25W
Peso	11.23 g

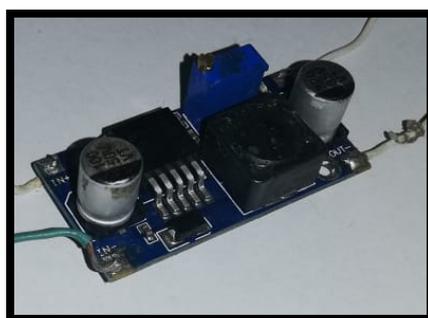


Figura 10-2. Regulador de voltaje LM2596

Fuente: <https://www.addicore.com/lm2596-module-p/ad281.htm>
Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.5.9. Lámpara de luz ultravioleta c

El tiempo de aplicación de la luz ultravioleta c se calcula de acuerdo a la información proporcionada por (Synertech, 2020) con su calculadora de dosis de UV-C. La cual define el tiempo de aplicación para una lámpara de 15W a una distancia de aplicación de un metro, como un minuto. Ya que RAADUV tiene una distancia de aplicación de 3 centímetros, es necesario realizar un nuevo cálculo mostrado en la Ecuación, para esto se considera una lámpara UV-C de 15W de la marca QNICEUVC, detallado a continuación:

Vatios(W)	Distancia de aplicación(m)	Tiempo (s)
15	1	60
15	0.03	x

$$x = \frac{60s * 15W * 0.03m}{15W * 1m}$$

$$x = 1.8 s$$

Se muestra que el tiempo de aplicación de la luz debe ser de 1.8s. Se opta por elegir una lámpara de luz UV-C con un espectro de luz de 2.5 centímetros. En la Figura 11-2 se observa la lámpara que va a ser usada, esta se aplica especialmente para la desinfección de virus, bacterias y microorganismos puesto que su longitud de onda se encuentra entre los 100 y los 280 nm que es lo necesario para inactivarlos (Wright & Cairns, s.f).



Figura 11-2. Lámpara de desinfección ultravioleta tipo C

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

En la Tabla 9-2 se detallan las características más importantes de la lámpara UV-C.

Tabla 9-2: Características de lámpara UV-C

CARACTERÍSTICAS	
Longitud de onda	253.7 nm
Radiación	2500 uw/cm ²
Potencia de bombilla	15 W
Vida de la bombilla	20000 h

Fuente de alimentación	12 V
Consumo de corriente	1.25 A
Peso	30 g

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-432186394-lampara-germicida-telf-laptop-tablet-documento-objeto-person-_JM#redirectedFromParent

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.5.10. Batería Ion Polímero de Litio

Para la selección de la batería que incorpora RAADUV se realiza el cálculo del consumo de corriente total, detallado a continuación:

En la tabla 9-2 se muestra los valores de consumo de corriente de cada uno de los componentes que se van a implementar en RAADUV, y al final el total de consumo de corriente.

Tabla 10-2: Consumo de corriente de RAADUV

COMPONENTE	CANTIDAD	CONSUMO DE CORRIENTE	TOTAL, CONSUMO DE CORRIENTE
Arduino Mega	1	93 mA	93 mA
Motor paso a paso	4	45 mA	180 mA
Sensor <i>Sharp</i>	3	10 mA	30 mA
Módulo A4988	1	200 mA	200 mA
Aspirador	1	500 mA	500 mA
Motor pololu	1	100 mA	100 mA
Módulo LM2596	1	10 mA	10 mA
Lámpara UV-C	1	1250 mA	1250 mA
TOTAL			2.4 A

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

De la tabla 9-2 se observa que el consumo total de corriente es de 2.43A. Puesto que el tiempo de funcionamiento debe ser de mínimo 30 minutos, se necesita seleccionar una batería de mínimo 1300 mAh dado que brinda funcionamiento durante 33 minutos, como se muestra en el cálculo realizado a continuación:

$$\begin{array}{cc} \text{Consumo de corriente (A)} & \text{Tiempo (h)} \\ 1.3 & 1 \\ 2.4 & y \end{array}$$

$$x = \frac{1h * 1.3A}{2.4 A}$$

$$x = 0.54 h = 33 \text{ minutos}$$

Se opta por una batería ion polímero de litio ya que este tipo de baterías tiene un mayor número de recargas, así como su tiempo de carga es menor respecto a otro tipo de baterías recargables. Su auto descarga es del 10% por mes y tiene un alto nivel de voltaje por celda (Cabezas, 2016). En la Figura 12-2 se muestra una batería ion polímero de litio de la marca *turnigy*.



Figura 12-2. Batería LiPo Turnigy

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

En la tabla 10-2 se detallan las características más importantes de la batería Lipo.

Tabla 11-2: Principales características de batería Lipo

CARACTERÍSTICAS	
Capacidad	1300 mAh
Voltaje	3S1P/ 3Celdas/ 11.1V
Descarga	30C-40C
Peso	107 g
Dimensiones	78x34x23 mm

Fuente: <https://www.amazon.com/-/es/Turnigy-1300-mAh-30-LiPo-Pack/dp/B0072AELX8>

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.5.11. Ruedas 42x19mm

Las ruedas de rin plástico con llantas que tienen labrado en toda la circunferencia, se pueden adaptar al eje de los micro motores para su movimiento. Este tipo de ruedas permiten la movilidad, como se menciona están diseñadas para que puedan encajar en el eje de los micro motores paso a paso (Rincón Barragán, y otros, 2011). En la Figura 13-2 se observa una rueda con labrado de dimensiones 42x19mm.



Figura 13-2. Ruedas con labrado 42x19 mm

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

En la Tabla 11-2 se detallan las características más importantes de las ruedas seleccionadas para la implementación de RAADUV.

Tabla 12-2: Principales características de ruedas

Características ruedas con labrado 42x19 mm	
Dimensiones	42 x 19 mm
Peso	19 g
Entrada	3 mm D

Fuente: <http://www.mecamex.net/anterior/cong10/trabajos/art51.pdf>

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.6. Esquema de conexión electrónica de RAADUV

En la Figura 14-2 se presenta el esquema de conexión electrónica de los elementos que conforman el circuito de RAADUV. Donde los dispositivos electrónicos que conforman como señales de entrada y salida estarán conectadas a una unidad de control. A continuación, se detalla el funcionamiento del procesador central:

- Para el bloque de alimentación el RAADUV usa una batería LiPo de 3 celdas que proporciona 11.1 V este se conecta a un amperímetro y voltímetro para indicar el consumo de corriente y voltaje de RAADUV. Se usa dos módulos LM2596 regulador DC-DC para alimentar todos los elementos electrónicos. El primer módulo (LM1) reduce el voltaje otorgado por la batería a 5 V para alimentar a los sensores Sharp, al Arduino y a la lámpara UV-C. El segundo módulo (LM2) reduce el voltaje de la batería a 6 V para alimentar al aspirador junto con las escobillas y a los *drivers* de los motores paso a paso.
- El Arduino Mega es el encargado de procesar las señales provenientes de los sensores y de enviar una orden a las salidas (el aspirador junto con las escobillas, la lámpara y los *drivers*).

- El primer módulo (A1) que controla el motor derecho se conecta a los terminales D4, D3 y D2; y el segundo módulo (A2) que controla el motor izquierdo se conecta a los terminales D7, D6 y D5 del Arduino Mega.
- Los sensores *Sharp* conformados por tres unidades (*Sharp 1* – sensor frontal, *Sharp 2* – sensor derecho y *Sharp 3* – sensor izquierdo), son los encargados de obtener la información del entorno. Estos se conectan a los terminales A0, A1 y A2 del Arduino Mega.
- El terminal positivo del aspirador y escobillas están conectadas a terminal positivo del regulador LM1, mientras que el terminal negativo del aspirador y las escobillas se conectan al drenaje del Q2.
- La *GATE* del Mosfet Q2 se conecta al terminal D10 del Arduino Mega.
- La lámpara es el encargado de la desinfección. Este se conecta al Drenaje (*Drain* – D) del Mosfet Q1.
- El Mosfet Q1 funciona para la activación de la lámpara. Este componente se conecta al terminal D11 del Arduino Mega.

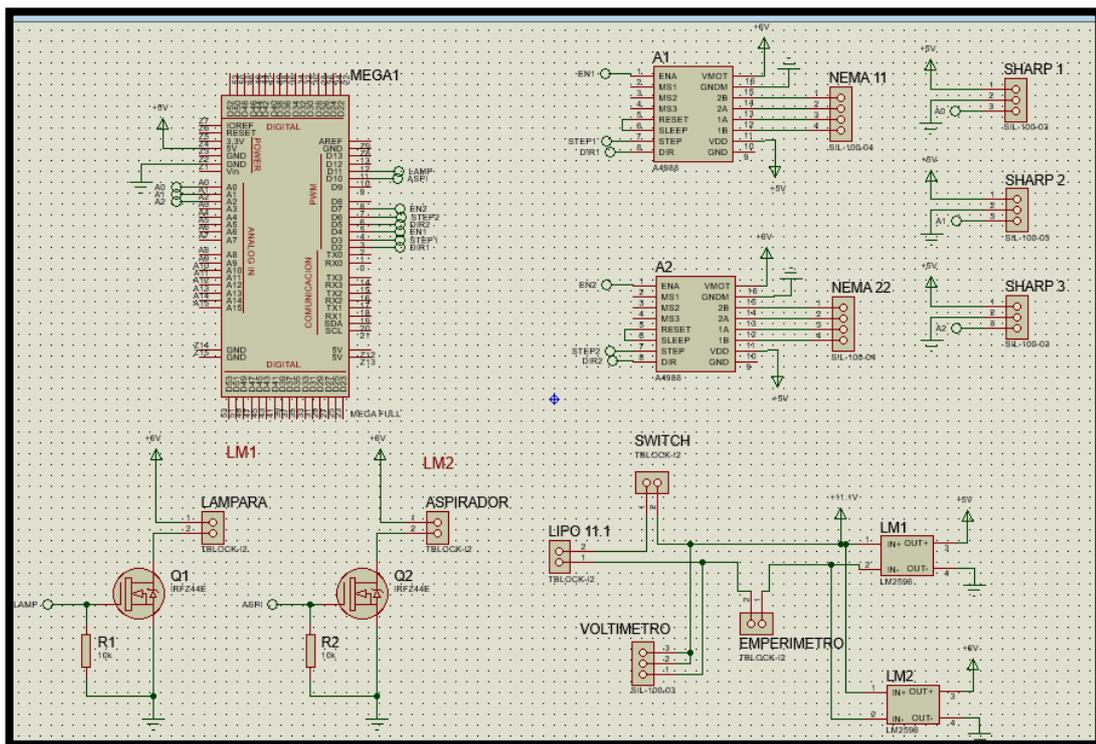


Figura 14-2. Esquema de conexión electrónica de RAADUV

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

En la Tabla 12-2 se detallan las conexiones de todos los módulos y componentes que integran el *hardware* del procesador central.

Tabla 13-2: Tabla de conexión de terminales y módulos/componentes

Terminales del Arduino Mega	Módulos/Componentes
ALIMENTACIÓN	LM2596
24	OUT+ (5 V)
ENTRADAS ANALÓGICAS	SHARP GP2Y0A51SK0F
A0	Vo (Sharp 1)
A1	Vo (Sharp 2)
A2	Vo (Sharp 3)
SALIDAS DIGITALES	A4988
D4	ENA (A1)
D2	DIR (A1)
D7	ENA (A2)
D5	DIR (A2)
	ASPIRADOR Y ESCOBILLAS
D10	Gate (Q2)

Terminales del Arduino Mega	Módulos/Componentes
	LÁMPARA
D11	Gate (Q1)
PWM	A4988
D3	STEP (A1)
D6	STEP (A2)

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.7. Arquitectura *hardware* de RAADUV

Se hizo uso del *software* Proteus que es una aplicación que permite realizar circuitos electrónicos en todas sus etapas de su esquema, diseño de la parte física simulación y depuración de errores (HUBOR, 2015).

Para validar el diagrama esquemático se efectuó la simulación y el montaje de los componentes en un protoboard con el fin de asegurar el funcionamiento del RAADUV. Luego se realizó el diseño de la placa PCB en el *mismo*.

2.7.1. Placa del procesador central

En la Figura 15-2 se aprecia el diseño de la placa central del RAADUV, en la parte A) se muestra la vista inferior y en la parte B) se muestra la vista superior de la placa PCB.

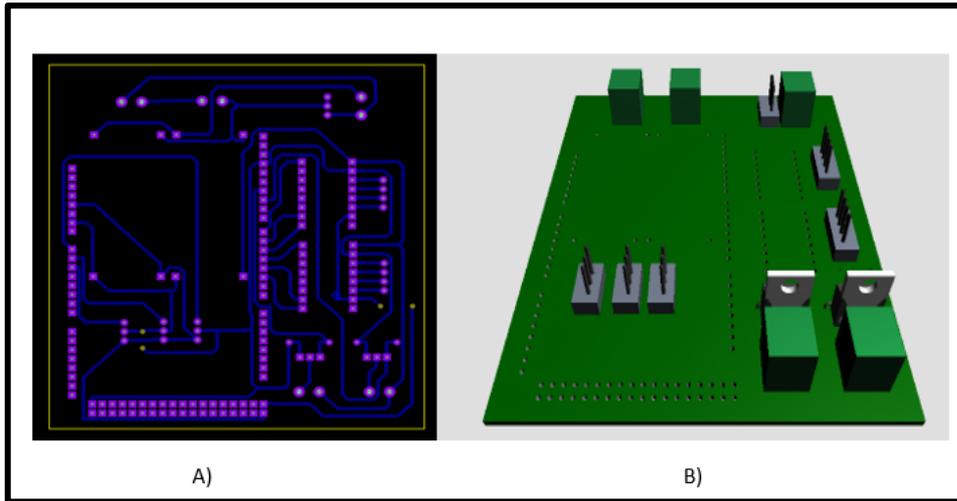


Figura 15-2. Placa PCB central de RAADUV, A) Vista inferior y B) Vista superior

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.7.1.1. Fabricación de la placa PCB del procesador central

Luego de realizar el diagrama esquemático, se procede a la fabricación de la placa PCB. Para ello se empleó una baquela de fibra de vidrio por su alta resistencia y bajo peso. Se empieza con el estampado del circuito impreso a láser, se considera tanto la parte superior como la parte inferior en un papel encerado como se muestra en la Figura 16-2. La parte inferior (Figura 16-2A) consta de las pistas del circuito y la parte superior (Figura 16-2B) sirve de guía para ubicar los componentes.

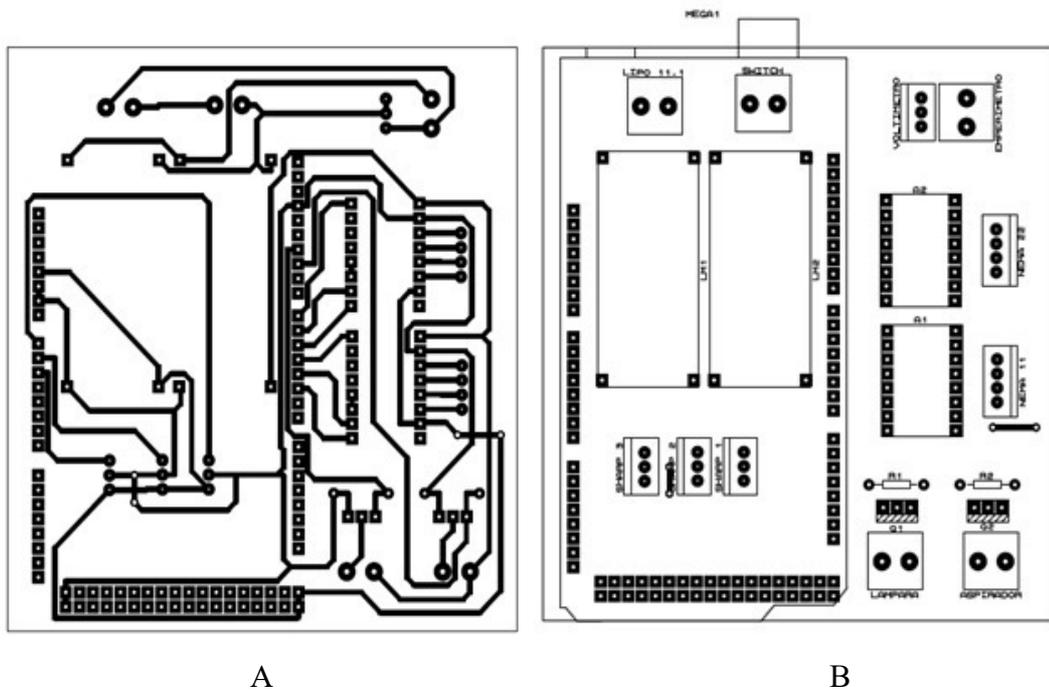


Figura 16-2. Circuito de la placa PCB, A) Vista inferior, y B) Vista superior

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

Para poder transferir el circuito se utilizó la técnica de transferencia térmica y luego se sumergió la baquelita en ácido de cloruro férrico para corroer el cobre, el cual deja solo las pistas y *pads*. Una vez el proceso de corrosión del cobre ha terminado se procede a sacar la placa y limpiarla con diluyente (*Thinner*). Al final, se procedió a realizar las perforaciones correspondientes y soldar los componentes, de esta manera se obtuvo la placa PCB lista para usarse en el RAADUV como se muestra en la Figura 17-2, donde la parte A) corresponde a la vista inferior y la parte B) a la vista superior de la placa terminada. Como paso adicional se probó continuidad en las diferentes pistas para descartar corto circuitos.

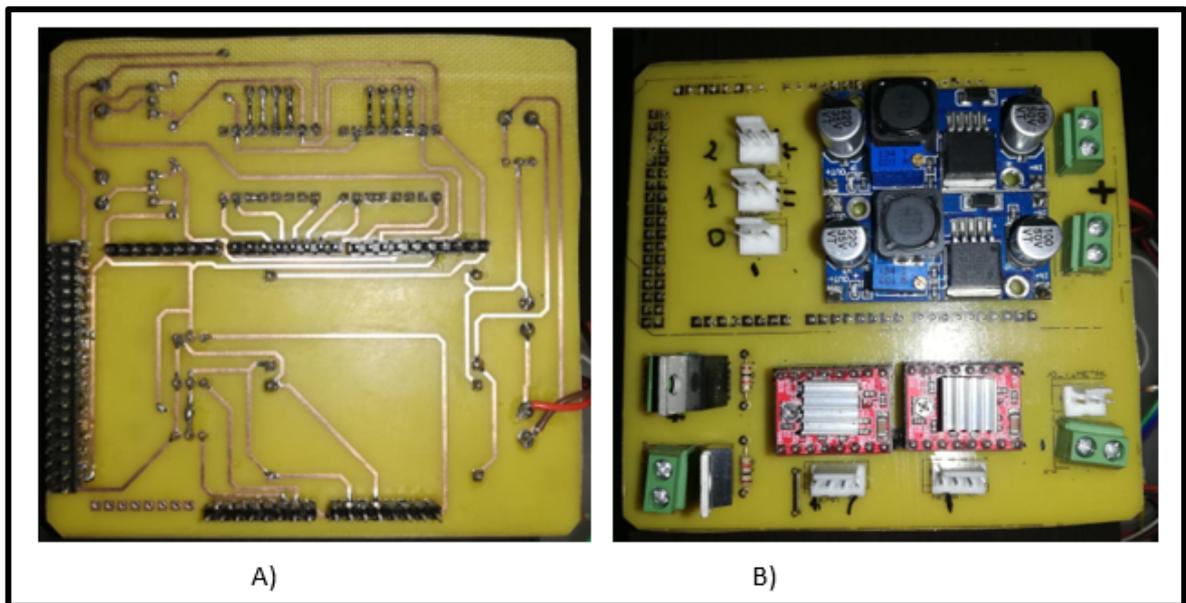


Figura 17-2. Placa implementada, A) Vista Inferior, y B) Vista Superior.

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.8. Arquitectura estructural de RAADUV

Consta de cuatro partes, este diseño tiene como objetivo ser compacto, de fácil transportación, mantenimiento tanto externo como interno. Fue diseñado con la ayuda de la herramienta *SOLIDWORKS* que es un *software* de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. Este ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto como: crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar datos del proceso de diseño (Solidbi, s.f). En la Figura 18-2, se observa el diseño completo de RAADUV.

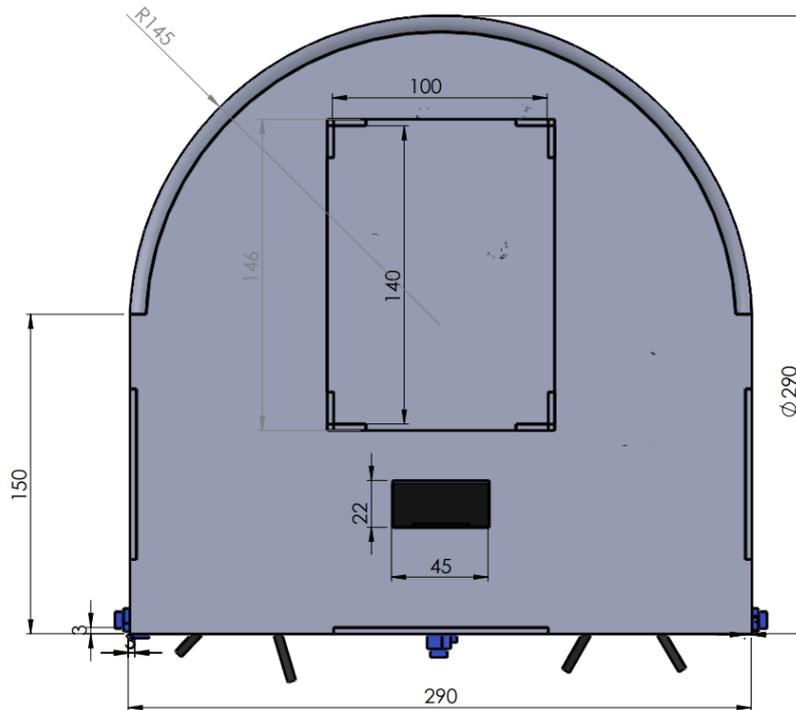


Figura 18-2. Diseño en 3D de RAADUV.

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

En la Tabla 13-2 se muestran las medidas obtenidas del diseño realizado en SOLIDWORKS.

Tabla 14-2: Características del RAADUV

PARTE	DIMENSIONES
Chasis	Radio: 145 mm Ancho: 290 mm Largo: 290 mm
Contorno	Radio: 145 mm
Tapa inferior	Radio: 145 mm Ancho: 290 mm Largo: 290 mm
Tapa superior	Ancho: 100 mm Largo: 140 mm

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

A continuación, se muestran las partes principales que constituyen el RAADUV.

2.8.1.1. Chasis

El chasis está diseñado para abarcar la unidad de control, las ruedas, el aspirador, las escobillas, el contenedor y la lámpara UV-C. Construido con madera de tipo MDF. Este chasis se acopla al contorno que contiene los cuatro sensores Sharp como se observa en la Figura 19-2.

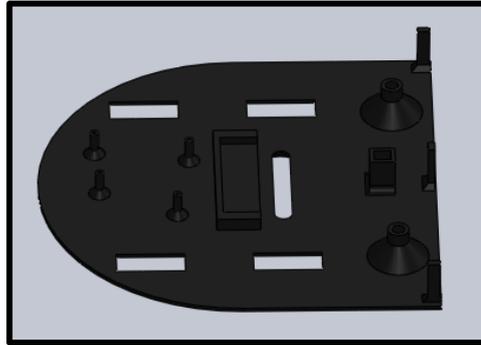


Figura 19-2. Diseño 3D del chasis.

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.8.1.2. Contorno

El contorno brinda soporte a los sensores Sharp. Además, protege los elementos internos del RAADUV. Fabricado en PLA (Ácido Poli Láctico). Esta parte se acopla a la tapa y al chasis como se observa en la Figura 20-2.

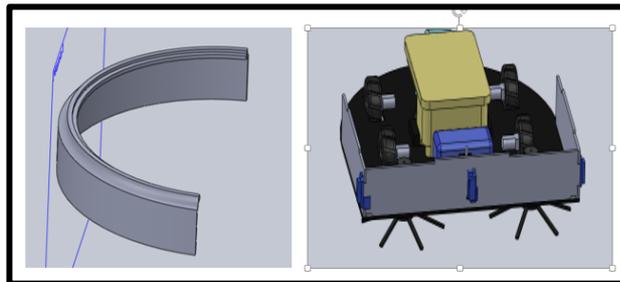


Figura 20-2. Diseño 3D del contorno de RAADUV

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.8.1.3. Tapa

La tapa es creada para proteger todos los elementos internos de RAADUV. Está construida en corte láser en madera MDF. Se encarga de contener el *display* que indica el voltaje que tiene la batería. La tapa se acopla con el contorno como se observa en la Figura 21-2.

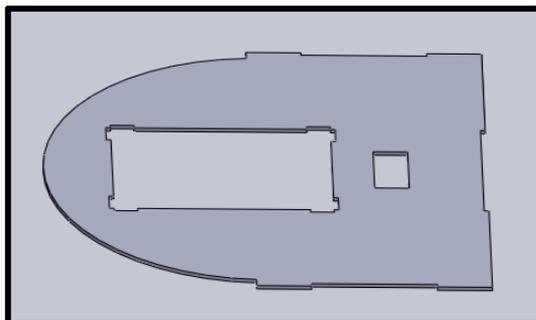


Figura 21-2. Diseño 3D de la tapa.

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.9. Construcción del RAADUV

Una vez que se fabricó las piezas del RAADUV se procedió a pintarlas de color negro mate para poder identificar la necesidad de una limpieza. Luego se ensambló el RAADUV al acoplar todas sus partes y fijándolas por medios de tornillos M3 como se observa en la Figura 22-2. En el chasis se colocan las ruedas, la lámpara UV-C y el aspirador en sus respectivos zócalos. En el contorno se fijan cada uno de los sensores Sharp.



Figura 22-2. RAADUV implementado.

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

Luego de haber ensamblado el RAADUV se procedió a realizar la toma de peso y medidas finales detallados en la Tabla 14-2.

Tabla 15-2: Características del RAADUV

CARACTERÍSTICAS	
Dimensiones	Radio: 145 mm Ancho: 290 mm Largo: 290 mm Altura: 8 mm
Peso	840 g

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

2.10. Arquitectura de *software* de RAADUV

Para la programación del bloque de procesamiento se empleó el software Arduino IDE basado en el lenguaje C++, un código abierto multipropósito con gran soporte (Arduino, 2015).

En la Figura 22-2 se encuentra el diagrama de flujo del funcionamiento general de RAADUV. La programación otorga a RAADUV las funciones de: aspiración con la activación de un aspirador

y escobillas; y de desinfección con la activación de una lámpara UV-C. Además, la programación será capaz de que RAADUV cubra un área de trabajo máximo de 2x2 y de seguir una trayectoria por medio de la toma de decisiones basadas en las señales obtenidas por los sensores, incluyendo la evasión de obstáculos.

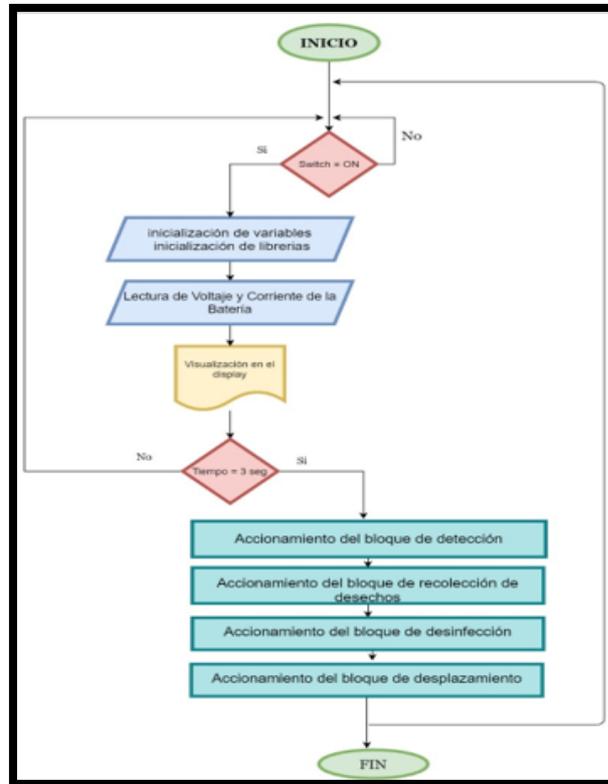


Figura 23-2. Diagrama de flujo del funcionamiento general de RAADUV

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

El algoritmo para el funcionamiento completo de RAADUV se describe a continuación:

- El RAADUV empieza a funcionar siempre y cuando el *switch* se encuentre en estado *ON*.
- Continúa con la lectura del voltaje y corriente de la batería medidos por el voltímetro y el amperímetro respectivamente y estos son visualizados en el *display* para informar al usuario el nivel de batería y el consumo de energía de la misma.
- Por último, transcurrido 3 segundos se realiza el accionamiento del sistema de detección, recolección de desechos, desinfección y desplazamiento.

A continuación, se describe cada una de las acciones que realiza

2.10.1. Segmento de accionamiento del sistema de detección

En la Figura 24-2 se presenta el diagrama de flujo establecido para el segmento de accionamiento del sistema de detección programado en *software* Arduino IDE.

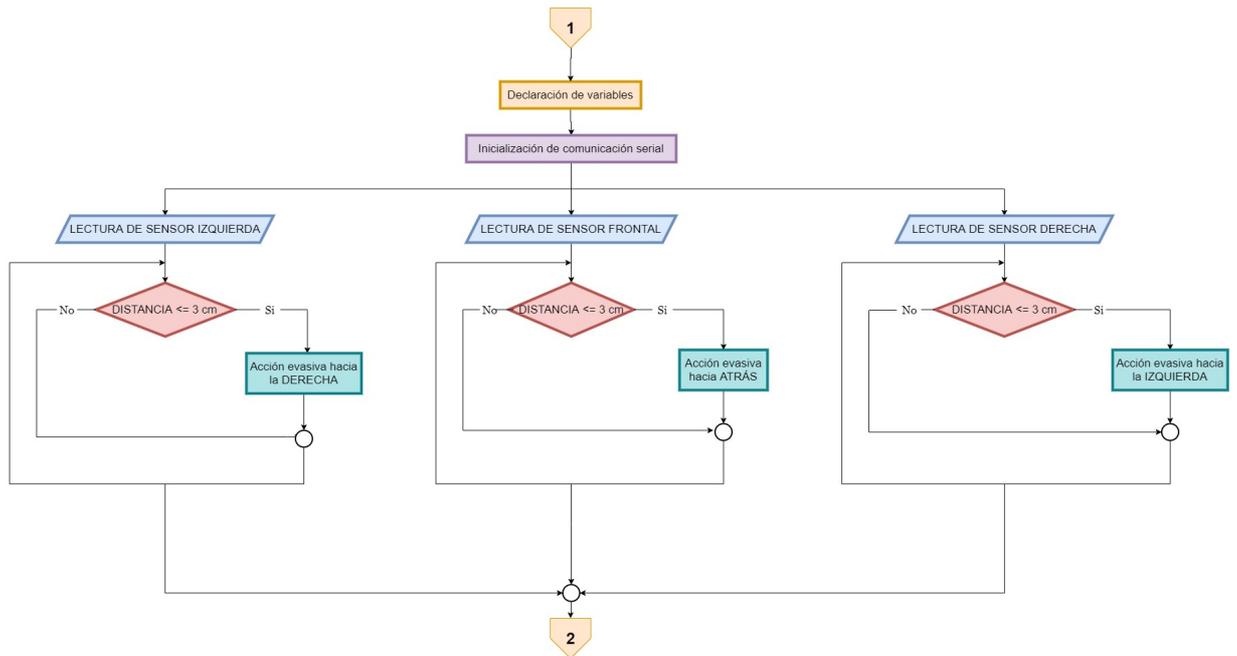


Figura 24-2. Diagrama de flujo para el segmento de accionamiento de detección

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

El algoritmo para el sistema de detección de RAADUV se describe a continuación:

- Se inicia con la declaración de variables y se empieza la comunicación serial.
- Continúa con la lectura de los datos transmitidos por los sensores *Sharp* izquierda, frontal y derecha, estos datos son transformados a valores numéricos de distancia.
- Las distancias obtenidas de la transformación son comparadas con valores pre establecidos dentro de la programación, si el valor de distancia es menor o igual a 3 cm se genera una señal que hace que el robot se detenga y envíe una dirección diferente a dos de las ruedas, de esta forma RAADUV puede tomar una ruta diferente evitando colisiones.
- El algoritmo funciona de tal manera que al asignar el primer giro de tope determina una variable, la cual provee un giro alternado para cumplir con la trayectoria.

2.10.2. Segmento de accionamiento del bloque de recolección de desechos

En la Figura 25-2 se presenta el diagrama de flujo establecido para el segmento de accionamiento del sistema de recolección de desechos programado en el *software* Arduino IDE.

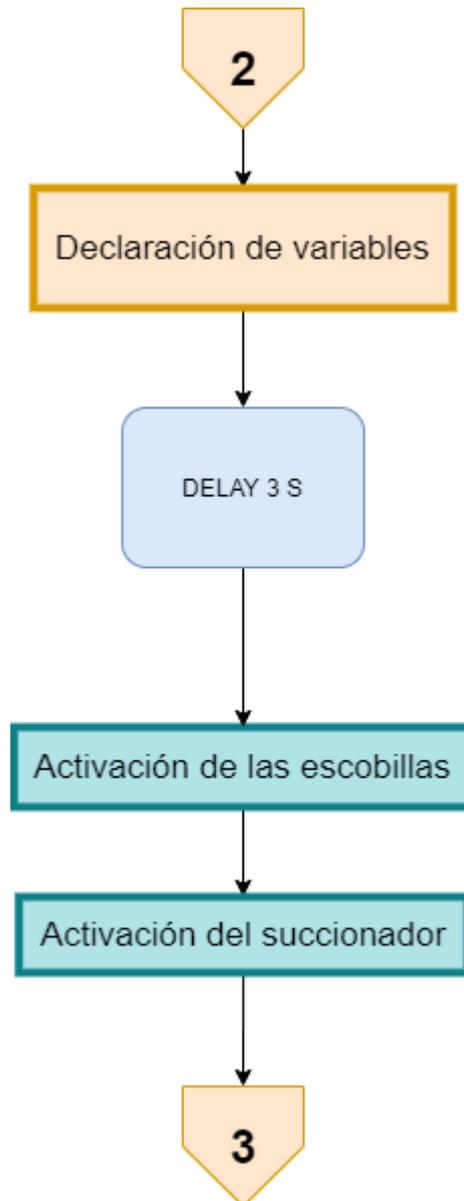


Figura 25-2. Diagrama de flujo para el segmento de accionamiento del bloque de recolección de desechos

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

El algoritmo para el accionamiento del bloque de recolección de desechos de RAADUV se describe a continuación:

- Se inicializa la declaración de variables.
- Se asigna un retardo 3 segundos.
- Una vez transcurrido el retardo se activa las escobillas y el aspirador.

2.10.3. Segmento de accionamiento del bloque de desinfección.

En la Figura 26-2 se presenta el diagrama de flujo establecido para el segmento de accionamiento del bloque de desinfección.

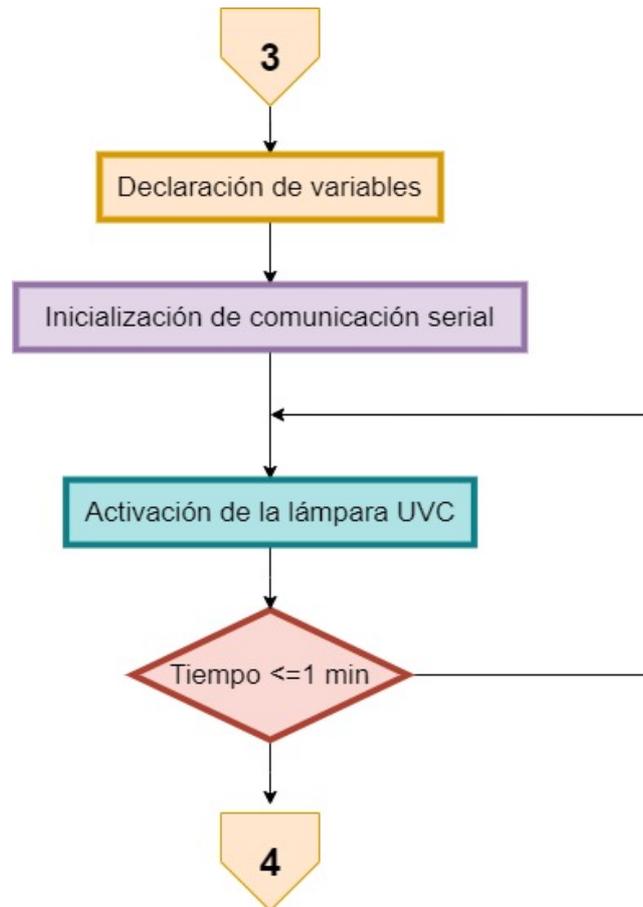


Figura 26-2. Diagrama de flujo para el segmento de accionamiento del bloque de desinfección (arreglar)

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

El algoritmo para el bloque de accionamiento de la lámpara UV-C de RAADUV se describe a continuación:

- Se inicializa con la declaración de variables.
- Se asigna un retardo 3 segundos.
- Se activará la lámpara UVC.

CAPTULO III

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a RAADUV para corroborar el cumplimiento de los requerimientos planteados. Se validaron los sensores de distancia y la respuesta en la evasión de obstáculos, se realizaron pruebas de estabilidad de tracción del sistema, autonomía y tiempo de carga de la batería. Además, se realizaron pruebas para verificar el correcto funcionamiento del aspirador, las escobillas, de la lámpara UVC y un análisis de costo del prototipo.

3.1. Análisis de los sensores de proximidad del bloque de sensado.

Estas pruebas se aplicaron para validar el funcionamiento de los sensores *Sharp GP2Y0A51SK0F* que conforman el bloque de sensado.

3.1.1. Análisis de medición de distancia con los sensores *Sharp GP2Y0A51SK0F*

El desarrollo de esta prueba tuvo como objetivo verificar que los sensores *Sharp GP2Y0A51SK0F* toman valores reales de distancia, para lo cual se recabaron 15 muestras de diferentes distancias para cada uno de los sensores y se comparó con un flexómetro como equipo patrón, el cual tiene un error de 0.6 mm. En la Figura 1-3 se ilustra como fue el proceso de toma de datos de cada sensor, y los datos obtenidos a través del monitor serial de Arduino. Donde se puede apreciar la medición del equipo patrón y los datos obtenidos en el monitor serial para su posterior análisis.

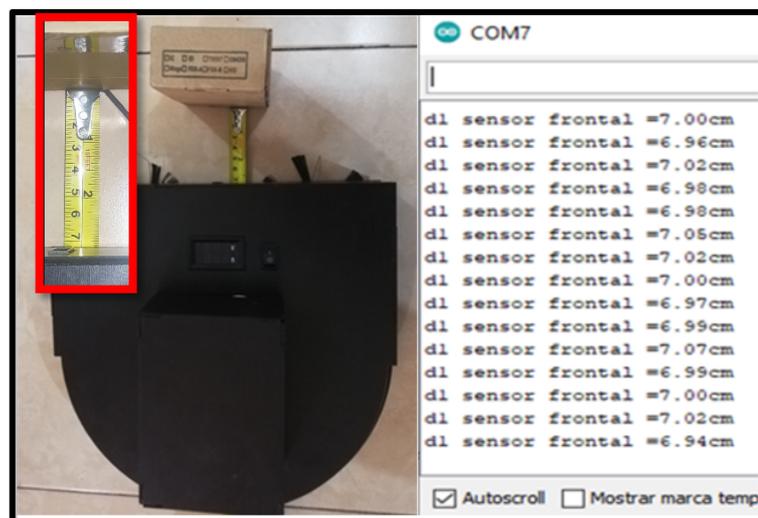


Figura 1-3. Medición con el equipo patrón y recopilación de datos con sensor *Sharp GP2Y0A51SK0F* frontal.

En la Tabla 1-3 se determinó los valores correspondientes al promedio del error, los cuales son: 0.3 mm en el sensor frontal, 0.4 mm en el sensor derecho y 0.4 mm en el sensor izquierdo, se concluye que los datos tanto del sensor frontal, derecho e izquierdo tienen un promedio de error que no excede los 0.6 mm que presenta el equipo patrón.

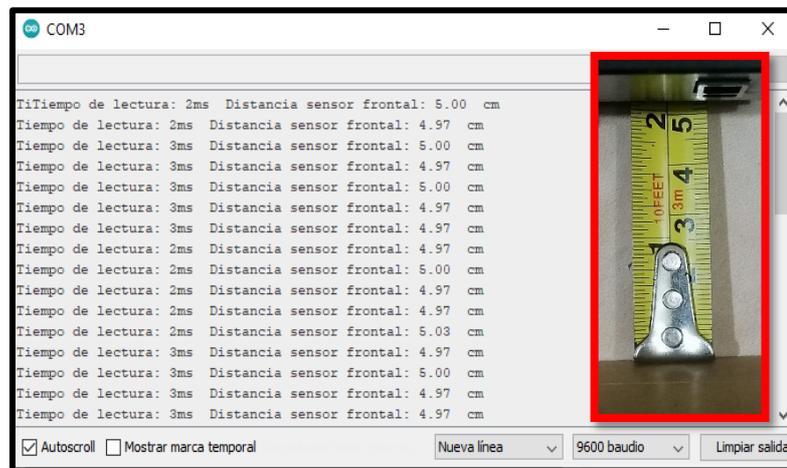
Tabla 1-3: Análisis comparativo de medición de distancias con los sensores Sharp GP2Y0A51SK0F

Número de muestras	Distancia de referencia (cm)	Distancia medida con los Sensores			Error Absoluto		
		(cm)			(cm)		
		Sensor frontal	Sensor derecho	Sensor izquierdo	Error S. frontal	Error S. derecho	Error S. izquierdo
1	2.5	2.52	2.51	2.52	0.02	0.01	0.02
2	3	3.1	3.1	3.1	0.1	0.1	0.1
3	3.5	3.52	3.53	3.53	0.02	0.03	0.03
4	4	4.06	4.04	4.07	0.06	0.04	0.07
5	4.5	4.49	4.57	4.57	0.01	0.07	0.07
6	5	5.01	5.03	5.03	0.01	0.03	0.03
7	5.5	5.54	5.52	5.52	0.04	0.02	0.02
8	6	6.01	6.03	6.03	0.01	0.03	0.03
9	6.5	6.51	6.53	6.53	0.01	0.03	0.03
10	7	7.02	7.02	7.02	0.02	0.02	0.02
11	7.5	7.52	7.53	7.53	0.02	0.03	0.03
12	8	8.05	8.02	8.02	0.05	0.02	0.02
13	8.5	8.53	8.57	8.57	0.03	0.07	0.07
14	9	9.13	9.02	9.02	0.13	0.02	0.02
15	9.5	9.54	9.53	9.53	0.04	0.03	0.03
Promedio error					0.03	0.04	0.04

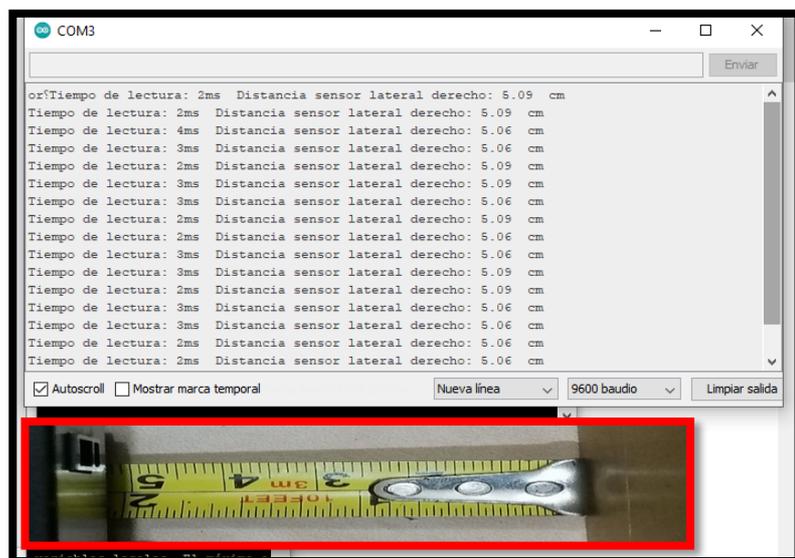
Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

3.1.2. Repetitividad de los sensores Sharp

El desarrollo de esta prueba tuvo como objetivo comprobar la estabilidad de cada uno de los sensores, para lo cual se recabaron 15 muestras a una distancia de referencia fija establecida por el flexómetro (equipo de medición patrón) en 5 cm. Se procedió a encender y apagar el RAADUV obteniendo valores de distancia mediante el puerto serial de Arduino. Con dichos valores se calculó la media, desviación estándar y coeficiente de variación (Calberg, 2018) para analizar la repetitividad de los sensores. En la Figura 2-3 se muestra los valores de distancia enviados por los sensores Sharp al Arduino, donde la parte a) corresponde a los datos obtenidos del sensor frontal y la parte b) los datos obtenidos del sensor derecho.



a)



b)

Figura 2-3. Datos enviados por los sensores Sharp al Arduino, a) Sensor frontal,

b) Sensor derecho

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

Tabla 2-3: Análisis comparativo de medición de repetitividad con los sensores Sharp GP2Y0A51SK0F

Numero de muestra	Distancia de referencia (cm)	Distancia medida con los sensores (cm)			Error absoluto (cm)		
		Sensor frontal	Sensor derecho	Sensor izquierdo	Error S. frontal	Error S. derecho	Error S. izquierdo
1	5	4.97	5.09	5.03	0.03	0.09	0.03
2	5	5.03	5.06	5.06	0.03	0.06	0.06
3	5	4.97	5.06	5.09	0.03	0.06	0.09
4	5	5	5.06	5.06	0.00	0.06	0.06
5	5	4.97	5.09	5.06	0.03	0.09	0.06
6	5	4.97	5.06	5.09	0.03	0.06	0.09
7	5	5	5.09	5.09	0.00	0.09	0.09
8	5	4.97	5.09	5.06	0.03	0.09	0.06
9	5	5	5.06	5.09	0.00	0.06	0.09
10	5	4.97	5.06	5.03	0.03	0.06	0.03
11	5	4.97	5.06	5.09	0.03	0.06	0.09
12	5	5	5.06	5.06	0.00	0.06	0.06
13	5	4.97	5.06	5.06	0.03	0.06	0.06
14	5	5	5.06	5.06	0.00	0.06	0.06
15	5	5	5.06	5.03	0.00	0.06	0.03
Promedio error					0.072	0.068	0.064
Desviación estándar					0.01521278	0.01373213	0.0222967
Coeficiente de variación					0.00324	0.00264	0.00696

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

En la Tabla 2-3 se muestra los resultados para los coeficientes de variación, los cuales fueron de: 0.003 en el sensor frontal, 0.002 en el sensor derecho y 0.006 en el sensor izquierdo, se concluye que los resultados obtenidos indican poca variabilidad, debido a que se encuentran dentro del rango de 0 a 1 y se encuentran próximos a 0, así se determinó que la muestra es homogénea (Llamosa R, Meza Contreras, & Botero Arbelaez, 2007).

3.2. Validación del aspirador de RAADUV

El objetivo de esta prueba es validar el funcionamiento del aspirador. Se colocó polvo en una superficie lisa de trabajo como se muestra en la Figura 3-3a. Por otro lado, en la Figura 3-3b se puede observar que el RAADUV recolectó el polvo que se encontraba en la superficie.



a)



b)

Figura 3-3. Prueba de funcionamiento del aspirador, a) Proceso de aspiración, b) área aspirada

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

Al abrir el contenedor de basura del RAADUV se observó el polvo aspirado, como se muestra en la Figura 4-3



Figura 4-3. Evidencia de polvo en el contenedor de RAADUV

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

Para corroborar la cantidad de polvo aspirado se utilizó una báscula digital de la marca ADIR, se usó la función *tare* de la balanza la cual permitió despreciar el peso del contenedor como se observa en la Figura 5-3 y de esta forma se obtuvo el peso del polvo colocado en la superficie como se muestra en la Figura 5-3b y posterior se comparó con el peso del polvo aspirado como se muestra en la Figura 5-3c. el proceso se repitió con diferentes pesos como se puede apreciar en la Tabla 3-3.

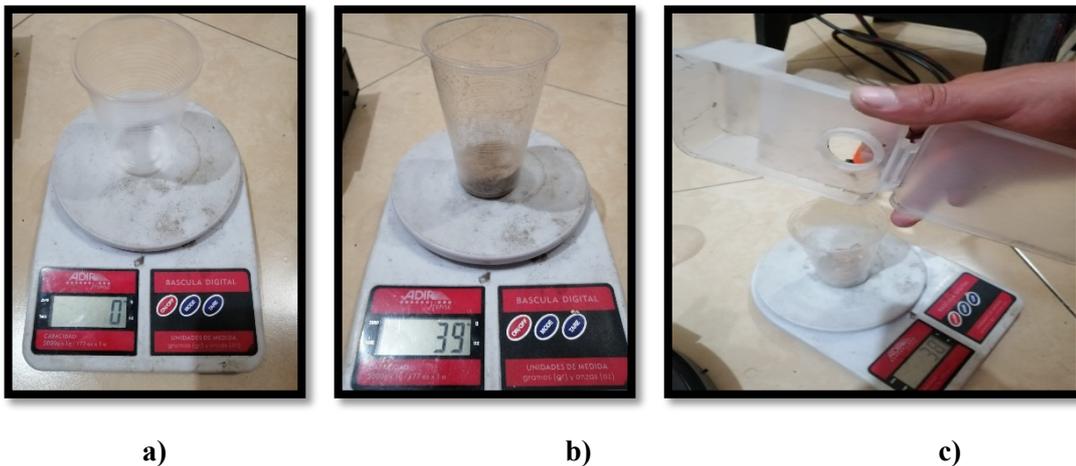


Figura 5-3. Validación del aspirador, **a)** contenedor para colocar el polvo, **b)** peso inicial del polvo, **c)** peso recolectado del contenedor del RAADUV.

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

Tabla 3-3: Análisis comparativo del aspirador con diferentes pesos

PESO INICAL DEL POLVO (g)	PESO FINAL DEL POLVO (g)	PORCENTAJE DE ASPIRACIÓN (%)	ERROR ABSOLUTO (g)
39	38	97.43	1
37	36	96.05	1
35	33	95.71	2
33	31	95.45	2
31	30	96.77	1
30	29	96.66	1
37	36	97.29	1
35	34	97.14	1
33	32	96.96	1
31	30	96.77	1
39	37	96.92	2
37	36	97.29	1
35	34	97.14	1
33	31	95.45	2
Promedio de error			1

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

Con los datos que se obtuvo se calcula el porcentaje de aspiración del RAADUV con cada una de las muestras

$$\% \text{aspiración} = \frac{P_f * 100\%}{P_i} \quad \text{Ecuación}(1 - 3)$$

Donde

P_i = peso inicial de polvo

P_f = peso final recolectado del contenedor RAADUV

$\% \text{aspiración}$ = porcentaje de aspiración del RAADUV

De la Tabla 3-3, se determinó que el porcentaje mínimo de aspiración es del 95.45% y un porcentaje máximo de 97.43%

3.2.1. Validación de escobillas de RAADUV

Para esta prueba se colocó al RAADUV de forma invertida y se observó la dirección en la que se mueven las escobillas, puesto que ellas se encargan de llevar el polvo y la basura al centro del robot para que sean aspiradas. En la Figura 6-3 se observa las escobillas en funcionamiento, cada una de ellas giran en sentido opuesto la una con respecto a la otra, en este sentido la escobilla de la izquierda se puede observar que gira sentido horario, mientras que la escobilla de la derecha gira en sentido anti horario. Deben girar de esta manera para que puedan direccionar el polvo que se encuentre a su paso.



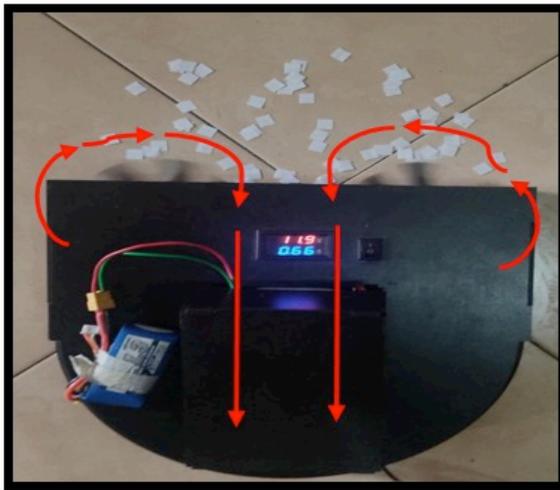
Figura 6-3. Escobillas del RAADUV con giro en sentido opuesto

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

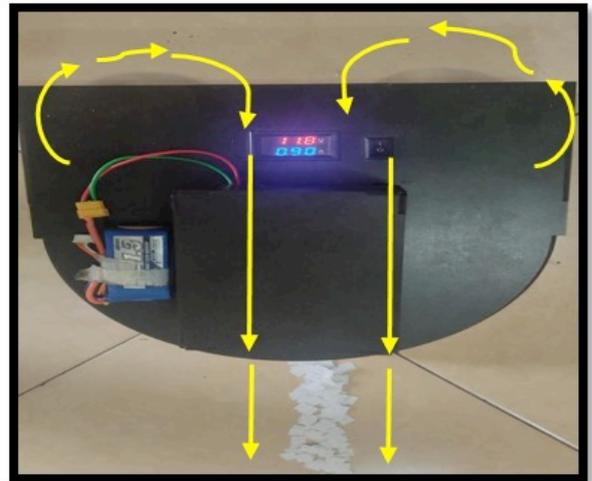
Se realizó un análisis con dos motores de distintas revoluciones, uno de 650 rpm a 6V y el otro de 1000 rpm a 6V que se los puede encontrar en el mercado.

Al momento de colocar el motor de 650 rpm en el RAADUV y ponerlo el funcionamiento se ubicó fragmentos de papel con una medida de 1 cm^2 como se muestra en la Figura 7-3a).

en la figura 7-3b). se observa el resultado del barrido de las escobillas.



a)



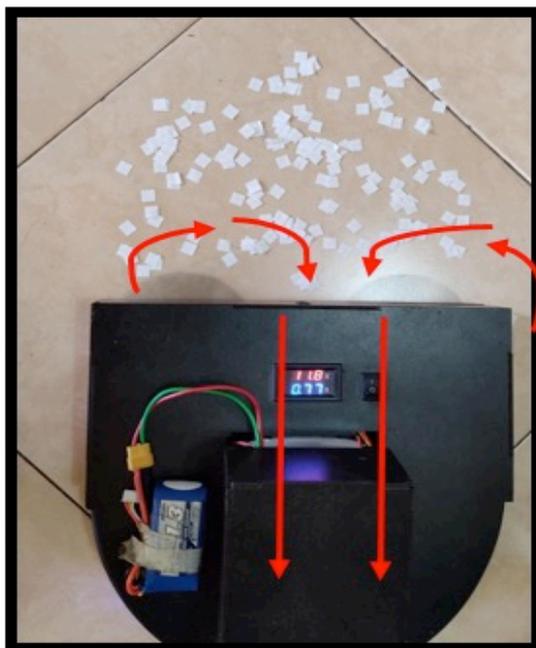
b)

Figura 7-3. Escobillas de RAADUV en funcionamiento, **a)** RAADUV con fragmentos de papel en la parte frontal, **b)** resultado final del barrido.

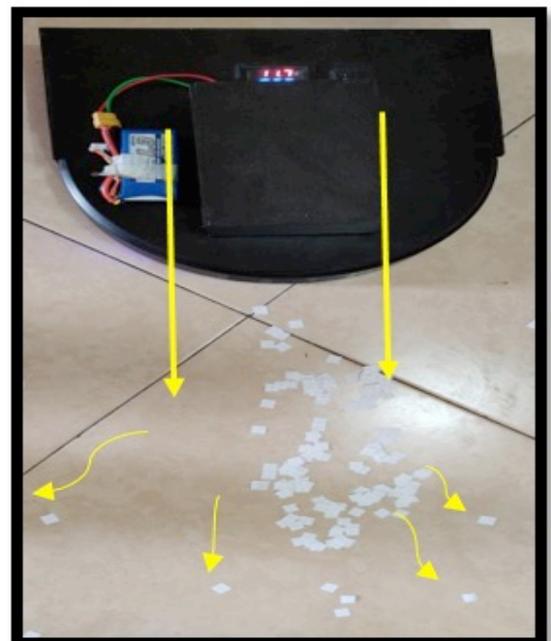
Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

Luego se colocó el motor de 1000 rpm 6V en RAADUV y se repitió la prueba.

En la Figura 8-3a) se ubicó fragmentos de papel con una medida de 1 cm^2 . En la figura 8-3b) se observa el resultado del barrido de las escobillas.



a)



b)

Figura 8-3. Escobillas de RAADUV en funcionamiento, **a)** RAADUV con fragmentos de papel en la parte frontal, **b)** resultado final del barrido.

Con estos resultados se pudo concluir que el motor adecuado para las escobillas de RAADUV es de 650 rpm a 6V, debido que al momento de barrer los fragmentos de papel los direccionó al centro, mientras que con el motor de 1000 rpm se genera dispersión en el barrido.

3.3. Validación de evasión de obstáculos

En esta prueba se colocó un obstáculo a una distancia de 30 cm de RAADUV, avanzó en línea recta 27 cm, al cumplirse la condición de que la distancia entre el objeto y RAADUV sea de 3 cm como se muestra en la Figura 9-3a) se observó que este giró a la derecha Figura 9-3b), para seguir adelante en línea recta hasta avanzar una distancia correspondiente a sus dimensiones Figura 9-3c), una vez que no detecta el obstáculo gira a la izquierda como se puede observar en la Figura 9-3d). De esta manera evade el obstáculo.

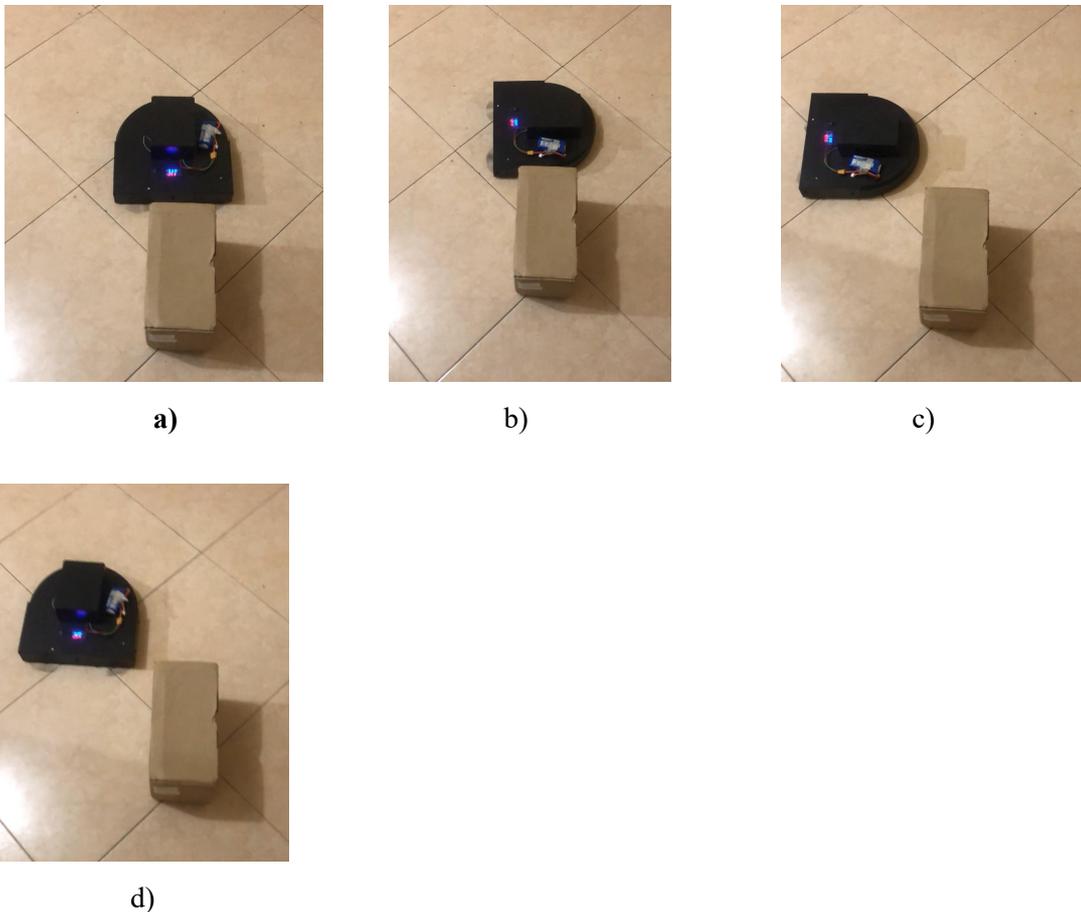


Figura 9-3. Evasión de obstáculos de RAADUV, **a)** detección de obstáculo, **b)** toma de decisión giro derecha, **c)** avance en línea recta, **d)** no detección de obstáculo giro izquierda

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

Con esta prueba se concluyó que la distancia a la cual el RAADUV empieza la secuencia de evasión es de 3 centímetros, así evade un obstáculo mediante giros y avances.

3.4. Validación de lámpara UVC

De acuerdo a la información que se proporcionó en el apartado 1.9.2, se usó la calculadora de *Synertech* (Synertech, 2020) para determinar que se necesita un tiempo de 1.8 segundos para desinfectar.

En la Figura 10-3 a) se observa la lámpara UVC encendida con un cronómetro en cero, mientras que en la Figura 10-3 b) se observa el avance del robot hacia la siguiente sección después de 1.83 segundos.

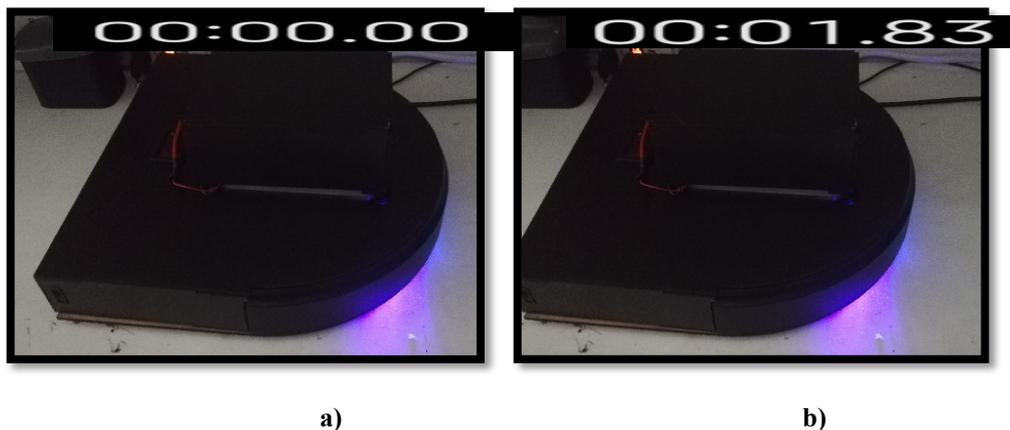


Figura 10-3. Lámpara UVC del RAADUV en funcionamiento, a) tiempo inicial b) tiempo final

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

Se determinó que el haz de luz permanece en una sección durante 1.83 segundos para realizar la desinfección. Para seguridad del usuario dentro del bloque de desinfección se incorporó un switch de mercurio el cual se encarga de desactivar la lámpara en caso de que la tapa superior o contorno estén orientadas hacia el piso.

3.5. Estabilidad de tracción del sistema

Para verificar la tracción del sistema se realizó pruebas sobre una superficie de baldosa y una de madera. Con el fin de determinar si el desplazamiento que realiza el RAADUV es similar.

3.5.1. Prueba de desplazamiento de RAADUV sobre baldosa

Para esta prueba se programó al RAADUV para que realice un giro de 90°. Luego se lo ubicó sobre una superficie de baldosa y se observó su movimiento. En la Figura 11-3a se observa al RAADUV sobre la baldosa en la posición inicial, mientras que la Figura 11-3b se observa que ha dado el giro de 90°.

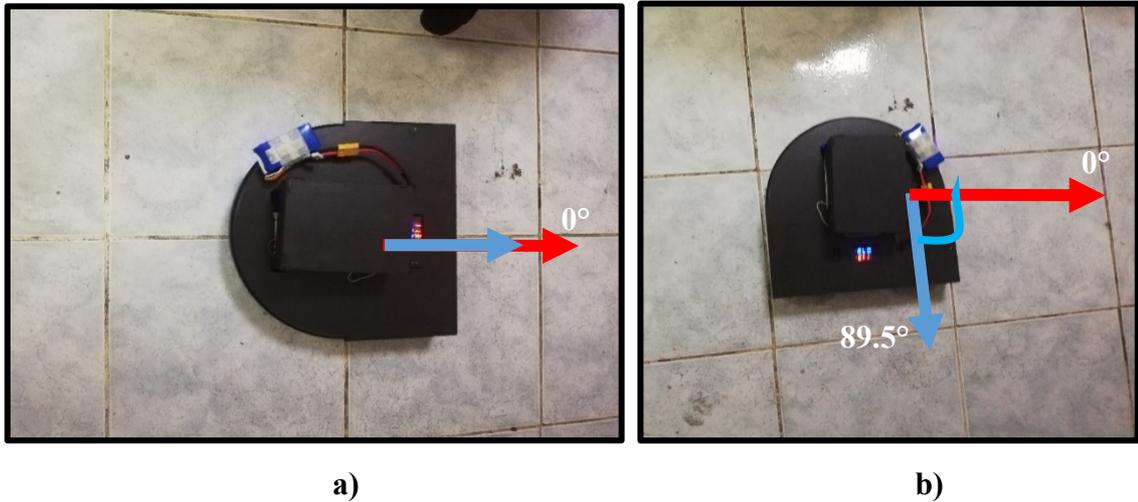


Figura 11-3. Desplazamiento del RAADUV sobre baldosa, a) Posición inicial, b) Rotación de 90°

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

La prueba determinó que el desplazamiento en un giro de 90° sobre una superficie de baldosa, arrojó un error del 0.6%, puesto que solo se obtuvo un giro de 89.5° .

3.5.2. Prueba de desplazamiento de RAADUV sobre madera

Para esta prueba se programó a RAADUV para que realice un giro de 90° . Luego se lo ubicó sobre una superficie de madera y se observó su movimiento. En la Figura 12-3a se observa al RAADUV sobre la superficie de madera en la posición inicial, mientras que, en la Figura 12-3b se observa que ha dado el giro de 90° .

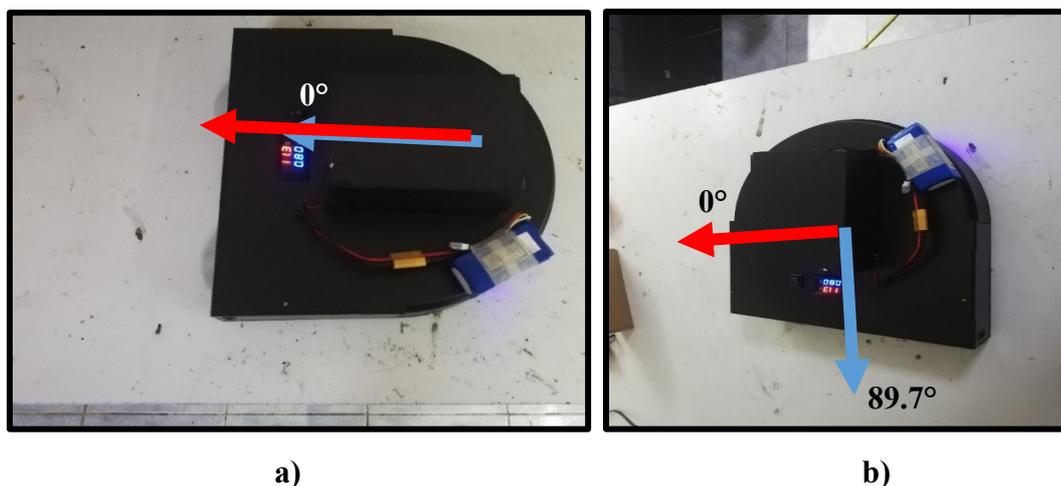


Figura 12-3. Desplazamiento del RAADUV sobre madera, a) Posición inicial, b) Rotación de 90°

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

La prueba determinó que el desplazamiento en un giro de 90° sobre una superficie de madera, arrojó un error del 0.33%, puesto que solo se obtuvo un giro de 89.7° .

3.5.3. Velocidad de desplazamiento de RAADUV

Se colocó al RAADUV en un punto inicial y se lo acciono para que avanzara 1 m de distancia como se observa en la Figura 13-3a), con un cronometro se verifico el tiempo que avanzo hasta el punto final como se observa en la Figura 13-3b) con estos dos datos procedimos a calcular la velocidad.

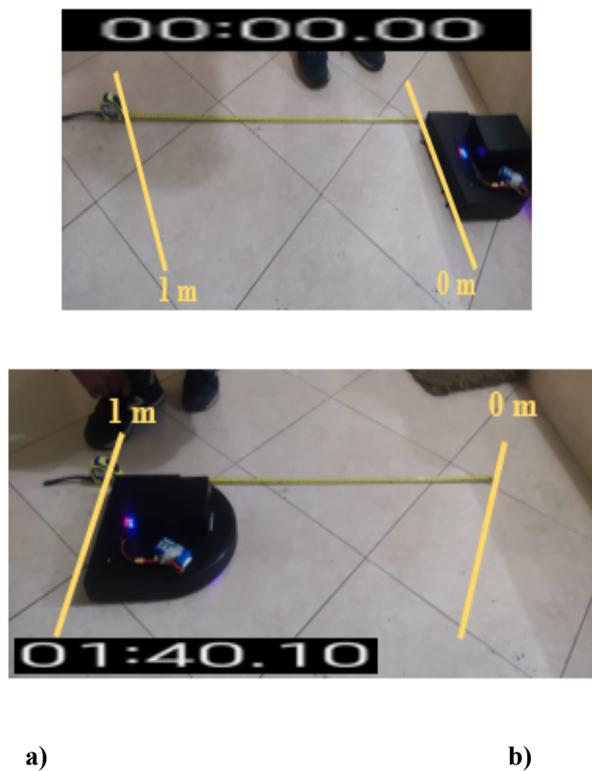


Figura 13-3. Velocidad de desplazamiento del RAADUV, a) Posición inicial, b) posición final

Para calcular la velocidad se utilizó la formula

$V = d/t$ donde:

$V =$ velocidad

$d =$ distancia

$t =$ tiempo

$$V = \frac{1m}{100 s}$$

$$V = 0.01 \frac{m}{s}$$

Se determinó que el RAADUV tiene una velocidad de desplazamiento de $0.01 \frac{m}{s}$.

3.6. Validación de la autonomía de RAADUV

Este proceso sirve para determinar la autonomía que posee el RAADUV con la batería a plena carga, esta se divide en dos pruebas la primera en la cual el robot se embancó y la segunda en la que funciona con todos los bloques.

Para el cálculo del consumo de la batería para las dos pruebas se utilizó las ecuaciones (2-3), (3-3) y (4-3) mencionadas a continuación.

$$R_v = V_{m\acute{a}x} - V_{m\acute{i}n} \quad \text{Ecuación (2 - 3)}$$

$$C_b = V_{m\acute{a}x} - V_{60min} \quad \text{Ecuación (3 - 3)}$$

$$\%C = \frac{100 * C_b}{R_v} \quad \text{Ecuación(4 - 3)}$$

Donde:

R_v : Rango de voltaje de uso permitido de la batería

$V_{m\acute{a}x}$: Voltaje máximo de la batería cargada al 100%

$V_{m\acute{i}n}$: Voltaje mínimo permitido de la batería

V_{60min} : Voltaje final de la batería después de los 60 minutos (1 hora)

$\%C$: Porcentaje de consumo de la batería

C_b : Consumo de la batería

3.6.1. Consumo de batería de RAADUV embancado

En esta prueba se procedió a medir el consumo de la batería por el RAADUV a plena carga mientras se encontraba embancado por un periodo de 60 minutos. En la Figura 14-3 se muestra en el multímetro el voltaje inicial de la batería donde se observa que es de 12.4 V.

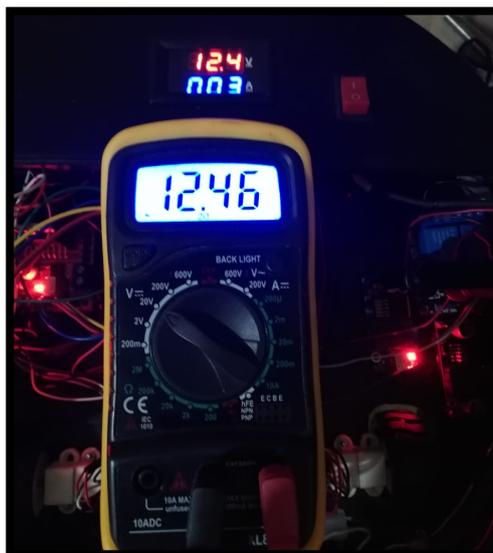


Figura 14-3. Voltaje de la batería de RAADUV a plena carga

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

Las baterías LiPo de acuerdo a dynamoelectronics.com (2021) tiene un voltaje de umbral de corte de 3.2 V por cada celda, esto quiere decir que si se le descarga por debajo de este valor la batería podría sufrir daños.

Para el cálculo del porcentaje de consumo de la batería es necesario calcular el rango de voltaje de uso permitido de la batería y el consumo de la batería. Para ello se utilizaron las ecuaciones (2-3), (3-3) y (4-3).

Para el cálculo del rango de voltaje de uso permitido de la batería se tomaron como datos para el voltaje máximo, el voltaje obtenido por el multímetro al medir la batería, siendo este de 12.46 V. El voltaje mínimo es de 9.6 V, resultado obtenido de multiplicar el voltaje de umbral de corte por el número de celdas que tiene la batería, obtenido en la Ecuación 5 - 3:

$$\begin{aligned}
 V_u &= 3.2 \text{ V} \\
 N_c &= 3 \\
 V_{min} &= V_u * N_c \quad \text{Ecuación(5 - 3)} \\
 V_{min} &= 3.2 \text{ V} * 3 \\
 \\
 V_{min} &= 9.6 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Donde

V_u : voltaje de umbral

N_c : número de celdas

V_{min} : voltaje mínimo permitido de la batería

Para el cálculo del consumo de la batería se tomaron como datos para el voltaje máximo, el voltaje obtenido por el multímetro al medir la batería a plena carga siendo este de 12.46 V y para el voltaje final luego de los 60 minutos, es de 11.6 V.

Estos valores al ser reemplazados en las ecuaciones (2-3) y (3-3) se obtiene los siguientes resultados:

$$R_v = 12.4 \text{ V} - 9.6 \text{ V} = 2.80 \text{ V}$$

$$C_b = 12.4 \text{ V} - 11.6 \text{ V} = 0.80 \text{ V}$$

Para el cálculo del porcentaje de consumo de la batería se reemplazan los valores obtenidos de las ecuaciones (2-3) y (3-3) en la ecuación (4-3) donde se tiene el siguiente resultado:

$$\%C = \frac{100 * 0.80 V}{2.80 V} = 28.57 \%$$

Se determina que el porcentaje de consumo de la batería es de 28.57 %, encontrándose en el rango de operación óptimo en el que la batería puede utilizarse sin que sufra averías.

3.6.2. Consumo de batería de RAADUV en piso

Esta prueba se realizó con la batería de RAADUV a plena carga en el piso y en funcionamiento. Los datos para el voltaje máximo y el voltaje mínimo son los mismos que en la prueba anterior, 12.4 V y 9.6 V respectivamente. Para el dato del voltaje final de la batería después de los 60 minutos se midió con el multímetro a la batería después de haber estado en funcionamiento, este arrojó como resultado un valor de 10.0 V, como se puede observar en la Figura 15-3.

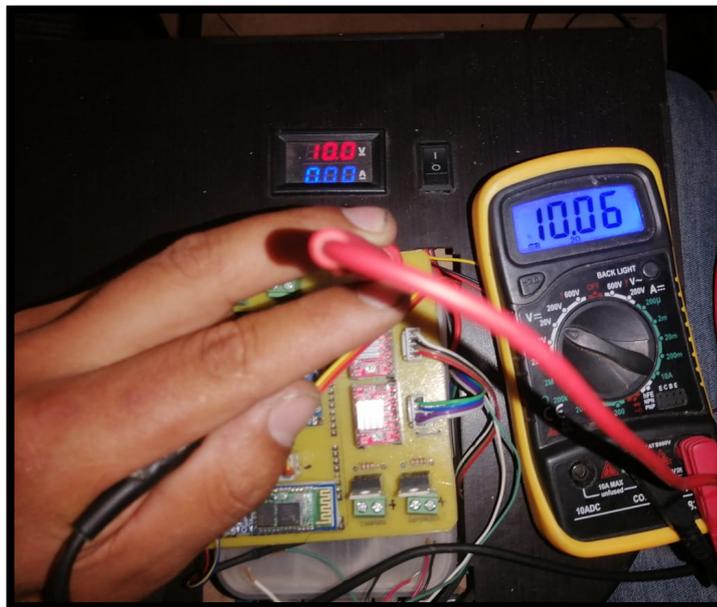


Figura 15-3. Voltaje final del RAADUV en movimiento

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

Estos valores al ser reemplazados en las ecuaciones (2-3) y (3-3) se obtiene los siguientes resultados:

$$R_v = 12.4 V - 9.6 V = 2.80 V$$

$$C_b = 12.4 V - 10.0 V = 2.40 V$$

Para el cálculo del porcentaje de consumo de la batería se reemplazan los valores obtenidos de las ecuaciones (2-3) y (3-3) en la ecuación (4-3) dándonos el siguiente resultado:

$$\%C = \frac{100 * 2.4 V}{2.80 V} = 85.71\%$$

Se determina que el porcentaje de consumo de la batería es de 85.71%, encontrándose dentro del rango en la que la batería puede ser utilizada sin necesidad de carga, así como también evitar daños en ella.

3.6.3. *Tiempo máximo de funcionamiento de la batería de RAADUV*

Por motivos de prevención de averías dentro de la batería, se opta por hacer un cálculo mediante el cual se determinará el tiempo máximo de funcionamiento de RAADUV.

Se toma como referencia la prueba de consumo de batería de RAADUV en piso y se realiza el siguiente cálculo:

<i>Porcentaje(%)</i>	<i>Tiempo(min)</i>
85.71	60
100	<i>x</i>

$$x = 60 \frac{100}{85.71}$$

$$x = 70.2 \text{ min}$$

Se obtuvo que el tiempo máximo de funcionamiento de la batería de RAADUV es de 70.2 minutos. Sin embargo, esto estaría en el umbral del daño de la batería.

3.7. **Análisis de tiempo de carga de batería de RAADUV**

Para determinar el tiempo que tarda en cargarse la batería de RAADUV se realizó un registro de datos y se cronometró el tiempo del cargador de lipos como se observa en la Figura 16-3



Figura 16-3. Tiempo de carga de batería de RAADUV

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

En la Tabla 4-3 se muestra los tiempos registrados que se demora en cargar la batería.

Tabla 4-3: Registro de tiempo de carga de batería

Número de muestra	Tiempo
1	00:55:00
2	00:57:00
3	01:02:00
4	00:59:00
5	01:05:00
6	01:00:00
7	00:47:00
8	01:04:00
9	00:53:00
10	00:58:00

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

De acuerdo a los datos de la Tabla 4-3, el tiempo máximo de carga de la batería de RAADUV es de 01h 05min 00seg.

3.8. Análisis económico de RAADUV

En la Tabla 5-3 se realiza un estudio de costos de los componentes que conforman el RAADUV.

Tabla 5-3: Análisis de costos de RAADUV

Cantidad	Componentes	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
1	Batería Lipo Turnigy 1.3 A	20	20
1	Microcontrolador Arduino Mega	19	19
4	Motores paso a paso	15	60
1	Cargador de batería Lipo	45	45
1	Lámpara de luz ultravioleta c	200	200
2	Regulador de voltaje LM2596	4	8
3	Sensor infrarrojo Sharp	15	45
2	Módulo driver A4988	3.50	7
4	Soporte micro motores	3.25	13
1	Motor aspirador	20	10
1	Voltímetro amperímetro digital	10	10
2	Ruedas con labrado 42x19 mm	1.88	3.75
2	Escobillas	10	20
2	Transistor Mosfet IRF520	3.50	7
	Otros componentes eléctricos y electrónicos	6	6
	Costos de fabricación de la estructura	110	110
Costo total de RAADUV			583.75

Realizado por: López, William & López, Santiago, 2022

De acuerdo con los valores obtenidos en la Tabla 5-3, RAADUV tiene un costo final de **583.75** dólares americanos (USD). Que comparado con robots de características similares es un 60% más económico, sin considerar un bloque con lámpara UV-C.

CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó de un robot aspirador autónomo de desinfección para la limpieza y esterilización de pisos mediante el uso de tecnología de desinfección por medio de rayos UV tipo C de 15W. Capaz de detectar y evadir obstáculos por medio de tres sensores tipo Sharp y dispone de un sistema de aspiración con dos escobillas que direccionan la recolección.
- De las pruebas de validación de los sensores se determinó que no incorporan error al sistema, puesto que tiene un error promedio de 0.3 mm en el sensor frontal, 0.4 mm en el sensor derecho e izquierdo. Mientras que su coeficiente de variación es de 0.003, 0.002 y 0.006 respectivamente, lo cual indica que las muestras tomadas son homogéneas.
- Se determinó que el prototipo RAADUV tiene una capacidad de limpieza del 95.45%. Con una velocidad de 650 rpm para el motor que permite el movimiento y direccionamiento de las escobillas al centro del robot.
- En base a las pruebas de detección de obstáculos se determinó que la distancia de evasión del RAADUV es a 3 centímetros del objeto.
- Se determinó que el haz de luz de la lámpara UVC debe permanecer en una sección durante 1.83 segundos para efectuar la desinfección. Para seguridad del usuario dentro del bloque de desinfección se incorporó un switch de mercurio el cual se encarga de desactivar la lámpara en caso de que la tapa superior o contorno estén orientadas hacia el piso.
- De las pruebas de validación de giro para 90° del RAADUV en una superficie de madera, presenta un error del 0.33% y en baldosa 0.6% con una velocidad de desplazamiento de 0.01m/s. Lo que indica que el tipo de superficie no afecta el giro.
- De las pruebas de autonomía del RAADUV se determinó que la batería presenta un consumo de 28.57% cuando este se encuentra embancado y en funcionamiento en piso tiene un consumo de 85.71% lo que proporciona una autonomía de 60 minutos que es menor a los 70.2 minutos del umbral teórico calculado para que la batería presente daños.
- De las pruebas de carga de la batería del prototipo RAADUV, se identificó que el tiempo máximo de carga es de 65 minutos.

- Del análisis económico se determinó un costo del prototipo de 583.75 dólares americanos (USD), sin considerar las horas de ingeniería. Que comparado con robots comerciales de limpieza representa un 40% de su costo, pero no incluye el sistema de desinfección propuesto.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere ampliar el tiempo de pruebas para encontrar posibles mejoras al diseño.
- Incorporar nuevas funcionalidades al diseño, con otro tipo de sensores que evalúen el grado de desinfección de las superficies para agilizar los tiempos de limpieza, como método de investigación para futuros proyectos.
- Analizar la posibilidad de implementar tecnología IoT para la supervisión constante del sistema desde sitios remotos y comunicación con otros dispositivos para realizar actividades colaborativas.
- Se recomienda estudiar la posibilidad de implementar un sistema de carga rápida inalámbrica en forma automática.
- Estudiar nuevos sistemas de desinfección basados en elementos electrónicos más compactos y de bajo costo.

BIBLIOGRAFÍA

- ACUÑA REGALADO, Carlos Oswaldo, & PAREDES ESCOBAR, Edwin Paúl.** Diseño y construcción de un Robot Móvil que pueda desplazarse dentro de un laberinto (Trabajo de titulación)(Grado). [En línea] Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Ingeniería, (Quito-Ecuador). 2006. p. 18. [Consulta: 2021-01-03]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/285/1/CD-0248.pdf>
- ALBARRASIN CAIZA, Byron David.** Diseño y construcción de un Robot Resuelve Laberintos utilizando el método de la mano derecha mediante un Control PID (Trabajo Integrador) (Grado). [En línea] Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva, Carrera de Tecnología en Electromecánica, (Quito-Ecuador). 2020. p. 12. [Consulta: 2022-03-06]. Disponible en: <http://dspace.istvidanueva.edu.ec/bitstream/123456789/114/3/43.1480-ALBARRASIN-CAIZA-BYRON-DAVID.pdf>
- ALBERINO, Sergio.** Robot móvil para desinfección (Trabajo de titulación)(Maestría). [En línea] Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, (Buenos Aires-Argentina). 2022. p. 3. [Consulta: 2022-02-20], Disponible en: <http://laboratorios.fi.uba.ar/lse/tesis/LSE-FIUBA-Trabajo-Final-CESE-Sergio-Alberino-2022.pdf>
- ÁLVAREZ VILLACIS, Cristian Ricardo.** Diseño de un Catálogo Virtual para la lista de partes de Instrumentos, programado en Labview para consultas rápidas y eficientes en Petroindustrial Refinería "La Libertad" (Proyecto de Pasantía) (Grado). [En línea] Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Carrera de Industrial en Procesos de Automatización, (Ambato-Ecuador). 2006. pp. 18-19. [Consulta: 2022-03-03]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/305/1/t255id.pdf>
- ANEL, Juan.** *Los robots móviles autónomos revolucionan la industria* [blog]. 2021. [Consulta: 01 marzo 2022]. Disponible en: <https://leancomponentes.com/robots-moviles-autonomos/>
- Aprendiendo Arduino.** *Librerías Arduino* [blog]. 2016. [Consulta: 08 marzo 2022]. Disponible en: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/11/16/librerias-arduino-2/>
- AVElectronics.** *Driver A4988* [web]. 2021. [Consulta: 06 marzo 2022]. Disponible en: AVElectronics: <https://avelectronics.cc/producto/driver-a4988/>
- BALICH, Néstor Adrián.** Construcción de Robots Autónomos Colaborativos (Tesis)(Maestría). [En línea] Universidad Abierta Interamericana, Facultad de Tecnología, (Buenos Aires-Argentina). 2009. pp. 3-5. [Consulta: 2022-03-01]. Disponible en: <http://imgbiblio.vaneduc.edu.ar/fulltext/files/TC104132.pdf>
- BAMBINO, II.** Una introducción a los Robots Móviles (Informe). [En línea] 2008. pp. 16-18. [Consulta: 2022-02-27]. Disponible en: https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-01-01_09-42-20138787.pdf

BARRETT, Steven. *Arduino Microcontroller Processing for Everyone!* [En línea]. Tercera ed. Texas-USA: Southern Methodist University, 2013. [Consulta: 08 marzo 2022]. Disponible en:
https://www.morganclaypool.com/doi/suppl/10.2200/S00522ED1V01Y201307DCS043/suppl_file/Barrett_Ch1.pdf

BENAVIDES BALLESTEROS, Henry Oswaldo. Información técnica sobre la radiación ultravioleta, el índice UV y su pronóstico (Documento técnico). [En línea] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, Subdirección de Meteorología, (Bogotá-Colombia). 2010. p. 3. [Consulta: 2022-03-06]. Disponible en:
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022454/NotatecnicaIUVPaginaWEBfinal.pdf>

BERMÚDEZ, G. "Robots móviles. Teoría, aplicaciones y experiencias". *Tecnura* [En línea], 2002, (Colombia) 5(10), pp. 6-17. [Consulta: 01 marzo 2022]. Disponible en:
doi:<https://doi.org/10.14483/22487638.5882>

BIRT. *9.1.- Concepto, métodos físicos y químicos* [web]. [Consulta: 05 marzo 2022]. Disponible en:
https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/APSD/AH/AH01/es_APSD_AH01_Contenidos/website_91_concepto_mtodos_fsicos_y_qumicos.html#

BOSCH, M. *Yo, Robot* [En línea]. 2020. [Consulta: 25 febrero 25]. Disponible en:
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjdwuLVteL4AhX7ZDABHVZDDokQFnoECCMQAQ&url=https%3A%2F%2Fprepa.unimatehuala.edu.mx%2Fpluginfile.php%2F7362%2Fmod_glossary%2Fattachment%2F866%2FYo%252C%2520robot%2520-%2

CABEZAS TERÁN, José Luis. Diseño e implementación de un Sistema Electrónico de Potencia Híbrido para la carga de una Batería Tipo Polímero de Litio (Trabajo de Proyecto) (Grado). [En línea] Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. (Quito-Ecuador). 2016. pp. 13-18. [Consulta: 2022-03-03]. Disponible en:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16940/1/CD-7522.pdf>

CALBERG, C. *Predictive Analytics: Microsoft Excel 2016* [En línea]. Segunda ed. Indiana-USA: Pearson Education, 2018. [Consulta: 06 marzo 2022]. Disponible en:
<https://www.pdfdrive.com/predictive-analytics-microsoft-excel-second-edition-e184046934.html>

CHAVARRO, E. "Desinfección química". *mEq. La revista de química útil* [En línea], 2009, (13), pp. 1-4. [Consulta: 04 marzo 2022]. Disponible en:
<https://www.mollabs.com/pdf/Desinfeccion.pdf>

CohecitosRC. *Entendiendo las Baterías Lipo* [blog]. [Consulta: 08 marzo 2022]. Disponible en:
<https://cohecitosrc.com/blog/blog-de-cohecitosrc/entendiendo-las-baterias-lipo>

CORONA, L., ABARCA, G., & MARES, J. *Sensores y actuadores. Aplicaciones con Arduino* [En línea]. Azcapotzalco-México: Grupo Editorial Patria, 2014. [Consulta: 02 marzo 2022]. Disponible en:
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wMm3BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=actuadores&ots=6O4kdy723B&sig=fd23ljiOv8ztU20YayLR_A9Mzug#v=onepage&q&f=false

CORREA, M., MERA, S., GUACHO, F., VILLAREAL, E., & VALENCIA, S. "Desinfección mediante el uso de luz UV-C germicida en diferentes medios como estrategia preventiva ante la COVID-19". *Revista Minerva de Investigación Científica* [En línea], 2020, (Ecuador) (2), pp. 46-53. [Consulta: 06 marzo 2022]. ISSN 2697-3650. Disponible en: doi:10.47460/minerva.V1i2.11

DE ANDRÉS MIGUEL, Alicia, PRIETO DE CASTRO, Carlos, & USERA MENA, Fernando. Informe sobre utilización de la radiación (Informe). [En línea] Ministerio de Ciencia e Innovación, Consejo Superior de Investigaciones Científicas - CSIC. (Madrid-España). 2020. p. 4. [Consulta: 2022-03-06]. Disponible en: https://digital.csic.es/bitstream/10261/216311/1/INFORME_CSIC_utilidad_UV_v3.pdf

DE LA SOTA, Marcelo. Manual de Procedimientos: Desinfección (Manual). [En línea] Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. (Buenos Aires-Argentina). 2004. p. 10. [Consulta: 2022-01-25]. Disponible en: http://www.intranet.senasa.gov.ar/intranet/imagenes/archivos/dnsa/manuales_de_procedimiento/02%20Desinfeccion.pdf

DÍAZ, Adrian. Cuidado del cuerpo y la salud mental en el marco de la pandemia del COVID-19 (Informe). [En línea] OPS/OMS. (Quito-Ecuador). 2020. p. 2. [Consulta: 2022-01-29]. Disponible en: <https://www.paho.org/sites/default/files/cuidado-cuerpo-pandemia-covid19.pdf>

Equipo de Expertos en Ciencia y Tecnología. *Estudiar robótica: 3 razones y un propósito elevado* [blog]. 2019. [Consulta: 27 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.universidadviu.com/es/actualidad/nuestros-expertos/estudiar-robotica-3-razones-y-un-proposito-elevado>

GONZÁLEZ SANTACRUZ, César Andrés. Análisis técnico de los diferentes tipos de baterías comercialmente disponibles para su integración es el proyecto de una microrred aislada (Proyecto)(Grado). [En línea] Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería. (Bogotá-Colombia). 2015. pp. 22-27. [Consulta: 2022-03-03]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3663/ANÁLISIS%20TÉCNICO%20DE%20LOS%20DIFERENTES%20TIPOS%20DE%20BATERÍAS%20COMERCIALMENTE%20DISPONIBLES%20PARA%20SU%20INTEGRACIÓN%20EN%20EL%20PROYECTO%20DE%20UNA%20MICRORRED%20AISLADA.pdf?sequ>

HUBOR. *¿Qué es proteus?* [blog]. [Consulta: 08 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.hubor-proteus.com/proteus-pcb/proteus-pcb/2-proteus.html>

IBARRA BONILLA, Mariana, QUIÑONES NOVELO, Fernando, GARCÍA ENRÍQUEZ, Irma, & RAMIREZ CORTÉS, Juan. Desplazamiento de un robot con localización y evasión de obstáculos por visión y ultrasonido. [En línea] Congreso Nacional de Ingeniería Electrónica del Golfo CONAGOLFO. (Puebla-México). 2009. pp. 33-38. [Consulta: 2021-02-02]. Disponible en: <https://www-elec.inaoep.mx/~jmram/cvjmr/Desplazamiento%20de%20un%20robot%20con2009.pdf>

IDEAM. *Generalidades de la radiación ultravioleta* [web]. [Consulta: 05 marzo 2022]. Disponible en:

<http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/generalidades-de-la-radiacion-ultravioleta>

INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL. Riesgos y Medidas Ergonómicas en el Sector de la Limpieza (Ficha Divulgativa). [En línea] Instituto de Seguridad y Salud Laboral - ISSL. (Murcia-España). 2013. p.1. [Consulta: 2022-03-10]. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiOlpvfuz4AhUWbTABHR5MBJIQFnoECCgQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.carm.es%2Fweb%2Fservlet%2Fintegra.servlets.Blob%3FARCHIVO%3DFD-110.pdf%26TABLA%3DARCHIVOS%26CAMPOCLAVE%3DDID>

JOSÉ, M., PERNIA, A., VILLEGAS, P., MARTÍN, J., & NUÑO, F. Iniciación a Proteus 8: paso a paso [en línea]. Asturias-España: Ediuño, 2018. [Consulta: 09 marzo 2022]. Disponible en: <https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=73540>

KAHRS, R. "Principios generales de la desinfección". Rev. sci. tech. Off. int. Epiz [en línea], 1995, 14(1), pp. 143-163. [Consulta: 06 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/14264481/principios-generales-de-la-desinfeccion-oie>

KOTAY, K. *Robot-Rats Locomotion: Skid-steer Drive* [web]. [Consulta: 27 febrero 2022]. Disponible en: <https://groups.csail.mit.edu/drl/courses/cs54-2001s/skidsteer.html>

KUMAR, P., & CHANDRA, U. "Arduino and Raspberry Pi based Smart Communication and Control of Home Appliance System". International Conference on Innovations in information Embedded and Communication Systems [en línea], 2016, (India), pp. 501-506. [Consulta: 02 marzo 2022]. Disponible en: [doi:https://dx.doi.org/10.1109/GET.2016.7916808](https://dx.doi.org/10.1109/GET.2016.7916808)

LEON, Fabio. *¿Cuales son las partes para armar un robot seguidor de linea?* [blog]. [Consulta: 02 marzo 2022]. Disponible en: <https://dynamoelectronics.com/partes-para-armar-un-robot-seguidor-de-linea/>

LURÁ, M. *Aspectos Microbiológicos de la Bioseguridad* [en línea]. Santa Fe-Argentina: edicionesUNL, 2020. [Consulta: 05 marzo 2022]. Disponible en: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/5533/aspectosmicrobiologicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MARTÍ, A. *Un robot autónomo con tubos de luz ultravioleta: la idea del MIT para desinfectar estancias de coronavirus y otros patógenos* [blog]. [Consulta: 21 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/robot-autonomo-tubos-luz-ultravioleta-idea-mit-para-desinfectar-estancias-coronavirus-otros-patogenos>

MARTÍN, E. "La autonomía en robótica y el uso de la fuerza". Instituto Español de Estudios Estratégicos [en línea], 2017, (España) (5), pp. 842-855. [Consulta: 25 febrero 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6057712>

MECHATRONICSTORES. *Driver MOSFET IRF520* [blog]. [Consulta: 26 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.mechatronicstore.cl/driver-mosfet-irf520/>

MUYCOMPUTER. *Qué tipos de robot aspirador existen y cómo elegir el adecuado* [blog]. [Consulta: 24 julio 2020]. Disponible en: <https://www.muycomputer.com/2020/07/24/mejor-robot-aspirador-y-como-elegir/>

NATIONAL ACADEMICS. *Basado en la Ciencia: ¿La luz ultravioleta (UV) mata el coronavirus?* [blog]. [Consulta: 06 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.nationalacademies.org/espanol/based-on-science/basado-en-la-ciencia/la-luz-ultravioleta-mata-el-coronavirus>

NAYLAMP MECHATRONICS. *Tutorial Sensor de distancia SHARP* [blog]. [Consulta: 06 marzo 2022]. Disponible en: https://naylampmechatronics.com/blog/55_tutorial-sensor-de-distancia-sharp.html

NCYT AMAZINGS. *La evolución de los robots aspiradores* [blog]. [Consulta: 01 marzo 2022], Disponible en: <https://noticiasdelaciencia.com/art/30195/la-evolucion-de-los-robots-aspiradores>

NÚÑEZ, N. *Cecotec Conga Apolo, un robot germicida para todo tipo de negocios* [blog]. [Consulta: 21 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.alimarket.es/electro/noticia/315795/cecotec-conga-apollo--un-robot-germicida-para-todo-tipo-de-negocios>

OMS. *Limpieza y desinfección de las superficies del entorno inmediato en el marco de la COVID-19: Orientaciones provisionales (Manual).* [En línea] Organización Mundial de la Salud. 2020. p. 1. [Consulta: 2022-03-05]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332168/WHO-2019-nCoV-Disinfection-2020.1-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

OMS. *Enfermedad por el coronavirus (COVID-19): Vacunas* [blog]. [Consulta: 29 enero 2022]. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/coronavirus-disease-\(covid-19\)-vaccines](https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/coronavirus-disease-(covid-19)-vaccines)

PEDRIQUE DE AULACIO, Magaly, DE VIZCARRONDO, Milagros, & GUTIÉRREZ DE GAMBOA, Sofía. *Limpieza, desinfección, esterilización y antisepsia (Informe).* [En línea]. 2008. pp. 9-11. [Consulta: 2022-03-05]. Disponible en: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_farmacia/catedraMicro/08_Tema_14_Limpieza_desinfecci%C3%B3n.pdf

PRIMICIAS. "El uso de la mascarilla deja de ser obligatorio en Ecuador". PRIMICIAS [en línea], 2022, (Ecuador). [Consulta: 30 enero 2022]. Disponible en: <https://www.primicias.ec/primicias-tv/sociedad/uso-mascarilla-deja-obligatorio-ecuador/>

PUMARICA ROLDAN, Edgardo José, & ZAFRA CÓRDOVA, Lorenzo Manuel. *Diseño e implementación del Controlador Electrónico de tensión para potencia variable en un Generador Trifásico de un Kilowatt (Tesis)(Grado).* [En línea] Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería en Energía. (Nuevo Chimbote-Perú). 2016. p. 25. [Consulta: 2022-03-07]. Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2642/42923.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RAMÍREZ RIVERA, Roberto Fernando, & REYES PÉREZ, Roberto Carlos. Diseño e implementación de un Robot Autónomo Móvil usando Tecnología FPGA (Tesis)(Grado). [En línea] Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingenierías. (Guayaquil-Ecuador). 2015. p. 13. [Consulta: 2022-03-04]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10429/1/UPS-GT001506.pdf>

RINCÓN BARRAGÁN, J., TOVAR ARRIAGA, S., ACEVES, M. A., GORROSTIETA HURTADO, E., VILLASEÑOR, U., & RAMOS ARREGUÍN, C. "Autómata Modular Libra Obstáculos Minotauro" 10° Congreso Nacional de Mecatrónica [en línea], 2011, (México). pp. 253-256. [Consulta: 07 marzo 2022]. Disponible en: <http://www.mecamex.net/anterior/cong10/trabajos/art51.pdf>

RIPPSA. *Robots Autónomos: Qué son, cómo funcionan y qué ventajas ofrecen* [en línea]. [Consulta: 01 marzo 2022]. Disponible en: <https://ripipsacobots.com/robots-autonomos/>

RODRIGUEZ, M., SANDOBALIN, S., POZO, D., MORALES, L., ROSERO, J., & ROSALES, A. "Mapeo de Laberintos y Búsqueda de Rutas Cortas Mediante Tres Mini Robots Cooperativos". Revista Politécnica [en línea], 2014, (Ecuador) 34(2), pp. 1-6. [Consulta: 05 marzo 2022]. Disponible en: https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/309/0

RUIZ DEL SOLAR, J., & SALAZAR, R. Sensores, Actuadores Y Efectores (Informe). [En línea] Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Eléctrica. (Región Metropolitana-Chile). 2011. pp. 22-28. [Consulta: 2022-03-02]. Disponible en: <https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/349/1259/6572/6574/77289.pdf>

SOLIDBI. *SOLIDWORKS. Qué es y para que sirve* [blog]. [Consulta: 09 marzo 2022]. Disponible en: <https://solidbi.es/solidworks/#:~:text=SOLIDWORKS%20es%20un%20software%20de,proceso%20de%20desarrollo%20del%20producto.>

SYNERTECH. *Calculadora de dosis UV-C* [blog]. [Consulta: 06 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.nyfdecolombia.com/uv/area-industrial/en/paginas/prueba>

TALENTUM. *¿Por qué elegir SOLIDWORKS?* [blog]. [Consulta: 09 marzo 2022]. Disponible en: <https://talentumdigital.cl/2020/01/20/por-que-elegir-solidworks/>

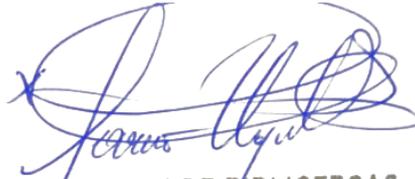
TAPIA JARRÍN, Lenin Rafael, & SAMPEDRO REA, Christian Darío. Diseño, Construcción y Control de un Robot Móvil tipo Uniciclo usando FPGA's (Proyecto)(Grado). [En línea] Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. (Quito-Ecuador). 2014. p. 14. [Consulta: 2022-02-27]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7315>

TRUCOS BRICOLAJE. *¿Cuánta energía (vatios) utiliza un robot aspirador?* [blog]. [Consulta: 02 marzo 2022]. Disponible en: https://trucosbricolaje.comoescojer.com/cuanta-potencia-vatios-utiliza-un-robot-aspirador/#How_Much_Power_Watts_Does_A_Robot_Vacuum_Use

VIERA PÉREZ, Juan Carlos. Carga rápida de baterías de Ni-Cd y Ni-MH de media y gran capacidad. Análisis, Síntesis y Comparación de nuevos métodos (Tesis) (Maestría). [En línea] Universidad de Oviedo, Departamento de Ingeniería Eléctrica. (Gijón-España). pp. 35-39. [Consulta: 2022-03-04]. Disponible en:
https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/16249/TD_Juan%20Carlos%20Viera%20Perez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

WRIGHT, H., & CAIRNS, W. Desinfección de agua por medio de luz ultravioleta (Informe). [En línea] Trojan Technologies Inc. (Ontario-USA). s.f. pp. 9-10. [Consulta: 2022-03-05]. Disponible en:
<http://www.elaguapotable.com/Desinfeccion%20del%20agua%20UV%20Trojan%20Technologies.pdf>

ZAMORA GÓMEZ, Erik. Map-building and planning for autonomous navigation of a mobile robot (Tesis)(Maestría). [En línea] Center for Research and Advanced Studies of the National Polytechnic Institute, Department of Automatic Control. (México-México D.F). 2015. p, 21. [Consulta: 2022-03-01]. Disponible en:
<http://www.ctrl.cinvestav.mx/~yuw/pdf/ErikZG.pdf>



DIRECCION DE BIBLIOTECAS
Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE
Y LA INVESTIGACION
 **Ing. Jonatan Parreño Uquillas MBA**
ANALISTA DE BIBLIOTECA 1



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

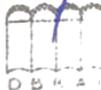
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 14/11/2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: WILLIAM MARCELO LOPEZ BAYAS SANTIAGO ISRAEL LOPEZ GAIBOR
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Fernanda Arévalo M.


DIRECCION DE BIBLIOTECAS
Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE
Y LA INVESTIGACION
 Ing. Jhonatan Parreno Uquillas MBA
DBRA ANALISTA DE BIBLIOTECA 1

2108-DBRA-UPT-2022