



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN.

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT DE RECORRIDO
PREPROGRAMADO, PARA DESINFECCIÓN DE ÁREAS DE
POTENCIAL CONTAMINACIÓN BASADO EN LUZ
ULTRAVIOLETA”**

Trabajo de titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES:

CINTHIA ALEXANDRA CÁRDENAS ORELLANA

WILMER STALIN SALÁN PUNINA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN.

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT DE RECORRIDO
PREPROGRAMADO, PARA DESINFECCIÓN DE ÁREAS DE
POTENCIAL CONTAMINACIÓN BASADO EN LUZ
ULTRAVIOLETA”**

Trabajo de titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES: CINTHIA ALEXANDRA CÁRDENAS ORELLANA

WILMER STALIN SALÁN PUNINA

DIRECTOR: ING. JOSÉ ENRIQUE GUERRA SALAZAR

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Cinthia Alexandra Cárdenas Orellana, Wilmer Stalin Salán Punina**

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, Cinthia Alexandra Cárdenas Orellana y Wilmer Stalin Salán Punina, 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 del trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 9 de marzo de 2022



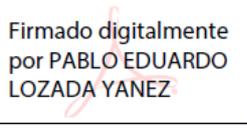
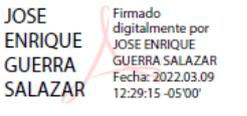
Cinthia Alexandra Cárdenas Orellana
060482198-3



Wilmer Stalin Salán Punina
180477640-7

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 DE RECORRIDO PREPROGRAMADO, PARA DESINFECCIÓN DE ÁREAS DE POTENCIAL CONTAMINACIÓN BASADO EN LUZ ULTRAVIOLETA.”**, realizado por la señoritas **CINTHIA ALEXANDRA CÁRDENAS ORELLANA** y el señor **WILMER STALIN SALÁN PUNINA**, 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. Pablo Eduardo Lozada Yánez PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado digitalmente por PABLO EDUARDO LOZADA YANEZ	2022-03-09
Ing. José Enrique Guerra Salazar DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 JOSE ENRIQUE GUERRA SALAZAR	2022-03-09
Ing. José Luis Morales Gordón MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Jose Morales	2022-03-09

DEDICATORIA

En el presente trabajo lo dedico a mis padres en especial a la mujer más valiente y admirable del mundo ella es mi madre, la que me enseñó la paciencia, bondad y en especial que es amor sincero. A mis hermanos por estar conmigo en cada etapa de mi vida por estar en los momentos más duros y por no dejarme sola y enseñarme que es un apoyo incondicional. A mis mejores amigos que obtuve en el transcurso de mis estudios superiores Elizabeth y Stalin por ser siempre una ayuda en todo momento sea de felicidad o tristeza.

Cinthia Cárdenas

Lo dedico a mis padres que me han apoyado en todo momento y en toda situación, ellos han estado en todo este transcurso brindándome todo ese apoyo incondicional, a mis hermanos que son un pilar fundamental en mi familia que siempre hemos sido unidos en cualquier situación que se nos presente y con un apoyo incondicional entre todos, a mis amigos y compañeros que siempre con sus palabras de apoyo hemos estado ahí empujándonos uno al otro para que nadie se quede en el camino.

Wilmer Salán

AGRADECIMIENTO

Agradezco Dios sobre todas las cosas, a mi familia por el amor y el apoyo incondicional, a mis amigos por ser un pilar fundamental durante el estudio, a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo y la Escuela de Electrónica y Automatización por haberme permitido convertirme en un profesional, al Director del trabajo de titulación Ing. José Guerra por la paciencia y ayuda que nos ha dado durante el trabajo de titulación.

Cinthia Cárdenas

Agradezco a mi familia por todo el apoyo incondicional que me han brindado para seguir con los estudios, a mis amigos y compañeros que también se hicieron presentes en cada etapa de todo este capítulo de la vida, agradecido con la Facultad de Informática y Electrónica y la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales que me ha acogido en sus aulas para continuar superándome y finalmente a todos los docentes que a más de su cátedra han impartido cosas que se debe saber de la vida y ser mejor persona.

Wilmer Salán

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV
RESUMEN.....	XVIII
SUMMARY.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1	DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1	Formulación del Problema.....	2
1.2	Sistematización del Problema.....	2
1.3	Justificación del Trabajo de Titulación.....	2
1.3.1	<i>Justificación Teórica.....</i>	<i>2</i>
1.3.2	<i>Justificación Practica.....</i>	<i>4</i>
1.4	Objetivos.....	4
1.4.1	<i>Objetivo General.....</i>	<i>4</i>
1.4.2	<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>4</i>

CAPÍTULO II

2	MARCO TEÓRICO.....	6
2.1	Antecedentes.....	6
2.2	Robots Móviles Terrestres.....	7
2.2.1	<i>Morfología del robot.....</i>	<i>7</i>
2.2.1.1	<i>Sistema de Locomoción del robot móvil.....</i>	<i>8</i>
2.2.2	<i>Comparativa entre los diferentes Sistemas de Locomoción.....</i>	<i>10</i>

2.3	Componentes electrónicos y mecánicos del robot	10
2.3.1	<i>Tarjetas de desarrollo</i>	11
2.3.2	<i>Comparativa de las características de las placas de desarrollo.....</i>	12
2.4	Motores DC.....	12
2.4.1	<i>Comparativa de los Motores DC</i>	13
2.5	Driver de Motores Dual.....	14
2.5.1	<i>Comparativa de los drivers para motores.....</i>	14
2.6	Sensores.....	15
2.6.1	<i>Tipos de sensores</i>	15
2.6.2	<i>Comparativa de las características para sensores</i>	16
2.7	Batería.....	17
2.7.1	<i>Batería de polímero de litio o LiPo</i>	17
2.8	Procesos De Desinfección.....	17
2.8.1	<i>Desinfección por radiación ultravioleta.....</i>	18
2.8.2	<i>Tecnología de desinfección UV.....</i>	19
2.8.3	<i>Radiación ultravioleta UVC</i>	19
2.8.4	<i>Factores que afectan la efectividad de la luz ultravioleta</i>	21
2.9	Seguridad de la luz Ultravioleta en el ser humano (Cunha, 2019):	21
2.10	Riesgos de la luz UV.....	22
2.11	Tipos de fuentes de Luz UV.....	22
2.11.1	<i>Comparativa de las Fuentes de generación UV.....</i>	23
2.12	Modelos de Equipos Comerciales	23

CAPÍTULO III

3	MARCO METODOLÓGICO	27
3.1	Requerimiento del diseño para <i>hardware</i>.....	27
3.2	Arquitectura de <i>hardware</i> del RDD bot	28
3.3	Diseño de las etapas de <i>hardware</i> del RDUV-C	29

3.3.1	<i>Etapa de alimentación principal</i>	29
3.3.2	<i>Etapa de posicionamiento</i>	29
3.3.3	<i>Etapa de procesamiento</i>	30
3.3.4	<i>Etapa de obtención de datos</i>	30
3.3.5	<i>Etapa de desinfección</i>	31
3.3.6	<i>Etapa de visualización</i>	32
3.4	Descripción de los elementos utilizados	32
3.5	Fuente de energía del robot móvil	43
3.5.1	<i>Comparativa entre consumo y abastecimiento de corriente de la batería.</i>	44
3.6	Requerimiento del software para el diseño	45
3.7	Software IDE Arduino 1.8.9	46
3.8	Funciones y Librerías	48
3.9	Diseño de la estructura del robot móvil	499
3.9.1	<i>Diseño de la estructura mecánica</i>	49
3.9.1.1	<i>Estructura lateral del RDD bot</i>	50
3.9.1.2	<i>Soporte inferior RDD bot</i>	50
3.9.1.3	<i>Soporte bajo del RDD bot</i>	51
3.9.1.4	<i>Soporte medio del RDD bot</i>	51
3.9.1.5	<i>Soporte superior del RDD bot</i>	52
3.10	Diseño electrónico	52
3.10.1	<i>Descripción del esquema de conexión del robot móvil con luz UV</i>	52
3.11	Implementación RDD bot	54
3.11.1	<i>Implementación de protección estructural.</i>	54
3.12	Pruebas y Resultados del Robot Móvil	56
3.12.1	<i>Caracterización de las mediciones de los sensores del RDD bot</i>	57
3.12.1.1	<i>Análisis de medición de distancia por el sensor Sharp</i>	57
3.12.2	<i>Análisis de medición de distancia con el sensor Ultrasónico</i>	58
3.12.3	<i>Análisis de medición de presencia sensor PIR</i>	60
3.12.4	<i>Análisis de medición por el sensor de temperatura</i>	61

3.13	Tiempo de conexión con el GPS.....	63
3.14	Análisis del posicionamiento del RDD bot por GPS	64
3.15	Análisis del tiempo funcionamiento de la lámpara de desinfección	65
3.16	Análisis de la trayectoria del RDD bot.....	67
3.17	Análisis de la autonomía del RDD bot.....	68
3.18	Análisis de tiempo de carga de batería del RDD bot	68
3.19	Consumo de energía del RDD bot.....	69

CAPITULO IV

4	GESTIÓN DEL PROYECTO	71
4.1	Cronograma tentativo (GANTT).....	71
4.2	Análisis económico del robot RDD bot.....	72

	CONCLUSIONES.....	74
--	--------------------------	-----------

	RECOMENDACIONES.....	76
--	-----------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Tabla comparativa de las características de los Sistemas de Locomoción.....	10
Tabla 2-2:	Tabla comparativa de las características de las placas de desarrollo.....	12
Tabla 3-2:	Tabla comparativa de las características de los Motores Dc.....	13
Tabla 4-2:	Tabla comparativa entre los diferentes drivers para motor.....	15
Tabla 5-2:	Tabla comparativa entre los diferentes sensores.....	16
Tabla 6-2:	Comparación de diferentes tipos de luz UV-C.....	23
Tabla 1-3:	Consumo de corriente de la fuente de energía.....	45
Tabla 2-3:	Consumo de corriente de la fuente de energía con su potencia.....	45
Tabla 3-3:	Análisis de la medición de distancia del sensor Sharp.....	58
Tabla 4-3:	Análisis de la medición de distancia del Sensor Ultrasónico.....	59
Tabla 5-3:	Pruebas de detección de personas sensor PIR.....	61
Tabla 6-3:	Análisis comparativo de la medición de temperatura.....	62
Tabla 7-3:	Análisis de error de la medición de temperatura.....	63
Tabla 8-3:	Análisis de la conexión del módulo GPS.....	63
Tabla 9-3:	Análisis de medición del GPS en base a la latitud.....	64
Tabla 10-3:	Análisis de medición del GPS en base a la longitud.....	65
Tabla 11-3:	Análisis de tiempo de desinfección de luz UVC con ozono.....	66
Tabla 12-3:	Análisis de la trayectoria del RDD bot	67
Tabla 13-3:	Autonomía del RDD bot.....	68
Tabla 14-3:	Registro del tiempo de carga de la batería del RDD bot.....	68
Tabla 15-3:	Consumo de corriente y voltaje del RDD bot.....	69
Tabla 1-4:	Cronograma Tentativo (GANTT).....	69
Tabla 2-4:	Análisis económico de los dispositivos para el RDD bot.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Esquema de Tracción Diferencial.....	9
Figura 2-2:	Estructura mecánica y electrónica del robot.....	10
Figura 3-2:	Luz Ultravioleta UV-C.....	19
Figura 4-2:	Efecto Germicida.....	20
Figura 5-2:	Robot Xenex.....	24
Figura 6-2:	Robot SpeedyCare™.....	25
Figura 7-2:	Robot UVD R.....	26
Figura 1-3:	Arquitectura general del robot RDD bot.....	28
Figura 2-3:	Arduino Mega 2560.....	32
Figura 3-3:	Driver Monster Dual.....	33
Figura 4-3:	Motorreductor Pololu 37D.....	34
Figura 5-3:	Llantas de Elastómero de Poliuretano.....	35
Figura 6-3:	Sensor de temperatura infrarrojo GY-906.....	35
Figura 7-3:	Sensor Pir HC-SR501.....	36
Figura 8-3:	Sensor Sharp GP2Y0A41SK0F.....	37
Figura 9-3:	Sensor Ultrasónico HC-SR04.....	37
Figura 10-3:	Módulo regulador de voltaje.....	38
Figura 11-3:	Convertidor DC/AC.....	39
Figura 12-3:	Módulo relé Arduino.....	40
Figura 13-3:	Modulo GPS Ublox Neo 6M.....	40
Figura 14-3:	Modulo Bluetooth Hc-05.....	41
Figura 15-3:	Led WS2812B & Loud Buzzer.....	42
Figura 16-3:	Lámparas Luces UVC con ozono.....	43
Figura 17-3:	Batería LiPo.....	44
Figura 18-3:	Estructura mecánica del RDD bot.....	49
Figura 19-3:	Estructura lateral RDD bot.....	50
Figura 20-3:	Parte inferior del RDD bot.....	50

Figura 21-3:	Parte baja del RDD bot.....	51
Figura 22-3:	Parte media del RDD bot.....	51
Figura 23-3:	Parte superior de la impresión 3D.....	52
Figura 24-3:	Esquema de conexión del RDD bot con luz UV.....	54
Figura 25-3:	Estructura inferior y lateral del robot.....	55
Figura 26-3:	Estructura de control del robot.....	55
Figura 27-3:	Estructura superior del robot móvil.....	56
Figura 28-3:	Estructura del robot con las lámparas UVC con ozono.....	56
Figura 29-3:	Toma de datos Sensor Sharp.....	57
Figura 30-3:	Toma de datos del Sensor Ultrasónico.....	59
Figura 31-3:	Proceso de pruebas de detección de presencia de personas.....	60
Figura 32-3:	Toma de datos sensor de temperatura.....	62
Figura 33-3:	Proceso de pruebas de posicionamiento con GPS.....	64
Figura 34-3:	Luces led.....	66
Figura 35-3:	Trayectoria asignada por GPS.....	67
Figura 36-3:	Medición del consumo de voltaje.....	69

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Diagrama de Bloques de la adquisición de datos.	29
Gráfico 2-3:	Diagrama de bloques de posicionamiento.	30
Gráfico 3-3:	Diagrama de bloques de procesamiento.....	30
Gráfico 4-3:	Diagrama de bloques de obtención de datos.....	31
Gráfico 5-3:	Diagrama de bloques de desinfección.....	31
Gráfico 6-3:	Diagrama de bloques de visualización.....	32
Gráfico 7-3:	Diagrama de Flujo de la programación de Arduino.....	47

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CÓDIGO ARDUINO

ANEXO B. DATASHEET ELEMENTOS ELECTRÓNICOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°C	Grado Celcius
°F	Grado Fahrenheit
3D	3 Dimensiones
A	Amperio
AA	Alternating Current
ADC	Convertidor Analógico Digital
ADN	Ácido Desoxirribonucleico
ARN	Ácido Ribonucleico
dBm	Decibelio-milivatio
Cm	Centímetros
DC	Direct Current
FDM	Modelo por Deposición Fundida
Gr	Gramo
GND	Conexión a Tierra
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
GUI	Interfaz Gráfica
I2C	Inter Integrated Circuits
IoT	Internet of Things
IREDD	Diodo Emisor de Infrarrojos
Kg	Kilogramo
kHz	Kilohercio
LiPo	Polímero de Litio
m	Metro
mA	Miliamperios
mAh	Miliamperios/hora
MB	Megabyte
mHz	Megahercio
mm	Milímetro
nm	Nanómetro
PSD	Detector Sensitivo de Posición
PWM	Pulse Width Modulation
RDD bot.	Robot de Desinfección bot
Rpm	Revolución por minuto
SMBUS	Transmisión de dos direcciones simultáneamente

SDA	System Data
SDL	Simple Direct Media Layer
TTL	Time to live
UV	Indicador de la intensidad de radiación ultravioleta
V	Voltaje
VAC	Voltaje de Corriente Alterna
VDC	Voltaje Corriente Directa
W	Vatio

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se centró en el diseño y construcción de un robot de recorrido preprogramado, para desinfección de áreas de potencial contaminación basado en luz ultravioleta, buscando así nuevos procesos automatizados que reemplace la limpieza manual de forma segura y rápida para eliminar virus y bacterias. Por ello se investigó el tipo de Luz UV adecuado para cumplir la función de esterilización, por lo que se implementó Luz UVC con ozono, es importante mencionar que esta luz es peligrosa al estar en contacto con el ser humano. Además, se realizó una investigación con diferentes robots del mercado. Para la construcción del RDD bot se determinan los elementos electrónicos, utilizando la sistemática comparativa verificando; funcionalidad, costo, fiabilidad y alcance. Se estableció una tarjeta de desarrollo Arduino para el control de motores, mientras que para seleccionar su posicionamiento a través de un dispositivo móvil se implementó el módulo GPS. Por último, se utilizó sensores (Sharp, ultrasónico, presencia PIR y temperatura), los cuales se encargan de la desactivación del sistema de desinfección. Concluyendo que, se obtuvo un alcance de desinfección en un área de 48 m², logrando el 99% de destrucción de microorganismos como indica el fabricante. Para la evasión de obstáculos, se obtuvo un error promedio de detección 2cm, para la presencia de personas dentro del área se obtuvo un rango de 1m hasta 7m, para las variaciones térmicas se determinó un rango de 10 cm hasta 170 cm. Por otra parte, al presentar inconveniente o encontrarse una persona dentro del lugar a desinfectar se apagará automáticamente las luces UVC, además, se activará el sistema de alerta visual y audible. Se recomienda para trabajos futuros mejorar el diseño estructural y electrónico utilizando Inteligencia Artificial.

PALABRAS CLAVE:< LUZ ULTRAVIOLETA>, < ESTERILIZACIÓN >, <MÓDULO GPS>, < ARDUINO (SOFTWARE) >, <SENSOR DE DISTANCIA>, <SENSOR DE PRESENCIA>, <SENSOR DE TEMPERATURA>.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

0086-DBRA-UPT-2022

2022-01-20

SUMMARY

The present degree work focused on the design and construction of a pre-programmed route robot, for disinfection of areas of potential contamination based on ultraviolet light, thus looking for new automated processes that replace manual cleaning safely and fast to eliminate viruses and bacteria. To do this, it was researched the type of UV light suitable to fulfill the function of sterilization, so UVC light with ozone was chosen, it is important to mention that this light is dangerous when in contact with the human being. In addition, an investigation with different robots on the market was carried out. For the construction of the RDD robot, the electronic elements were determined using comparative systematics, verifying functionality, cost, reliability and range. An Arduino development board was established for the control of motors, while to select their positioning through a device mobile GPS module was implemented. Finally, sensors were used (Sharp, ultrasonic, presence PIR and temperature), which are responsible for deactivating the disinfection system. It was obtained a range of disinfection in an area of 48 m², achieving 99% destruction of microorganisms as indicated by the manufacturer. For obstacle avoidance, an average detection error of 2cm was obtained, for the presence of people within the area, a range of 1m to 7m was obtained, for thermal variations a range of 10 cm to 170 cm was determined. On the other hand, when presenting an inconvenience or having a person inside the place to be disinfected, the UVC lights will automatically turn off, and the visual and audible warning system will be activated. It is recommended for future work to improve the structural and electronic design using Artificial intelligence.

Keywords: <UV LIGHT> <STERILIZATION> <GPS MODULE> <ARDUINO (SOFTWARE)> <DISTANCE SENSOR> <PRESENCE SENSOR> <TEMPERATURE SENSOR>.



Firmado electrónicamente por:
**NELLY MARGARITA
PADILLA PADILLA**

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se conoce que el área con potencial contaminación es debido a la masiva concurrencia de personas que han dejado en manifiesto que los sistemas de desinfección por químicos no son suficientes, por lo que se ha tomado una alternativa viable para eliminación de virus y bacterias. Por lo tanto, se observa que la infecciones causada por microorganismo es un gran problema que ha traído daños perjudiciales para la salud de los seres humanos.

Por tal razón, se busca alternativas que replacen las limpiezas tradicionales, de una manera segura y optima, utilizando Luz UV (luz ultravioleta) ya que a lo largo de los años han sido de gran relevancia para la obtención de una buena desinfección en áreas que estén contaminadas.

El trabajo de titulación presenta el desarrollo de una aplicación tecnológica que ayude al remplazo de los métodos tradicionales, por lo que se implementa un robot con trayectoria preprogramada para la desinfección mediante luz ultravioleta con ozono, es así, poder obtener una buena desinfección del área y poder reducir el contagio de más individuos en lugares proclives.

Los resultados logrados con el método de trayectorias preprogramada, y en base al robot implementado, con el diseño tanto hardware y software selecto; dicho método se determina la validación desarrollada correspondiente al método tradicional por químicos.

Por lo expuesto anteriormente, la finalidad del trabajo de titulación es el diseño y construcción de un robot por luz ultravioleta, de esta manera se busca un sistema eficiente que permita la desinfección adecuada de áreas potencialmente contaminadas.

CAPITULO I

1 DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

En este capítulo, se presenta la formulación del problema a plantear, el análisis de la sistematización del problema, y una descripción de la justificación teórica y práctica, además, el planteamiento de los objetivos que tiene el presente tema a desarrollar.

1.1 Formulación del Problema

Diseño y construcción de un robot de recorrido preprogramado, para desinfección de áreas de potencial contaminación basado en luz ultravioleta

1.2 Sistematización del Problema

¿Cómo funciona los sistemas de desinfección con luz Ultra Violeta(UV)?

¿Cuáles son los requerimientos que debe cumplir el robot a implementar?

¿Cuál es el diseño que permitirá cumplir con los requerimientos propuestos?

¿Cuál sería el software y hardware que permitirá implementar el diseño propuesto?

¿Cómo se podría evaluar si el prototipo implementado cumple con los requerimientos propuestos al inicio de la investigación?

1.3 Justificación del Trabajo de Titulación

1.3.1 *Justificación Teórica*

La investigación propuesta busca resolver la problemática de los peligros biológicos que causan por la gran presencia de microorganismos encontrados en el ambiente como son: bacterias, virus, esporas y hongos, que son las causantes enfermedades en plantas, animales y humanos provocando alteraciones en la salud. La mayoría de estos parásitos generalmente son los causantes de enfermedades transmitidas en ambientes proporcionando complicaciones respiratorias como son (neumonía, tosferina, tuberculosis, legionelosis, resfriado, gripe), y sistémicas (meningitis, sarampión, varicela, micosis) y alérgicas entre otras (Tobón Ríos, y otros, 2017)

A nivel mundial, se obtuvo un aproximado del 1,4 millón de personas que sufren dificultades en su salud por causa de infecciones que se adquieren en lugares contaminados por microorganismo existentes en el ambiente. Por lo que se tiene el 7% en países desarrollados y el 10% en países en

vías de desarrollo. Como estas infecciones ocurren durante la permanencia en áreas donde exista una mayor concurrencia de personas (BRAUN, 2019)

Las tecnologías que en la actualidad existen tratan de satisfacer las necesidades de la humanidad se busca nuevos métodos de desinfección, la luz ultravioleta (UV) es una alternativa establecida y cada vez más popular por el método efectivo de eliminación de microorganismos, frente al uso de productos químicos para la limpieza en áreas potencialmente contaminada. La luz UV generada mediante lámparas de gas Xenón pasa a través de las paredes celulares de bacterias, virus y esporas bacterianas, en cual la radiación ultravioleta causa daños e imposibilitan su multiplicación y termina destruyéndolo por ello la radiación UV-C está formada (de 200 a 290 nm) siendo efectiva para lo descrito (Galicía, 2020).

En base a las fuentes de información en el año 2019 se observa la creación de prototipos, por la empresa danesa *Blue Ocean Robotics*, la misma que ha desarrollado el UVD Robot para automatizar las labores de desinfección en centros sanitarios siendo una fuente principal de infecciones. El funcionamiento para la seguridad consiste de un sensor de movimiento que detecta la presencia de una persona para así desconectar automáticamente la luz ultravioleta y evitar daños en el ser humano. Este robot colaborativo se mueve de forma autónoma por las instalaciones emitiendo luz ultravioleta concentrada para eliminar bacterias y otros microorganismos dañinos para la salud. Desde la compañía danesa, inciden en que se trata de una labor complementaria a la limpieza manual de estas zonas para poder "garantizar una tasa de desinfección del 99,99%" y así "reducir el riesgo de contraer infecciones peligrosas para pacientes, personal y familiares" (Innovadores, 2019).

La empresa *Xenex Disinfection Systems*, en el mes de junio es considerado el líder del mercado en obtención de robots de esterilización para áreas y superficies de hospitales obteniendo tecnología avanzada como es la luz ultravioleta (UV-C) y de igual forma *360 Life Technologies*, pieza fundamental del Grupo Firmesa, menciona que traerá para el mercado ecuatoriano la tecnología de alta calidad en desinfección de Xenex. Esta tecnología presenta una desventaja ya que el robot viene programado sin función a una modificación por tal motivo, se ha propuesto desarrollar un robot de recorrido preprogramado para áreas potencialmente contaminadas por luz ultravioleta, que sea capaz de eliminar virus o bacterias (Figueroa, 2018).

1.3.2 Justificación Práctica

El presente proyecto se enfocará en el diseño y materialización de un robot de recorrido preprogramado utilizando lámparas de luz ultravioleta que será una herramienta muy útil, siendo el factor principal de la luz emitida por estas lámparas para la desinfección de áreas de potencial contaminación causadas por virus o bacterias, se debe también considerar una adecuada manipulación al momento del uso del robot preprogramado por la luz ultravioleta de tal manera que no haya ninguna afectación por la radiación de la luz emitida al ser humano.

El robot para implementar se basará en utilizar la robótica por medio de un robot de trayectoria preprogramado por Luz ultravioleta, así como también la topología que se adapte a las necesidades del proyecto que permita validar su diseño, basado en los conocimientos adquiridos en esta área durante los estudios realizados.

La propuesta del robot que realiza el trabajo de desinfección por luz ultravioleta consta de dos fases de trabajo; en donde la primera fase se encarga de reconocer el lugar en el que se va a desinfectar y detectar que no se encuentre la presencia de seres vivos ya que la radiación de luz UV causa afecciones al organismo, para esto se utiliza la propia plataforma móvil de recorrido conjuntamente con los sensores que reciben la variación de las radiaciones infrarrojas generadas por la presencia de seres humanos y animales. Una vez terminada la fase de detección se prosigue con la fase de desinfección en la que el prototipo de locomoción conjuntamente con las lámparas UV recorren el lugar asignado con el fin de cumplir la tarea para la que fue asignada; así de esta manera se obtendrá un área desinfectada y limpia.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

“Diseñar y construir un robot de recorrido preprogramado, para desinfección de áreas de potencial contaminación basado en luz ultravioleta”.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la estructura de los robots preprogramado y el método de desinfección más adecuado a implementar.
- Implementar el diseño que permita cumplir con los requerimientos propuestos para el robot preprogramado.

- Seleccionar el *software* y *hardware* que permitirá la realización del diseño propuesto.
- Comprobar si el robot preprogramado con luz ultravioleta cumple con las propuestas planteadas en la investigación.

La metodología del presente proyecto que se utilizó en la investigación bibliográfica, de campo y experimental para conocer la efectividad del robot móvil que se encarga de la desinfección con Luz UV y reunir información necesaria para dar solución a los problemas generados por los altos niveles de microorganismos existentes en áreas contaminadas que afecta a la salud humana.

La memoria descriptiva del presente trabajo de titulación consta de tres capítulos importantes: El primer capítulo contempla aspectos relacionados al marco teórico en la que se basa el robot móvil con desinfección de luz UV. El segundo capítulo hace referencia a cada paso seguido para la implementación. El tercer capítulo detalla las pruebas realizadas y los resultados obtenidos necesarios para establecer las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describe los elementos que intervienen en el diseño y la construcción del robot móvil, adicionalmente se considera los métodos de desinfección y se detalla el tipo de luz ultravioleta. Se realiza una descripción de las características de los dispositivos como es la red de sensores, actuadores, tarjetas de desarrollo y técnicas enfocadas en trayectorias preprogramadas para el robot al que llamaremos **RDD bot**.

2.1 Antecedentes

El Director General de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el doctor Tedros Adhanom Ghebreyesus, anunció el 11 de marzo de 2020 que la nueva enfermedad que puede caracterizarse como una pandemia. La caracterización de pandemia significa que la epidemia se ha extendido por varios países, continentes o todo el mundo, y que afecta a un gran número de personas (OPS, 2021). "Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los protocolos tradicionales de limpieza con productos químicos como blanqueador o peróxido de hidrógeno tienen una efectividad del 60 %, ya que es imposible que la persona que limpia cubra cada centímetro de una área, con este equipo, alcanzamos un 99 % de desinfección", asegura Martín González, director ejecutivo de la empresa UV Robotics, una compañía que ha puesto en marcha un aparato que limpia y desinfecta con luz ultravioleta de tipo C (FARANACE24, 2020).

En este contexto, la luz ultravioleta (UVR o rayos UV) se ha propuesto como una interesante alternativa contra la efectividad germicida, el fácil acceso a equipos UVR y la relativamente simple implementación de esquemas de irradiación. En el presente artículo se revisan los principios físicos de la UVR, fuentes de emisión UV, efectos biológicos de la UVR, en especial los dos subgrupos de UVC más empleados en biomedicina, así como un modelo sencillo de implementación de UVR en espacios cerrados, susceptible de ser integrado, como medida complementaria, en protocolos de bioseguridad (Luz ultravioleta C, 2021).

Los ahora robots que cumplen la función de desinfección fueron adquiridos por el Hospital del IESS Quito Sur. Los que cumplen la función de esterilizar todos los instrumentales médicos, las ambulancias y lugares donde exista concurrencia de personas o pacientes enfermos por virus o bacterias. De acuerdo a lo expuesto por el subdirector de Vigilancia Epidemiológica, Francisco Mora, los robots adquiridos y el creado por Henry Tipanquiza de la ciudad de Ambato elimina hasta el SARS-Cov-2 mediante luz ultravioleta (Primicias, 2021).

2.2 Robots Móviles Terrestres

Son aquellos dispositivos de transporte automático, que poseen una estructura de patas o ruedas que permite desplazarse en terreno sólido regular o irregular. Se pueden mover con un sistema de locomoción de tipo rodante, que suele ser el más eficiente según su aplicación, también son utilizados en tareas del hogar, para traslado de objetos, exploración de áreas de fácil o difícil acceso (Rodríguez, y otros, 2017).

Se considera las técnicas en el control del robot móvil en las que se encuentran:

- **Radio Control.** - Es un método que requiere de tres partes primordiales, la estación local, la estación remota y el canal de comunicación. El sistema se constituye de un dispositivo maestro ubicado en la estación local, y un dispositivo esclavo, ubicado en la estación remota. El operador humano, es el que se encuentra en el sitio local encargado de manejar el dispositivo maestro, mientras el dispositivo esclavo se encuentra en el sitio remoto donde el humano no tiene acceso, pero recibe órdenes del maestro (Hernandez, y otros, 2017).
- **Autónomo.** - Es un sistema automático capaz de tomar su propia ley, es decir puede moverse en entorno complejos sin la necesidad de un humano que los guíe o los controlé. El robot autónomo tiene una propiedad muy importante que es de reconfigurarse dinámicamente sin importar la tarea que se le asigne para el trabajo, teniendo el control casi completo sobre el movimiento (Viralize, 2018).
- **Preprogramado.** - A diferencia de lo anterior el robot cumple la tarea de preparar una máquina para que empiece a funcionar en un momento determinado y establecida por el usuario, el cual debe cumplir el movimiento del robot móvil por una trayectoria preprogramado que se encarga de encontrar una ruta transitable entre una posición inicial y una posición final. En base a la revisión bibliográfica analizada se concluye que la información es adecuada para el proyecto a implementar.

2.2.1 Morfología del robot

Se determina la estructura, forma y tamaños de un robot, y a su vez se verifica el funcionamiento, presentación y campo de aplicación. Para definir la morfología de un robot necesario saber la arquitectura tanto en su sistema estructural y funcional. Por ello es importante tener conocimiento acerca del grado de interacción del robot y de la persona, también se debe conocer el aspecto del robot. (Vásconez, 2018).

Arquitectura. - Se precisa determinar el trabajo a realizar y el entorno de operación, para el análisis se establece que la arquitectura a definir es de tipo móvil permitiendo genere movimiento de un punto asignado a otro punto, sin ningún problema a desplazarse y sin mayor esfuerzo. Un robot móvil es un aparato con la libertad de poder moverse en terrenos conocido o desconocido parcialmente, el cual se basa en un método de tracción con ruedas, orugas o patas, los que nos permiten adaptabilidad para lugares difíciles de recorrer (Vásquez, 2018).

2.2.1.1 *Sistema de Locomoción del robot móvil*

Se define como el trabajo de transportarse de un lado a otro sin ningún problema, es decir, el robot tiene la facilidad de desplazarse en el lugar asignado para cumplir la tarea, por lo que es importante manejar elementos motrices para realizar la acción (Alomoto, y otros, 2015).

Tracción Síncrona. - Para este diseño estructural tiene una forma triangular formada generalmente por 3 ruedas, quien se encuentran a una misma dirección y son directrices como motrices. Tiene un eje vertical quien facilita el cambio del punto de referencia girando simultáneamente las ruedas del robot y conservando el punto de referencia de la plataforma. Este tipo de diseño se puede controlar tanto las ruedas como la velocidad manteniendo siempre la misma dirección con el chasis. (Iza, y otros, 2016).

Tracción de Triciclo. - Se dispone de dos configuraciones muy similares donde se tiene la rueda delantera y la rueda articulada se las conoce como rueda libre cumpliendo el trabajo de la misma manera que las ruedas traseras las cuales se mantienen firmes. Es por ello que se describe la primera configuración donde la rueda delantera es utilizada para la tracción y las ruedas trasera trabajan libremente (Iza, y otros, 2016).

Tracción Ackerman. – Es un sistema que consta de 4 ruedas muy similar a un coche, de acuerdo a la configuración se la conoce como vehículos convencionales de cuatro ruedas. Este principio se basa en las cuatro ruedas acopladas sobre el chasis, por lo que dos ruedas giran en un mismo ángulo y sirven para dar tracción al vehículo, mientras que las otras dos para generar la dirección del movimiento (Iza, y otros, 2016).

Tracción Omnidireccional. – Este tipo sistema tiene un análisis muy complejo, pero para el movimiento es muy bueno porque permite la orientación del chasis sin la necesidad de haber girado anticipadamente, y se mueve en cualquier dirección o espacio que se le asigne por lo que reduce el tiempo en el que se desplaza el robot. El tipo de locomoción es la maniobrabilidad que

permite con el vehículo trabajar, tanto en el diseño mecánico como en el control de su manejo (Iza, y otros, 2016).

Tracción diferencial. – El sistema de tracción o en si es la forma más simple de trabajar, por lo que consta de uno, dos o más ejes de dos ruedas motrices. En la figura 1-2, se muestra como cada rueda consta de un motor, es por ello que los giros se originan por la diferencia de velocidades que se asigna a cada rueda de un mismo eje. Para la utilización de este tipo de sistema de tracción se busca que exista estabilidad y equilibrio en el robot, se es por ellos que se hace uso de al menos una rueda loca para el robot. Esta tracción ayuda a obtener giros sobre sí mismo (como un tanque), girar sobre una rueda (como un compás), o girar mientras se avanza (como un coche), todo ello proporcionando distintas velocidades y direcciones de giro a los motores (Alomoto, y otros, 2015).

Este tipo de robot es muy flexible y adecuado para trabajar en espacios limitados que contengan lugares planas o lisas, este sistema de tracción es muy sensible a la velocidad relativa de las ruedas, es por ello que producen errores menores por las diferentes trayectorias, siendo adecuado para la implementación del robot móvil. (Alomoto, y otros, 2015).

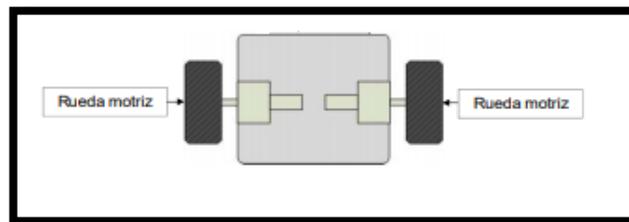


Figura 1-2: Esquema de Tracción Diferencial.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Tipos de Ruedas. - Giran alrededor de su eje horizontal y la orientación con relación a la estructura puede ser fija o variable, estas ruedas tienen contacto con un único punto entre ella y el plano (Borda, 2016). Existen varios tipos de ruedas que se logran emplear para los robots móviles obteniendo un adecuado movimiento de la plataforma como se describe a continuación (Iza, y otros, 2016):

- **Rueda motriz:** Es aquella que proporciona la fuerza de tracción para el movimiento del robot.
- **Rueda directriz:** Son ruedas que pueden ser modificadas directamente o indirectamente obteniendo direccionamiento de orientación controlable.
- **Ruedas fijas:** Estas ruedas se mantienen de acuerdo al eje en las que se encuentran sin tracción motriz.
- **Ruedas locas o ruedas de castor:** Son ruedas manejables, pero no controlables.

2.2.2 Comparativa entre los diferentes Sistemas de Locomoción

Después de analizar los diferentes Sistemas de Locomoción, se realizó una tabla comparativa de las características como se observa en la Tabla 1-2.

Tabla 0-2: Tabla comparativa de las características de los Sistemas de Locomoción.

Características	Síncrona	Triciclo	Ackerman	Omnidireccional	Diferencial
Número de Ruedas	3	3	4	4	2 o 4
Maniobrabilidad	Alto	Alto	Bajo	Alto	Medio
Control	Medio	Bajo	Bajo	Alto	Bajo
Tracción de ruedas	3	1 o 2	2	4	2 o 4
Estabilidad	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto
Velocidad	Bajo	Bajo	Alto	Medio	Medio

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

En referencia a los datos adquiridos en la Tabla 1-2, se concluye que el sistema de locomoción apropiado para la implementación del robot móvil es la Tracción Diferencial; debido a su alta estabilidad, control bajo, aprovecha la tracción que tiene en las ruedas, y por último se considera la velocidad media que se adecua al propósito del proyecto.

2.3 Componentes electrónicos y mecánicos del robot

El sistema se compone una parte primordial del robot, como es la parte estructural, por ello cada método debe tener una comunicación eficaz. Para que exista un adecuado funcionamiento se debe utilizar los mismos protocolos de comunicación y ser compatibles, realizando un análisis de todos los dispositivos mecánicos y elementos electrónicos que cumplan con los estándares y objetivos planteados como se muestra en la figura 2-2 (Vásconez, 2018).



Figura 2-2: Estructura mecánica y electrónica del robot.

Fuente: (Robótica, 2020).

2.3.1 *Tarjetas de desarrollo*

Son circuitos electrónicos que contienen microcontroladores que ofrecen soluciones y ayudando de manera rápida a la creación de aplicaciones útiles para la sociedad, tienen un alto nivel de compatibilidad con los dispositivos y sensores. Con el avance de la tecnología actualmente se obtiene una gran variedad de tarjetas de desarrollo, ofreciendo características especiales y ayudando a dar solución a cualquier problema presentado (Ruilova, y otros, 2017).

- **Placa Arduino.** – Es una placa electrónica formada de microcontroladores que tienen código abierto, estos permiten tener una conexión entre la electrónica analógica y digital. Tienen la capacidad y la disposición de controlar y procesar los datos de cualquier dispositivo conectado (Marchán, y otros, 2018).

Arduino nos ayuda a crear proyectos de electrónica fácilmente de una manera eficaz. Arduino es una placa que tiene la capacidad de “crear” y “guardar” diferentes instrucciones. En la actualidad hay una fuerte comunidad de desarrollo que muestra proyectos interesantes y novedosos de código abierto existiendo una gran variedad de documentación que respaldara a la hora de programar (Cursos de Arduino Lección, 2017).

- **Raspberry.** - Es un ordenador completo de bajo costo y de tamaño reducido, tenido así un dispositivo que cabe en la palma de la mano, por los diferentes puertos que se tiene hay la posibilidad de conectarle a un televisor y un teclado para interactuar con ella exactamente igual que cualquier otra computadora (Rodríguez de Luis, 2018).

Estos son los diferentes sistemas operativos, que permiten la conexión: Rapsbia, RaspBMC, Arch Linux e incluso Windows 10 (Marchán, y otros, 2018).

- **Placa FPGA.** – Contiene distintos semiconductores con puertas programables que están conformados de bloques de lógica obteniendo una buena interconexión y funcionalidad. El uso del dispositivo se consigue por medio de un lenguaje con descripción técnica especializada, obteniendo así la configuración adecuada. La lógica programable que se utiliza en la placa nos ayuda la reproducción de funciones como las que realiza una puerta lógica o un circuito combinacional muy complejo o sistemas implementadas en un chip (Balean, 2018).

2.3.2 Comparativa de las características de las placas de desarrollo

Después de haber realizado el estudio de las distintas tarjetas de desarrollo con mayor utilización en el mercado actual, se hizo una respectiva comparación y se ha tomado en cuenta cada característica como se observadas en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Tabla comparativa de las características de las placas de desarrollo.

Tarjetas de Desarrollo	Arduino	Raspberry	FPGA
Microcontrolador	AT-Mega -168 – 2560 – 32u4 – 328P	Pi2 – Pi3 – Pi3b – Pi4	MKR-VIDOR400 – ICEZUM ALHAMBRA
E/S Analógicas	4-6-8-12-16	-	4
E/S Digital	9–14–20-54	-	20
Alimentación de entrada	2.7-3.3-5-12 V	3.3-5V	5V
Sistema Operativo	Mac, Linux, Windows	Linux, Windows	Linux, Windows
Entorno de Desarrollo	Arduino IDE	Eclipse, Windows	Quartus II
Peso	37g	50g	60g
Costo	\$15	\$120	\$70

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

De acuerdo a la comparativa de la Tabla 2-2, se concluye que una vez analizada las características se determina que la familia de la tarjeta de desarrollo, el Arduino es el más adecuado para implementar en el robot móvil, tomando en consideración su bajo costo y facilidad de manejo en base al entorno de desarrollo Arduino IDE (Lenguaje C++), mayor número E/S analógicas y digitales, su peso es moderado y su fácil accesibilidad en el mercado.

2.4 Motores DC

Es una máquina de corriente directa que convierte la energía eléctrica a energía mecánica por el cual provoca un movimiento giratorio, mediante la acción que produce el campo magnético. Gracias a la facilidad que ofrece estos motores se tiene un control de posición, paro y velocidad convirtiéndose en la mejor opción para los estudios de control y automatización (Anda, 2018).

Existen tres tipos de motores principales:

- **Motor Paso a Paso.** - Dispositivo encargado de convertir pulsos eléctricos en movimientos circular. Estos motores dan vueltas libremente a velocidades altas o bajas de acuerdo a la cantidad de pulsos. El eje de un motor gira de acuerdo a los pulso eléctricos enviados hacia las bobinas del estator ya sea para moverse en sentido horario o antihorario (Crespo, 2016).
- **Motorreductor.** – Es un dispositivo muy antiguo que tiene una forma compacta por lo que combina un reductor de velocidad y un motor. Es así que van incorporados en una sola pieza ayudando a reducir la velocidad de un dispositivo de forma automática. En la actualidad se utiliza estos dispositivos en las industrias por la reducción que ofrece para los procesos (Roydisa, 2019).
- **Servo.** - Es un dispositivo especial que nos ayuda a obtener un control preciso de la posición del eje, aceleración y velocidad en un momento dado. Está diseñado para ubicarse en cualquier posición mientras se tenga un rango de trabajo. (García, 2016).

2.4.1 Comparativa de los Motores DC

Después de haber realizado el estudio de los distintos Motores DC con mayor utilización para la construcción del robot móviles, se hizo la respectiva comparación y se ha tomado en consideración cada característica, como se observadas en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Tabla comparativa de las características de los Motores Dc.

Características	Paso a Paso	Motorreductor	Servo
Voltaje	3 V-15 V -12 V	6 V -24 V	4.8 V -12 V
Velocidad	Bajo	Medio	Alto
Precisión	Alto	Bajo	Alto
Control	Complejo	Simple	Complejo

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Se concluye que el Motorreductor es el más adecuado para la implementación del robot móvil, de acuerdo a las características más importantes de la tabla 3-2 se tiene; control simple, velocidad media y su baja precisión.

2.5 Driver de Motores Dual

Es una placa encargada del manejo de los motores de manera eficaz, permitiendo el control del sentido de giro y velocidad con la que se maneja trabajando a señal PWM de un microcontrolador. Gracias a la variedad de estos dispositivos encontrados en el mercado ayuda a obtener un manejo adecuado ya sea motores dc, servomotores, motores paso a paso, entre otros (Vásconez, 2018).

Existen tres tipos principales de drivers.

- **Sabertooth.** – Es un dispositivo que se utiliza en robots de alta potencia como son de combate, a su vez estos controladores son eficientes y fáciles de usar al momento de poner en funcionamiento. Tiene incorporado sensores de temperatura y de detección de sobre corriente. Es por ello que el dispositivo trata de protegerse del fallo en caso de existir sobrecalentamiento, sobrecarga y cortocircuitos (Gualli Cujilema, y otros, 2016).
- **RoboClaw.** – Son controladores que permiten manejar de manera sencilla y eficaz trabajando así hasta con dos motores de Corriente Continua, Para el trabajo tiene diferentes interfaces, como son USB serial TTL serial, servo pulsos y voltajes analógicos. El dispositivo consta de decodificadores que nos ayudan al control de posición y velocidad. El controlador de motores tiene una amplia gama de elementos integrados al dispositivos, siendo completos actualmente en mercado (Pololu, 2018).
- **Driver Monster Shield.** – Es un dispositivo que permite controlar dos motores de CC, tiene un controlador de lado alto monolítico doble y dos interruptores de lado bajo. El driver ayuda a soportar altas corrientes y a proteger sobrecargas mediante el elemento Power MOSFET. Para las conexiones directamente se debe soldar cables a la placa protegiendo de algún daño en el dispositivo ya que trabaja a corriente altas teniendo así como máxima de 30 A (González, y otros, 2019).

2.5.1 Comparativa de los drivers para motores

Después de haber realizado un estudio de las características más importantes del dispositivo, permite obtener el control de motores adecuadamente, por lo que se realizó la respectiva comparación como se observa en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2: Tabla comparativa entre los diferentes drivers para motor.

Características	Sabertooth	RoboClaw	Monster
Eficiencia	Alto	Alto	Alto
Voltaje	6 V-30 V nominal	6 V-34 V	12 V-16 V
Receptor Rc	Si	Si	No
Sensor de Corriente	No	No	Si
Conexión USB	No	Si	No
Costo	\$75.00	\$130.00	\$15.00

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

De acuerdo a la Tabla 4-2, se tiene como finalidad que el módulo de control Monster posee mejores características en cuanto a la eficiencia para su conexión con motores, trabaja a menor voltaje y tiene un menor costo a diferencia de los demás, adicionalmente ofrece protecciones a los motores haciéndola ideal para la implementación.

2.6 Sensores

En la electrónica se hace uso de estos dispositivos, ya que son de gran importancia para la obtención de información del entorno e interactuar en ella, ya sean por magnitudes físicas o químicas, cumpliendo con el proceso de captar ondas sonoras y transformarlas para después poder utilizarla por un controlador electrónico del robot. Los sensores son comparados análogamente y digitalmente de acuerdo a la función que lo requiera (Rodríguez, y otros, 2017).

2.6.1 Tipos de sensores

Las variables físicas pueden ser por ejemplo: distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, temperatura, intensidad lumínica, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, entre otros (Ruilova, y otros, 2017).

Sensores de Reflexión Directa. - El emisor y el receptor se localizan colocados en el mismo elemento. El objeto al cual detecta directamente a un porcentaje de luz emitida, activando así el receptor. Este tipo no requiere de ningún dispositivo en la parte opuesta del emisor. La distancia de detección depende de factores como la reflectividad del objeto, tamaño, color, forma, densidad, superficie y también del ángulo en que llega el haz de luz hacia el objeto. Además, para evitar detectar falsos positivos el fondo debe absorber o desviar la emisión de luz (López, 2018).

Sensores de temperatura o térmicos. - Tiene la capacidad de medir la temperatura sin necesidad de contacto directo con la superficie. Consta de una matriz de sensores que son 8 en total, colocados de forma lineal y es capaz de tomar 8 medidas adyacentes al mismo tiempo. La ventaja frente a los sensores PIR que se utiliza en sistemas de alarmas y detectores de personas, este sensor no tiene la necesidad de que exista movimiento para detectar el calor, y por lo tanto es muy usado en el campo de la robótica y abre una gran cantidad de aplicaciones no implementadas hasta ahora. El sensor es capaz de detectar la llama de una vela a 2 metros de distancia y además no le afecta la luz ambiental (Robótica, 2020).

Sensor de Movimiento. - Es un dispositivo electrónico que funciona a partir de la detección de movimiento de objetos dentro del área en donde se encuentran implementados, este trabaja como un sistema de encendido y apagado. Se utilizan a menudo con sistemas en donde se necesite mejorar la eficiencia de consumo de energía, ya sea con sistemas de ventilación, iluminación o en el aire acondicionado para el hogar u oficina, además con frecuencia se lo aplica en sistemas de seguridad (Solerpalau, 2018).

Sensor ultrasónico. - Sensor ultrasónico es capaz de detectar la presencia de un objeto y también proporcionar la distancia a la que se encuentra con un bajo índice de error en un rango específico de trabajo. Consta de un altavoz y micrófono, llamados transductores, además su funcionamiento es efectivo aun cuando haya presencia de luz solar o el color de los objetos sean oscuros o claros (León, y otros, 2018).

2.6.2 Comparativa de las características para sensores

Después de analizar las fuentes bibliográficas referentes a sensores se obtuvo las características más relevantes con su respectiva comparación, como se observa en la Tabla 5-2.

Tabla 5-2: Tabla comparativa entre los diferentes sensores.

Características	Reflexión Directa	Movimiento de Infrarrojos	Ultrasónico
Rango de Medición	5-10-25-80-120cm	> 100 cm	Max 400cm
Histéresis	<20 %	1 %	4 %
Angulo de Detección.	±2°	180°	15°
Voltaje de Operación	5V	4.5-12VDC	5V
Dimensiones	29.5 x 13 x 13.5cm	27 x 13.2 x 14.2 mm	45 x 20 x 15 mm

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

En base a la Tabla 5-2, se determina que el uso de sensores más adecuados para el proyecto, son de reflexión directa y de movimiento infrarrojo dado que su rango de medición es acorde a la distancia requerida para detectar objetos, los ángulos de detección son ideales y sus dimensiones son pequeñas. En cuanto al sensor térmico cumple el requerimiento lo que hace que se ajusta a las necesidades del diseño.

2.7 Batería

Son elementos portátiles que proporcionan de energía eléctrica generada a partir de alguna reacción química. Estas baterías son algunas de los residuos más contaminantes que se fabrican (Ojeda, y otros, 2017). Obteniendo en el mercado pilas como son de: ácido de plomo, alcalinas, níquel, grafeno y litio el cual se puede adquirir de acuerdo a su duración para el manejo.

2.7.1 Batería de polímero de litio o LiPo

Son baterías recargables compuesta de múltiples celdas que se usan para aplicaciones mayores a 1 A donde se requiere reducir el peso y tamaño, por ejemplo: sistemas de radio control, aviones, helicópteros, drones, cámaras, celulares, linternas, entre otros (Leon, 2020).

Las unidades de medida en la que trabaja es en miliamperios por hora (mAh) es por ellos que se describe que es la cantidad de corriente que suministra la batería, esto significa la cantidad de miliamperios que puede suministrar la batería durante el tiempo de 1 hora antes de su descarga completa. Por ejemplo, una batería LiPo de 1000 mAh sería completamente descargada en una hora con un consumo de 1000 mA. Si ésta misma batería tenía una demanda de 500 miliamperios tomaría 2 horas para descargarlas (Leon, 2020).

De acuerdo a la bibliografía revisada en cuanto a las baterías LiPo se obtiene que es la más adecuada para la implementación del robot móvil; por alta eficiencia y bajo índice de descarga.

2.8 Procesos De Desinfección

Es un método que contiene un conjunto de pasos que permiten reducir el número de microorganismos vivos y la destrucción de los patógenos y alterantes que puedan estar presentes en las áreas, ambientes o superficies contaminadas (Jiménez, 2018).

Las técnicas utilizadas durante las operaciones de desinfección pueden agruparse en dos grupos:

- **Desinfección física:** es un método que se basa, en la aplicación de calor o temperaturas elevadas durante un tiempo determinado para lograr un efecto de eliminación de los microorganismos (Jiménez, 2018).
- **Desinfección química:** este método consiste en la aplicación de sustancias químicas como son: desinfectantes, que tengan la capacidad de eliminar o parar el aumento de microorganismos (Jiménez, 2018). Este método implica la utilización de agentes químicos como desinfectantes superficiales. En general estos desinfectantes químicos se usan en soluciones acuosas, sin embargo, existen algunos casos de desinfectantes gaseosos (GODÍNEZ, 2018).
- **Desinfección luz UV:** es un método con un gran rango de peligrosidad a lo referente a luz UV ayudando a obtener una inactivación rápida de los microorganismos encontrados en el aire o superficies aplicando el proceso físico. Cuando existe gran cantidad de bacterias, virus y protozoos se muestran a las longitudes de onda germicidas de la luz UV, el cual ayuda a que se vuelven incapaces de reproducirse e infectar por lo que elimina de manera inmediata (UV, 2020).

2.8.1 *Desinfección por radiación ultravioleta*

Se basa en un fenómeno físico por el cual las ondas cortas de la radiación ultravioleta inciden sobre el material genético (ADN) de los microorganismos y los virus, y los destruye en corto tiempo, sin producir cambios físicos o químicos notables en las áreas a desinfectar (Calderón, 2016).

Para poder observar la inactivación por luz UV se origina por la absorción directa de la energía UV por el microorganismo y una reacción fotoquímica intracelular resultante que cambia la estructura bioquímica de las moléculas que son esenciales para la supervivencia del microorganismo. Se observa que el tiempo de duración y la intensidad de la dosificación, si se provee la misma energía total, se obtendrá el mismo grado de desinfección (Calderón, 2016).

Condiciones Generales Para la Desinfección. – Para obtener la investigación del sistemas de desinfección en lo que concierne al clima, temperatura, humedad, topografía, comunicaciones, transporte, infraestructura comercial y disponibilidad y fiabilidad de la energía eléctrica entre otros (Hermoza, 2018).

La elección de la tecnología de desinfección que se encuentre de acuerdo a los requerimientos también exige tener en cuenta los factores sociales, técnicos y económicos. Por lo que en algunos casos los factores como: la organización social, las aptitudes y la infraestructura disponible, no

son adecuados para cumplir con disposiciones técnicas para que un sistema sea eficaz ante otro y de esta manera implementar un sistema de menor eficacia pero que de manera general resulte el mejor apropiado ante una situación en particular (Hermoza, 2018).

2.8.2 Tecnología de desinfección UV

Para lograr obtener la desinfección de aire, agua y superficies, está establecida en el efecto germicida que tiene la radiación UVC, se trata de la radiación electromagnética entre los rayos X y la luz visible. La longitud de onda UV es de entre 100 y 400 nanómetros siendo una energía luminosa e invisible para la desinfección. La longitud de onda UV se divide en 4 grupos, cada uno con un resultado germicida diferente como se muestra a continuación (Valdrin, 2018):

- UV-A (315 – 400 nm).
- UV-B (280 – 315 nm).
- UV-C (200 – 280 nm).
- UV de vacío (100 – 200 nm).

2.8.3 Radiación ultravioleta UVC

El sistema se encuentra entre 205 y 280 nanómetros de onda corta, es del rango de mayor energía y por lo tanto es la radiación más peligrosa, el cual estos son absorbidas antes de alcanzar capa de ozono y oxígeno en la superficie terrestre. Por los que se han creado fuentes de emisión artificiales como: lámparas Led, lámparas fluorescentes que tiene la capacidad de eliminar germicida, lámparas fluorescentes con ozono y lámparas de vapor de mercurio (Edpilo, 2020). Se obtuvo una imagen conceptual de la longitud de onda y color de luz siendo importante para los seres vivos como se observa en la figura 3-2:

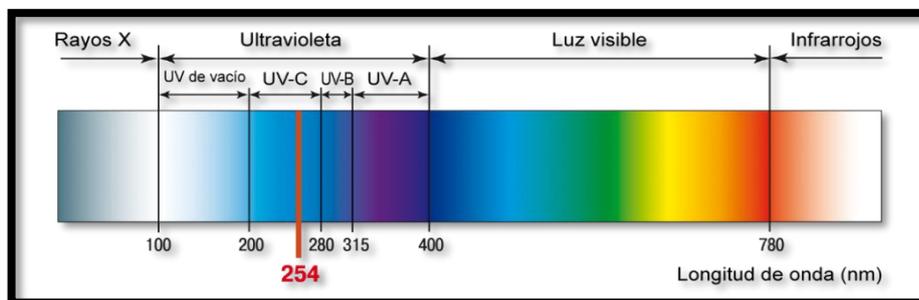


Figura 3-2: Luz Ultravioleta UV-C.

Fuente: (Edpilo, 2020), Radiación UV para Esterilizar.

El rango de la luz UV-C es una de las radiaciones con mayor potencia de afectación. Además, es el que más fácilmente absorben el ADN, el ARN y las proteínas. Este rango se conoce como “germicida” dado que tiene un alto índice de eficiencia en contra de bacterias y virus. Este rango germicida se encuentra entre 205-280 nm que se encuentra dentro de la mayor sensibilidad de los microorganismos ya que se produce a 265 nm (Valdrin, 2018).

La utilización de este método de desinfección depende de algunas causas, tales como la distancia del objeto a ser irradiado, la fuerza de radiación, la presencia de objetos que absorben la UV, los lugares donde la radiación no llega y provocando sombras en las que la luz UV-C no toca directamente. La producción artificial de este tipo de radiación es utilizada con éxito como germicida y bactericida durante mucho tiempo (López, 2020).

Si observamos el efecto que ocasiona el germicida se obtiene la absorción de fotones de las moléculas que se encuentran formadas de ADN y ARN. La reacción fotoquímica provoca a la dimerización de los enlaces del ADN y el ARN como se observa en la figura 4-2, , es por ello que al proceso se conoce como eliminación de microorganismos (Valdrin, 2018).

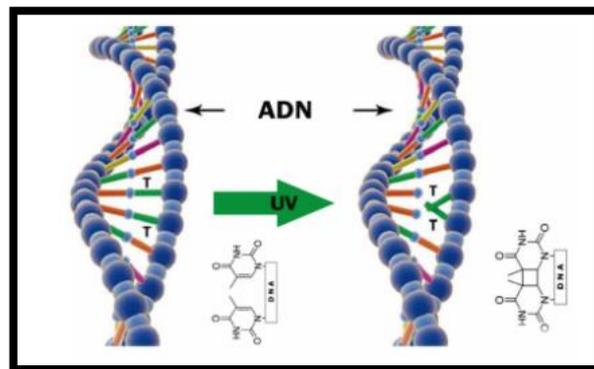


Figura 4-2: Efecto Germicida.

Fuente: (Edpilo, 2020), Radiación UV para Esterilizar

Un importante estudio científico realizado ha demostrado que la luz UV tiene la capacidad de inactivar bacterias patógenas, protozoos y virus, esto debido a que ofrece una ventaja ante la desinfección con cloro porque puede inactivar protozoos que son perjudiciales para la salud de los seres humanos (UV, 2020). La generación artificial que produce la luz UV se presenta por medio de una lámpara de cuarzo puro y un gas inerte, mientras exista un incremento de la energía eléctrica, el calor que produce las lámparas empieza a aumentar la presión interna del gas, produciendo la luz UV (UV, 2020).

2.8.4 Factores que afectan la efectividad de la luz ultravioleta

La eficacia de un sistema de luz ultravioleta para eliminar la contaminación biológica es directamente dependiente de las características físicas de las áreas o ambientes contaminados.

Considerando estas características se recalcan las siguientes (Calderón, 2016):

- Sólidos suspendidos o partículas provocan un problema del sistema de defensa en que un microbio puede atravesar el esterilizador sin realmente tener la penetración luz ultravioleta directa. Este sistema de defensa puede ser disminuido por la filtración mecánica a por lo menos cinco micras en el tamaño.
- Hierro y manganeso producirán manchado en el cartucho de cuarzo o lámpara. Un adecuado pretratamiento se realiza para deshacer este problema de manchado.
- Calcio y magnesio darán lugar a formar incrustaciones en el cartucho de cuarzo o lámpara. Esto llegaría a magnificarse si es bajo el flujo de iones de magnesio y calcio cuando se unen con carbonatos y sulfatos crean acumulación progresiva de incrustaciones dentro del esterilizador y sobre lámpara o cartucho.
- La temperatura es un factor determinante y que a su vez en lámparas ultravioleta se debe acercar a los 40 °C o 104 °F, estos niveles de luz UV cambian sus propiedades cuando los niveles de temperatura son muy altos o muy bajos. El cartucho de cuarzo es utilizado para medir el contacto entre el agua y la lámpara, y así reducir la fluctuación de temperatura. Un método típico utilizado en un sistema sin cartucho de cuarzo, es omitirlo considerando estas fluctuaciones.
- El consumo de energía es mínimo, por lo tanto, es de ambientalmente amigable.
- Fácil de adaptar al caudal y condiciones variables del agua.
- Se designa como la tecnología con mayor aplicación en el futuro.

2.9 Seguridad de la luz Ultravioleta en el ser humano (Cunha, 2019):

- Nunca debe observar directamente a la luz UV, aun cuando se coloque la protección.
- No se debe ingresar mientras la luz UV se encuentre encendida.
- No se debe presentar directamente ninguna parte de su cuerpo a la luz UV emanada de equipos de esterilización.
- Nunca usar la luz UV para esterilizar las manos, piel o vestimenta.
- No usar la luz UV que pueda causar daños a algunos materiales, como el acrílico, se lo debe descartar porque quedará quebradizo.

- Se debe conectar las lámparas con un sensor de movimiento, de manera que apaguen automáticamente si alguien ingresa cuando la luz está en funcionamiento.
- Siempre se debe colocar un cartel indicativo de que la luz UV-C se encuentra prendida y un breve resumen del riesgo.

2.10 Riesgos de la luz UV

La exposición a la radiación UV ya sea del sol o de fuentes artificiales tales como las lámparas de las camas de bronceado o entre otras aumenta el riesgo de contraer enfermedades al ser humano por lo tanto se recomienda (Food&Drug, 2018).

- La luz ultravioleta UV-C causa daños a la epidermis y en la córnea.
- Causa daños a la córnea en tan solo 3 segundos de exposición. Causa daño al DNA / RNA / proteínas de todos los sistemas biológicos.
- La fotoqueratitis es el daño más documentado.
- La exposición recurrente al UV-C puede llevar al desarrollo de catarata y daño en la retina.
- Las lesiones más frecuentes causadas por el UV-C son las quemaduras de córnea, eritemas y quemaduras de piel.
- Las quemaduras por UV son dolorosas pero las lesiones duran poco tiempo. Exposición excesiva a UV-C causa cáncer de piel de la misma manera que lo causan los UVA y UVB (Cunha, 2019).

2.11 Tipos de fuentes de Luz UV

Se describe los diferentes tipos de lámparas UV-C que se encuentran en el mercado, a continuación, se describe los tres tipos de fuentes de luz UV:

- **Luminaria UV de Mercurio.** – Son la luz UV que más se utiliza, ya que se forma a partir de un arco eléctrico con gas ionizado dentro de una cámara; esto hace que se descompongan los átomos y se produzcan fotones que a su vez se convierten en un flujo de luz. Es el principio de cómo trabajan las luces fluorescentes (Meethings, 2020).
- **Luminaria UV tipo Led.** - Son encapsulados semiconductores de estado sólido. El interior de un LED es un diminuto semiconductor encapsulado en un recubrimiento resistente y transparente. No son “bombillitas pequeñas”. De hecho, no son formados por ningún tipo de gas o filamento (Meethings, 2020).

2.11.1 Comparativa de las Fuentes de generación UV

De acuerdo a las diferentes tecnologías que presenta la lámpara de UV-C, en la Tabla 6-2 se realiza una comparativa sobre las principales características.

Tabla 6-2: Comparación de diferentes tipos de luz UV-C

Características	Tubo fluorescentes	Lámpara - Led
Dimensiones	120 cm	45 cm
Voltaje	110 VAC	3-5-12 VDC
Tiempo de desinfección	60 min	6 min
Características	Tubo fluorescentes	Lámpara - Led
Área de aplicación	30 m ²	30 m ²
Potencia	15 W	12 mW
Tipos	Xenón – Mercurio	UVC – UVC con Ozono
Precio	\$20	\$23 - \$60

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

De acuerdo a la Tabla 6-2 de los tipos de lámparas UV-C, se concluye que, el modelo de lámpara tipo Led es factible en áreas contaminadas, ya que, por sus características se puede describir que el tiempo de desinfección es menor, su potencia es pequeña y el voltaje tiene dimensiones que se acopla al diseño del robot móvil.

2.12 Modelos de Equipos Comerciales

En la actualidad existen varios robots con el método de desinfección UVC los cuales se detallan los diferentes modelos a continuación:

Robot Xenex. - Es un dispositivo que emite luz ultravioleta (UV) pulsada de xenón que descontamina superficies, la que elimina microorganismos y rompe los enlaces de ADN como se muestra en la figura 5-2. En el 2014, el equipo de Jinadatha publicó un estudio en donde demuestra que la desinfección manual y mediante luz UV combinados, elimina más del 90% de las bacterias en el aire, frente a la técnica manual que solamente logra un 70%. Con el primer método se tuvo un resultado sobresaliente ante el *Staphylococcus aureus* resistente a metilicina con una eliminación del 99%. La publicación más reciente del grupo estudió la efectividad de la desinfección usando únicamente la luz UV de xenón. El resultado indica que en 12 minutos el robot es capaz de disminuir la carga bacteriana en 70% (Tx, 2015).



Figura 5-2: Robot Xenex.

Fuente: (Tx, 2015), Xenex LightStrike.

Robot SpeedyCare™. - Su principal característica es la eliminación en pocos minutos del 99% de los patógenos en el aire y superficies, ya que cuenta con el método de emisión de luz UV-C que tienen una longitud de onda de 254 nanómetros. De esta manera permite desinfectar en 5 minutos un área de 50 metros cuadrados, en 3 minutos una de 30 metros cuadrados y en 9 minutos una estancia de 100 metros cuadrados. Mientras mayor sea el tiempo de exposición de las luces, mejor será la eliminación de patógenos, cave recalcar que si se trata de áreas más grandes se deben aplicar varias fases en diferentes puntos. Esta energía es limpia e inocua, por lo que destruye los virus existentes y elimina virus, incluidos los de la familia SARS-COVID, bacterias y hongos (confidencial, 2020).

Además, el robot SpeedyCare™ como se observa en la figura 6-2 dispone de un sistema de detección y rango de luz para medir las dimensiones de la sala llamada Lidar, de sus siglas en inglés 'Light Detection and Ranging System', que le permite calcular automáticamente la dosis UV-C antimicrobiana, así como del tiempo de exposición necesario. También es un dispositivo seguro, ya que incluye una función de autoparada, gracias a los cuatro sensores de movimiento en la parte superior, evitando así una radiación no programada. El aparato puede ser controlado a través de la tablet o 'smartphone', al generar su propia red Wifi, y cuenta con una 'app' que facilita la configuración de funciones como el tiempo de exposición, la modalidad de cálculo de dosis, el arranque/parada de ciclo de limpieza o el manual de uso, entre otros (confidencial, 2020).



Figura 6-2: Robot SpeedyCare™.

Fuente: (El confidencial, 2020), SpeedyCare UV.

UVD R. - Fue fundada en 2016 con el objetivo de comercializar a nivel global soluciones de desinfección basadas en robótica para hospitales como se observa en la figura 7-2. La filosofía de UVD Robots se centra principalmente en la integración de soluciones industriales germicidas UV probadas con nuevas tecnologías avanzadas de robots que crean productos innovadores que ayudan a la industria de la salud en la erradicación de patógenos nocivos y superbacterias como las enfermedades infecciosas, virus, bacterias y otros tipos de microorganismos orgánicos nocivos en el medioambiente, lo que hace que los entornos de atención médica sean más seguros y mejoren la calidad de la atención para hospitales e instalaciones de atención médica en todo el mundo. Además, el robot es seguro, confiable y elimina el error humano (Fellow Funders , 2020).

Según ha declarado Su Yan, CEO de Sunay Healthcare Supply, con esto ya son más de 2.000 los hospitales que tendrán la oportunidad de desinfectar sus instalaciones protegiendo así tanto a sus pacientes como al personal, además, también apuntó que UVD Robot es superior en comparación con otras tecnologías (Fellow Funders , 2020).

A diferencia de la luz UV-C, el robot se posiciona de forma automática cerca del área en lugar de obligar a alguien a entrar y salir de la propia habitación. No existe radiación remanente: si desinfecta una habitación para pacientes con una cama y un baño adyacente, se tarda entre 12 a 15 minutos. En el momento en que se apagan las luces, alguien puede entrar de inmediato en la habitación. Cuando ingrese a la habitación, olerá “ozono”, pero esta longitud de onda no genera ozono: el olor en la habitación son las partículas quemadas de la piel y el cabello en el aire (Fellow Funders , 2020).



Figura 7-2: Robot UVD R.

Fuente: (Fellow Funders , 2020), El uso de robots para desinfección.

En cuanto a la información recopilada acerca de los diferentes modelos de robots móviles existentes en el mercado, se concluye en base a las características en común; es la tecnología UVC, el sistema de protección que evita escape de cualquier luz UVC, de acuerdo a la investigación realizada se puede decir que en el Ecuador no existe creación de este tipo de tecnologías que desinfecte áreas contaminadas lo que hace que adquieran producto del extranjero, por lo tanto, la implementación de un robot con trayectoria preprogramado lo que resulta un proyecto innovador para el país dando beneficios en cuanto a su bajo costo.

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

El desarrollo del presente capítulo consiste en describir los conceptos generales del robot de recorrido preprogramado para desinfección de áreas de potencial contaminación basado por luz ultravioleta que dé a hora en adelante se lo conocerá como **RDD bot**. La propuesta del siguiente trabajo se muestra una descripción del *hardware* y *software* del sistema, para la implementación se tomará las decisiones más adecuadas de sus componentes que integran al robot móvil indicando brevemente las características y funcionamiento.

3.1 Requerimiento del diseño para *hardware*

El análisis del capítulo anterior se puede plantear cada uno de los requerimientos necesarios para el RDD bot en lo que se refiere a la parte de *hardware*, teniendo el propósito principal desinfectar áreas contaminadas ya sea por virus o bacterias.

Los siguientes requerimientos son:

- Permitir la asignación de tareas para la trayectoria preprogramada por medio del usuario.
- Cumplir con la trayectoria para el RDD bot, dentro de un área plana o lisa.
- Tener la capacidad de evadir obstáculos que presente el RDD bot al momento de realizar el recorrido.
- Emitir una alerta visual y audible en caso de presentar inconvenientes al momento de iniciar el proceso, o detecte personas o animales en el área.
- El tiempo estimado de desinfección es de 30 min.
- Mantener una alimentación constante del circuito con una batería autónoma que sea capaz de permitir el recorrido completamente sin necesidad de recargarla.
- La programación debe estar acorde para evitar el consumo excesivo de la batería por lo que al momento de encenderse la luz UVC se apagaran los demás dispositivos conectados al RDD bot, por lo tanto, la trayectoria empieza desde un punto inicial hasta un punto asignado mediante coordenadas GPS, con esto cubrirá un área considerable de acuerdo al tiempo estimado para la desinfección.
- Ser de bajo costo y fácil manejo.

3.2 Arquitectura de *hardware* del RDD bot

En la Figura 2-3 se observa la arquitectura que está conformada por la *etapa de posicionamiento* donde el dispositivo bluetooth recibe las coordenadas deseadas el cual son enviadas desde el teléfono móvil y las compara con la posición del módulo GPS, de esta manera en la *etapa de procesamiento* es la encargada de tomar los valores deseados y los valores actuales para el posicionamiento del RDD bot, además toma los valores de la etapa de obtención de datos en los que se tiene los sensores infrarrojos para la evasión de obstáculos; sensores de presencia y sensores de temperatura para verificar la presencia de personas o animales dentro del medio de desinfección, conjuntamente con estos valores se tiene las condiciones necesarias para pasar a la *etapa de desinfección*, la misma que se activa siempre y cuando no se tenga presencia de personas o animales, el cual también se obtiene *la etapa de visualización* se tiene un sistema de alarma visuales y audibles y un interruptor que se encarga del control de apagado y encendido de todo el RDD bot, todas estas etapas tienen el funcionamiento por medio *la etapa de alimentación* en la que se encuentra una batería Li-Po, reguladores de voltaje y un convertidor para accionar las lámparas UVC.

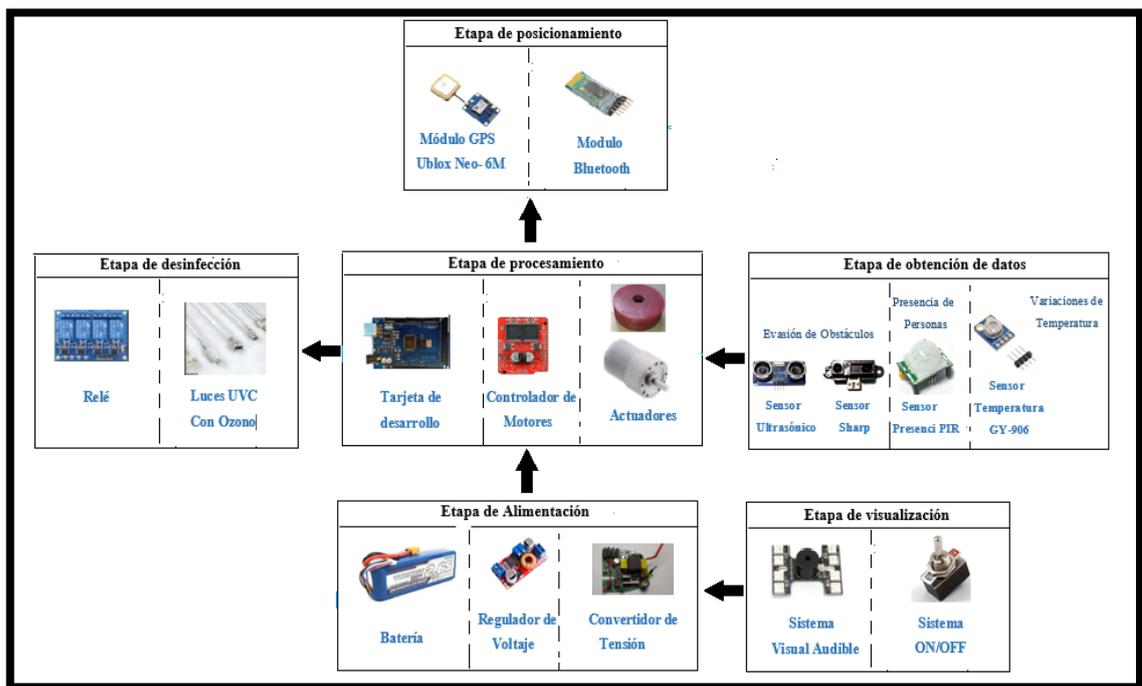


Figura 1-3: Arquitectura general del robot RDD bot.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

3.3 Diseño de las etapas de *hardware* del RDUV-C

Una vez realizada la arquitectura del RDD bot, se procede a realizar un estudio del funcionamiento que comprende las etapas del sistema.

3.3.1 Etapa de alimentación principal

En el gráfico 1-1 se muestra que esta etapa consta de una batería LiPo principal para alimentar el regulador de 5V que consta de las etapas de posicionamiento, procesamiento, obtención de datos y visualización; y a un regulador de 12V para alimentar los motores y la etapa de desinfección del RDD bot.

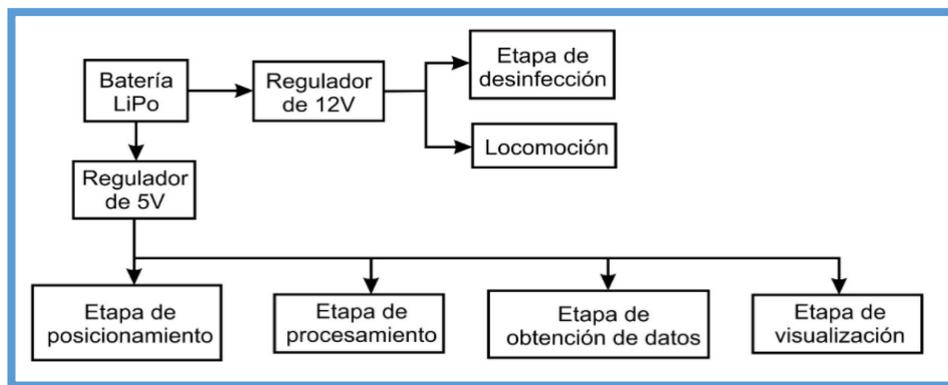


Grafico 1-3: Diagrama de Bloques de la adquisición de datos.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

3.3.2 Etapa de posicionamiento

Esta etapa está conformada por un módulo bluetooth para recibir las coordenadas que serán enviadas desde el teléfono móvil, un módulo GPS para obtener la posición real del RDD bot, estos datos serán enviados hacia la etapa de procesamiento, en donde se comparan los datos y los interpreta para comenzar el recorrido hasta la posición deseada. Estos módulos están energizados desde la etapa de alimentación. En el gráfico 2-3, se observa el diagrama de bloques para el sistema.

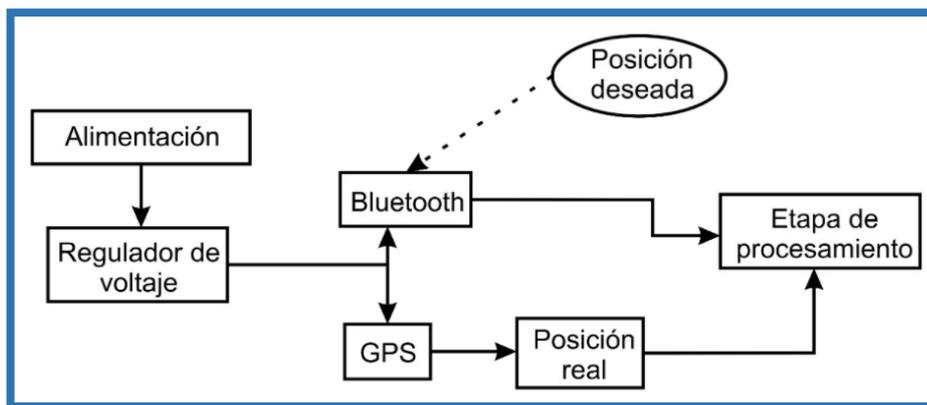


Gráfico 2-3: Diagrama de Bloques de posicionamiento.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

3.3.3 Etapa de procesamiento

En la gráfica 3-3 se observa la toma de las señales de los diferentes sensores: infrarrojos y ultrasónico para evadir los obstáculos; PIR para detectar la presencia en un espacio de hasta 9m y activar una alarma visual y audible de precaución; de temperatura para detectar la presencia de personas o animales en espacios cercanos al RDD bot menores a 2m y activar una alarma visual y audible, además de desactivar las lámparas de desinfección.

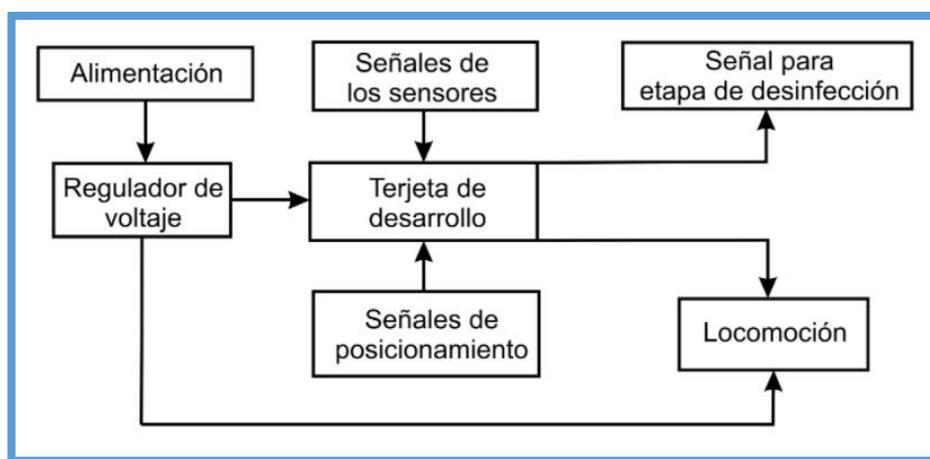


Gráfico 3-3: Diagrama de bloques de procesamiento.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

3.3.4 Etapa de obtención de datos

En la gráfica 4-3 se muestra que los sensores de presencia y de temperatura envían la señal cuando detectan personas o animales siempre y cuando se encuentren encendidas las lámparas de desinfección, es decir cuando el RDD bot se encuentra en la posición deseada; el sensor infrarrojo

y ultrasónico emiten su señal cuando se encuentra en movimiento trasladándose de un punto hacia otro.

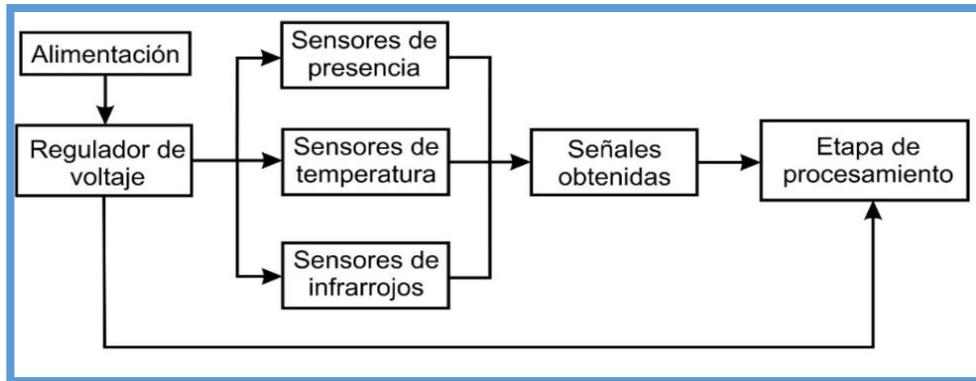


Gráfico 4-3: Diagrama de bloques de obtención de datos.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

3.3.5 Etapa de desinfección

Esta etapa toma la señal de activación que sale desde la etapa de procesamiento, pasa por los relés de activación y con la ayuda del convertidor DC/AC conectado a la alimentación principal, encendiendo las lámparas de desinfección el cual emite una señal visual cuando el RDD bot llegue a la posición deseada. En el gráfico 5-3, se observa el diagrama de bloques para el sistema.

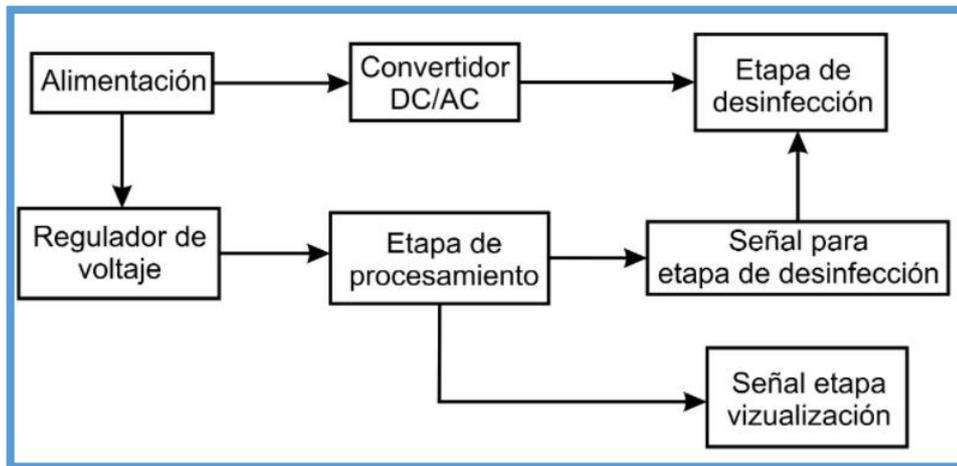


Gráfico 5-3: Diagrama de bloques de desinfección.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

3.3.6 Etapa de visualización

En la gráfica 6-3 se muestra el estado del RDD bot en todo momento que realiza el proceso de desinfección, ya que está conformado de alertas visuales y audibles cuando se encuentra encendido, en movimiento, en la posición deseada, encendido las lámparas y cuando los sensores Pir y de temperatura son activados por la presencia de personas o animales.

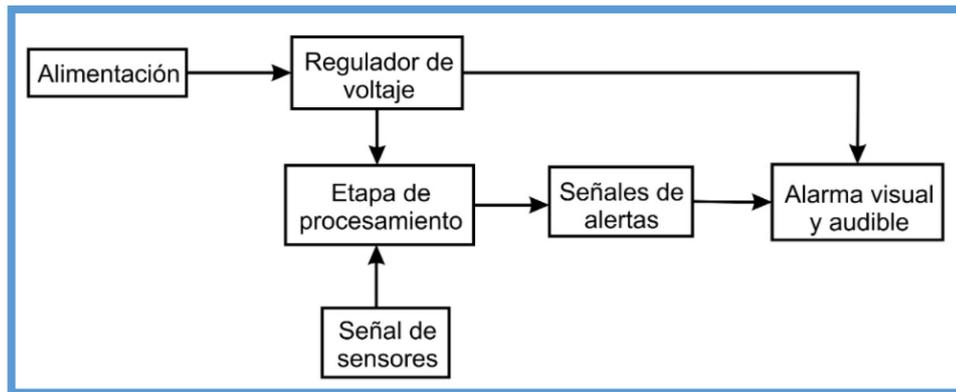


Gráfico 6-3: Diagrama de bloques de visualización.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

3.4 Descripción de los elementos utilizados

Arduino Mega 2560. – Es una placa que opera en el entorno de desarrollo de *hardware* libre, que cuenta con una tarjeta grande y con mayor capacidad de trabajo el cual incorpora un microcontrolador Atmega 2560, el dispositivo tiene como objetivo facilitar y relacionar de manera fácil y didáctica para la programación y la electrónica, opera a voltaje y corrientes como se describe en las características (Meloso, 2018). En la figura 2-3, se puede observar el Arduino Mega 2560 con su respectiva distribución para la conexión de los diferentes elementos a conectar.



Figura 2-3: Arduino Mega 2560.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Las principales características son (Meloso, 2018):

- Microcontrolador: ATmega2560.
- Tensión de alimentación: 7 V - 12 V.
- Voltaje de pines I/O (límites): 6 – 20 V.
- Consumo de corriente: 93 mA.
- Corriente de pines I/O: 40 mA.
- Pines I/O digitales: 54 (14 PWM).
- Pines de entrada analógicos: 16.
- Velocidad del reloj: 16 MHz.

Driver Monster Dual. – Es un elemento que se conecta a Arduino y logra controlar un par de motores de corriente directa que se encuentre en un rango de hasta 30 Amperes, por lo que es un circuito suficientemente confiable para la conducción de los motores en lugares difíciles. La entrada y salida de corriente a los motores viene lista para soldar los alambres directamente o bien colocar unas terminales tipo bornera para conectar el alambre de alimentación (Rambal, 2019). En la figura 3-3 se puede observar el Driver Monster Dual con su respectiva distribución para su conexión con los motores.

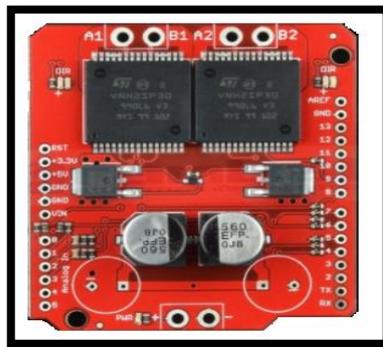


Figura 3-3: Driver Monster Dual.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Las principales características son (Rambal, 2019):

- Rango de voltaje: 4.5 - 16V.
- Corriente pico por canal: 30 A.
- Corriente continua por canal: 14 A.
- Protección térmica.
- Protección sobre y baja tensión.

- Frecuencia PWM máxima: 20 kHz.
- Peso 20 gr.
- Dimensiones 6 x 1.2 x 5.3 cm.

Motorreductor Pololu 37D. - Es un poderoso motor DC cepillado con caja de engranajes de metal planteado para funcionar a 12 V. La caja de cambios está formada principalmente de engranajes rectos, pero cuenta con engranajes helicoidales, para la primera etapa para reducir el ruido y mejorar la eficiencia. Estas unidades tienen un eje de salida en forma de D de 16 mm de largo y 6 mm de diámetro. (Pololu, 2018). En la figura 4-3, se puede observar el Motorreductor con un torque máximo de 21 Kg en un espacio de 1cm de acuerdo al diseño de la estructura del RDD bot se tiene un peso de 10 libras, lo cual posee como finalidad que los motores son adecuados para realizar el movimiento de toda la estructura en base al peso total en el modelado del diseño.



Figura 4-3: Motorreductor Pololu 37D.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Las principales características son (Pololu, 2018):

- Voltaje: 12 V.
- Corriente nominal: 0.66 A.
- Corriente pico 5.5 A.
- Relación de engranajes: 50:1.
- Velocidad de eficiencia máxima: 180 rpm.
- Torque pico: 21 kg.cm.
- Potencia máxima: 10 W.

Llantas de Elastómero de Poliuretano. – Es un material caracterizado por su alta flexibilidad y elasticidad. La deformación del material es muy notable por su alargamiento y bajo efecto de una carga y recuperar, más o menos, totalmente su forma original como se muestra en la figura 5-3, cuando la carga ha desaparecido (Poltec, 2015).



Figura 5-3: Llantas de Elastómero de Poliuretano.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Sensor de Temperatura Infrarrojo GY-906. - Es un dispositivo compuesto de material de silicio que consta de una fina membrana micromecanizada y, es diseñada para obtener una sensibilidad a la radiación infrarroja que emite el objeto a una distancia establecido. El sensor como se puede observar en la figura 6-3, es un conversor A/D que obtiene una resolución 17 bits, está constituido de un circuito para filtrar el ruido y un procesador digital de señales, el dispositivo entrega un rango de trabajo no muy amplio para la detección de objetos (Tecnopura, 2020).

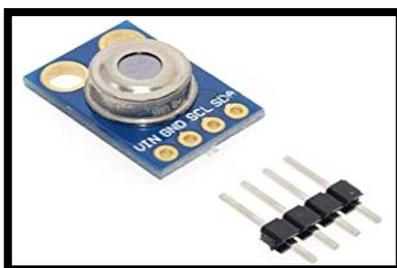


Figura 6-3: Sensor de temperatura infrarrojo GY-906.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Las principales características son (Tecnopura, 2020):

- Voltaje de alimentación: 5 V.
- Corriente de consumo: 2 mA.
- Rango de medición: -70 – 380 °C.
- Tolerancia de medición: ± 0.5 °C.
- Resolución de medida: 0.02 °C.
- Tipo de comunicación: SMBus (I2C).
- Angulo de Visión 90°.

Sensores PIR HC-SR501. – El dispositivo tiene una medición de la radiación infrarroja. De acuerdo al análisis se puede definir que los cuerpos que se encuentre vivos o no, desprenden energía infrarroja, cuando incrementa su temperatura. Está constituido por un sensor piro eléctrico que tiene la capacidad convertir en una señal eléctrica la radiación captada y, a continuación se detalla las características más importantes (LLamas, 2015). En la figura 7-3, el Sensor Pir, son pequeños y detectan a una distancia máxima de 7 m calibradas por el usuario.



Figura 7-3: Sensor Pir HC-SR501.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Las principales características son:

- Voltaje de alimentación: 5 - 12 V.
- Consumo de corriente: < 1 mA.
- Rango de detección ajustable: 3 a 7 m.
- Angulo de detección: 110°.
- Temperatura de operación: -15° a +70 °C.
- Dimensiones: 3.2 x 2.4 x 1.8 cm.

Sensor Sharp GP2Y0A41SK0F. - Permite lograr la distancia entre el sensor y algún objeto dentro del rango de 10 a 80cm. El dispositivo consta de tres tipos: Un diodo emisor de infrarrojos (IRED), un detector sensitivo de posición (PSD) y un circuito procesador de señales. El dispositivo entrega una salida en voltaje descrito en las siguientes características (Mechatronics, 2018). En la figura 8-3 se puede apreciar el Sensor Sharp que consta de tres cables del que son Vcc, Gnd, Vo para su funcionamiento, y tiene dimensiones de 29.5x13x13.5 mm.

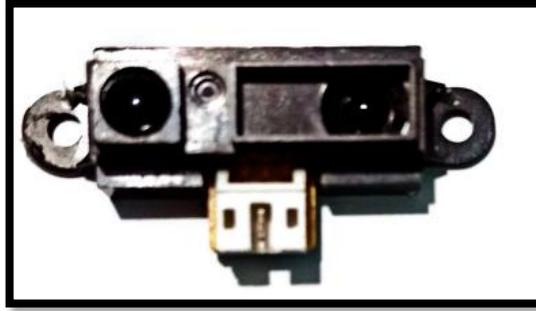


Figura 8-3: Sensor Sharp GP2Y0A41SK0F.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Las principales características son (Mechatronics, 2018):

- Voltaje de alimentación: 5 V.
- Consumo de corriente: 30 mA.
- Voltaje de salida análogo: 1 - 3.3 V.
- Rango de medición: 10 – 80 cm.
- Angulo de Visión: 2°.
- Dimensiones: 29.5*13*13.5 mm.

Sensor Ultrasónico. - En la figura 9-3 se muestra un sensor ultrasónico, por lo que presenta ultrasonidos de radiación mecánica de frecuencia superior a los audibles (20 KHz). En la parte del cabezal del sensor emite onda ultrasónica y recibe la onda que retorna desde el objeto. Cuando existe movimiento relativo entre la fuente de radiación y el reflector, existe distintos cambios de la frecuencia de la radiación (Efecto Doppler). Todas estas propiedades de la interacción de una radiación con un objeto han sido aplicadas en mayor o menor grado a la medida de diversas magnitudes físicas. El poder de penetración de la radiación permite que muchas de estas aplicaciones sean totalmente no invasivas, es decir, que no acceda al interior del recinto donde se producen los cambios que se desean detectar (Criollo Merino, 2018).



Figura 9-3: Sensor Ultrasónico HC-SR04.

Fuente: (Criollo Merino, 2018).

Las principales características son:

- Voltaje de alimentación: 5 V.
- Consumo de corriente: 15 - 30 mA.
- Rango de detección: 3 - 400 cm.
- Frecuencia de trabajo: 40 KHz.
- Peso: 10 gr.
- Tamaño: 43 x 20 x 17 mm.

Módulo Regulador de Voltaje DC XL4015. –El dispositivo trabaja a (5A) el cual se utiliza para disminuir el voltaje de Corriente Continua, siendo utilizados para diferentes procesos que existe en la electrónica tratando de reducir: como son circuitos convencionales de oximetría de pulso, circuito integrado entre otros. El módulo se utiliza en momentos que exista sobrecorriente, mostrando advertencias a través de luz LED y se apagará automáticamente (Tronics, 2019). En la Figura 10-3 se observa el modelo de Módulo Regulador de Voltaje, es un elemento que ayuda a controlar el voltaje con el que va trabajar el RDD bot.

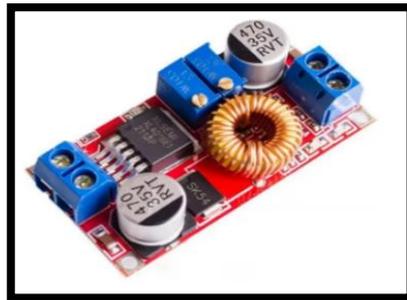


Figura 10-3: Módulo regulador de voltaje.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Las principales características son (Tronics, 2019):

- Tensión de entrada: 6 – 38 VDC
- Tensión de salida ajustable: 1.25 – 36 VDC.
- Corriente de suministro: 0 – 5 A.
- Potencia de salida: 75 W.
- Eficiencia: 96 %.
- Protección térmica y polaridad inversa.
- Peso: 20 g.
- $l \times W \times H = 61.7 \times 26.2 \times 15$ mm.

Inversor de DC/AC. – Este dispositivo cumple la función de convertir un voltaje de entrada DC en un voltaje de salida AC como se muestra en la figura 11-3 siendo así un inversor. El análisis en base al nivel del voltaje y la frecuencia de salida en el que trabaja por lo que pueden ser fijos o variables para cada aplicación. Una vez que se mantenga el voltaje de entrada constante en un inversor se tendrá variación en la ganancia (Relación entre el voltaje de salida AC y el voltaje de entrada DC) se puede tener un voltaje de salida variable (Andrade Logacho , 2018).

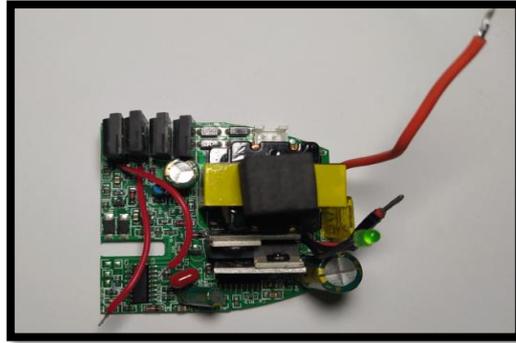


Figura 11-3: Convertidor DC/AC.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Las principales características son:

- Tensión de entrada: 12 VDC.
- Tensión de salida: 110 ± 10 V.
- Corriente de entrada 0.5 A.
- Potencia de salida: 75 W.
- Eficiencia: 87 %.
- Frecuencia de salida: 60 Hz.
- Protección de sobrecarga: > 100 W.
- Tamaño: 55 X 52 X 25 mm.

Módulo de relé. - El relé permite controlar componentes de alto amperaje o alto voltaje, los cuales no se puede controlar directamente desde el Arduino, con este módulo se controla motores AC (220V), motores DC, solenoides de electroválvulas, electroválvulas y una gran variedad de actuadores. El modulo es capaz de manejar hasta 250V. Cada canal posee un optoacoplador para un uso seguro y un Led indicador de estado. Este actuador se observa en la Figura 12-3, usa puertos digitales (Simón Mori, 2018).



Figura 12-3: Módulo relé Arduino.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Especificaciones Técnicas:

- Voltaje de Operación: 5V DC.
- Corriente de activación por relé: 15 – 20 mA.
- N° de Relés: 4.
- Capacidad máxima: 10 A/250 VAC, 10 A/30 VDC.
- Corriente máxima: 10 A (Normalmente abierto), 5 A (Normalmente cerrado).

Modulo GPS Ublox Neo – 6M. - Para realizar la configuración del módulo GPS se lo realizará por medio de una comunicación serial a 9600 baudios como se observa en la figura 13-3, para esto se usará los pins rx19 y tx18 del módulo Arduino mega para rx y tx, del módulo GPS respectivamente. Para usar este módulo se usará la librería “tinygps++.h”, ésta nos permitirá hacer la configuración del módulo por medio de comando at, simplemente con hacer el llamado de funciones específicas que se muestran la figura (Soto Granda, 2018).



Figura 13-3: Modulo GPS Ublox Neo 6M.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Las principales características son (Electronilab, 2021)

- Voltaje de alimentación: 3.5 – 5 V.
- Baudrate: 9600.
- Sistema de coordenadas: WGS-84.

- Sensibilidad de captura: 148 dBm.
- Exactitud: 1 microsegundo.
- Frecuencia receptora: L1 (1575.42 MHz).
- Tiempo de inicio: 35 s en promedio.
- Tamaño de antena: 22 x 22 mm.
- Tamaño de módulo: 23 x 30 mm.

Modulo Bluetooth Hc-05. - En este proyecto para la comunicación entre Arduino el dispositivo móvil se implementó un módulo Bluetooth HC-05 como se muestra en la figura 14-3, que permite conectar de forma inalámbrica, La transmisión se realiza en forma directa a los pines seriales de nuestro microcontrolador (tomando en cuenta los niveles de voltaje, el módulo se alimenta con 3.3V) (LLamuca, 2020).

Todos los parámetros del dispositivo se pueden modificar mediante comandos AT. El módulo también incluye un regulador de 3.3V, que permite energizar con un voltaje entre 3.6V - 6V. Este módulo es el compatible y muy útil para proyectos de robótica, IoT y control remoto con Arduino entre otros (LLamuca, 2020).



Figura 14-3: Modulo Bluetooth Hc-05.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Características Técnicas Hc-05 (LLamuca, 2020):

- Voltaje de operación: 5 V.
- Bluetooth: V2.0+EDR.
- Frecuencia de operación: 2.4 GHz.
- Potencia de transmisión: ≤ 4 dBm.
- Funciona maestro y esclavo bluetooth.
- Seguridad: Autenticación y Encriptación.
- Distancia de hasta 10 metros en condiciones óptimas del ambiente.

Led WS2812B. – El dispositivo tiene un circuito de control y un LED RGB integrados en un solo empaquetado. El circuito de control contiene una memoria tipo LATCH inteligente, un módulo

de acondicionamiento y amplificado de señal, un oscilador de precisión interno y un circuito regulador de voltaje para asegurar el color y el brillo del LED como se muestra en la figura 15-3. Además, los LED WS2812B pueden ser conectados en serie (Vazquez Castrejon, 2019).

Las principales características son (Vazquez Castrejon, 2019):

- Voltaje de operación: 5V.
- Cantidad de Leds: 8.
- Protección inteligente contra conexión inversa.
- Circuito de acondicionamiento y amplificación de señal incorporado.
- LED RGB de 16777216 colores.
- Transmisión de datos en serie.

Buzzer. - También conocido como zumbador, es un transductor electroacústica que transforma el sonido en electricidad o viceversa, genera un zumbido o sonido agudo; además sirve como un mecanismo de aviso y se utiliza en varios sistemas. Es un componente que en el campo de la electrónica se usa para indicar una acción, se emplea comúnmente en las alarmas observado en la figura 15-3 (Vásquez Rodríguez, 2017).



Figura 15-3: Led WS2812B & Loud Buzzer.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Las principales características son (Mateksys, 2021):

- Voltaje de operación: 5V.
- Potencia del modo TX (5 VIN): 1 W / 0.2 A ~ 2 W / 0.4 A.
- Peso: 5 gr.

Lámparas UVC con ozono. - Las fuentes de radiación UV más comunes son las lámparas de arco de Zenón de baja y mediana presión, las cuales son capaces de generar radiación UV con una longitud de onda corta de 180-250 nm. La lámpara consiste de un tubo herméticamente cerrado de sílica vitrea o cuarzo, ambos transmisores de radiación (UVC) con electrodos en ambos extremos mostrado en la figura 16-3 (Hermoza, 2018).



Figura 16-3: Lámparas Luces UVC con ozono.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Las principales características son (TodaCasa, 2020):

- Voltaje: 110 V/220 V.
- Potencia: 8 W.
- Longitud de onda: 185 - 280 nm.
- Color de la luz: Violeta azulado.
- Área de desinfección: $8\text{ W} \leq 12\text{ m}^2$.
- Soporte de aluminio.
- Tipo de bombilla de vidrio: tubo redondo.
- Tiempo de esterilización: 30 minutos una vez.
- Longitud: 310 mm.

3.5 Fuente de energía del robot móvil

Batería LiPo. - Son recargables compuesta en ocasiones de múltiples celdas usadas en aplicaciones que requieren corrientes superiores a 1 A con bajo peso y tamaño reducido. Para el funcionamiento se utilizó una batería de LiPo (Polímero de litio) que es recargable y mantiene altas cargas de corriente. El total del alcance que tiene la batería muestra el suministro de corriente, el cual trabaja a miliamperios por hora (mAh). Indicando la cantidad suministrada por la batería siendo de 1 hora antes para la descarga (Leon, 2020). En la figura 17-3, la batería incluye

un conector de descarga XT60 y uno de carga equilibrada para batería de 6S, lo que es adecuada para la plataforma.



Figura 17-3: Batería LiPo.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Las principales características son:

- Voltaje: 22.2 V.
- Corriente abastecimiento: 2650 mAh.
- Descarga constante: 20 C.
- Descarga máxima (10 seg): 30 C.
- Cantidad de celdas: 6 Cell.
- Peso: 380 gr.
- Tamaño: 139 x 44 x 31 mm.

3.5.1 Comparativa entre consumo y abastecimiento de corriente de la batería.

En la Tabla 1-3 se puede apreciar los cálculos de la corriente total de los elementos que se conectarán a la batería obteniendo 4187 mA, que corresponde al consumo total del RDD bot. En la Tabla 2-3 se observa las características del consumo de corriente realizando una comparativa entre el RDD bot y la batería propuesta, se puede concluir que la potencia proporcionada por la batería abastece con el consumo del robot móvil.

Tabla 1-3: Consumo de corriente de la fuente de energía.

Cant.	Elemento	Consumo Corriente Unitario	Consumo Total
4	Sensor GY-906	0.002	0.008
4	Sensor PIR	0.001	0.004
4	Sensor Sharp	0.030	0.120
1	Sensor Ultrasónico	0.015	0.015
4	Motorreductores Pololu 50:1	0.660	2.640
1	Driver Monster Dual	0.010	0.010
1	Arduino Mega	0.093	0.093
1	Convertidor DC / AC	0.5	0.5
2	Regulador de Voltaje XL 4015	0.025	0.050
1	Módulo de Relé	0.360	0.360
1	Modulo GPS NEO-6M	0.037	0.037
1	Led WS2812B & Loud Buzzer.	0.06	0.060
4	Tubos de luz UVC con Ozono	0.073	0.290
Total consumo robot móvil			4.187

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Tabla 2-3: Consumo de corriente de la fuente de energía con su potencia.

Elemento	Voltaje (V)	Corriente (mA)	Tiempo (Horas)	Potencia (mW)
Batería	22.2	2.650	1	58.830
RDD bot	12	4.187	½	50.244

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

3.6 Requerimiento del *software* para el diseño

Para poder realizar el movimiento de la plataforma móvil se usa el *software* Arduino con el fin de realizar una trayectoria del RDD bot evadiendo obstáculos y detectando la presencia de personas en el área a desinfectar por medio de los sensores programados en el *software*, tratando de buscar las necesidades del usuario para el funcionamiento.

Los siguientes requerimientos del *software* son:

- Desarrollar una programación que cumpla con el recorrido adecuado en un área confinada satisfaciendo con las necesidades del usuario

- Observar que el robot cumpla con la trayectoria preprogramado.
- Determinar una programación que ayude a la detección de personas y obstáculos por medio de los sensores quien cumplirá la mayor función en el RDD bot.
- Generar alertas presentadas por el RDD bot en caso de existir anomalías del sistema mediante los dispositivos de salida como son leds y Buzzer.

3.7 Software IDE Arduino 1.8.9

Es un *software* de informática que contiene diferentes herramientas de programación el cual se usó el más adecuado para la programación implementada para el movimiento del robot móvil. Por lo que ofrece un solo lenguaje de programación o bien puede utilizarse para diferentes entornos de programación que se ha utilizado como un empaquetado de un programa de aplicación; es decir, que consiste en un editor de código, un compilador, un depurador. Además, en el caso de Arduino incorpora las herramientas para cargar el programa ya compilado en la memoria flash del *hardware* (Aprendiendo_Arduino, 2016).

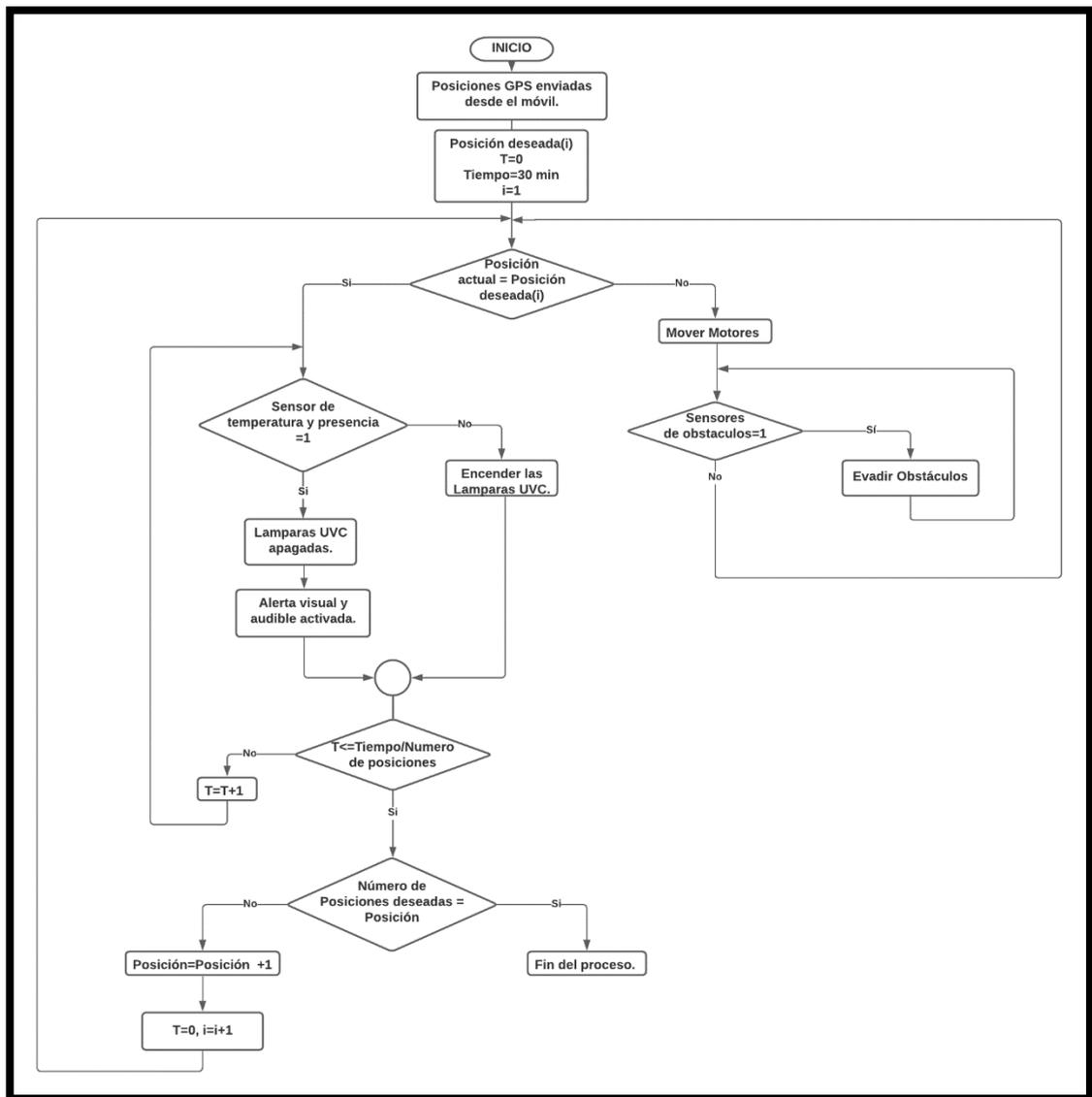


Grafico 7-3: Diagrama de Flujo de la programación de Arduino.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

En el grafico 1-3, se puede apreciar el diagrama de flujo de la programación en Arduino en el cual se describe de la siguiente manera:

- Se envía las posiciones deseadas por GPS mediante un dispositivo móvil para el movimiento del RDD bot, que cumplen con la trayectoria preprogramada de los puntos a recorrer.
- Si realizamos la comparación entre la posición actual es igual a la posición deseada (i), si no cumple empieza el movimiento de los motores hacía el punto deseado, realizando la comparación con los sensores de obstáculos en donde si tenemos un 1 evade el obstáculo hasta completar el proceso, caso contrario regresa a la comparación de la posición.

- Si la posición actual es aproximadamente igual a la posición deseada los motores se detienen y empieza a realizar la comparación de los sensores de presencia y temperatura, si se tiene un valor igual a 0 las lámparas UVC para desinfección se encienden, caso contrario el valor es igual a 1, se apagan las luces UVC y se activa el sistema de alarma visual y audible.
- El proceso anterior se mantiene activado, mientras se realiza la comparación entre T que es un tiempo parcial con tiempo total dividido entre el número de posiciones, en caso de no cumplir el T parcial aumenta hasta llegar al tiempo total dividido entre el número de posiciones y si cumple sigue el proceso de comparación del número de posiciones.
- Se realiza la comparación entre el número de posiciones deseadas con las posiciones realizadas, si no cumple la posición aumenta en 1 y el T parcial se reinicia y la posición deseada aumenta en 1 y con estos parámetros se repite el proceso desde la comparación de las posiciones; caso contrario el proceso finaliza

Para el procesamiento de la información recolectada para el RDD bot, dentro de la programación se declarará la siguiente librería de acuerdo a varias funciones descritas a continuación:

Las librerías utilizadas son:

- **<i2cmaster.h>** Librería para el protocolo I2C de Arduino, el que permite la comunicación de los sensores de temperatura.
- **<Adafruit_NeoPixel.h>** Librería para controlar los leds WS2812B, que muestra alertas visuales.
- **<TinyGPS.h>** Librería de control para modulo GPS, que permite el posicionamiento del robot en un punto asignado.

Las funciones implementadas son:

- **void trayectoria():** Es la encargada de generar el recorrido del robot por una trayectoria preprogramada que ayuda al control de los motores para el movimiento.
- **void obstáculos():** Es la encargada de detectar mediante los sensores, si se presenta un obstáculo durante la trayectoria del robot lo que hará que evada y continúe con su recorrido.
- **void distancia():** Es la encargada de trabajar conjuntamente con la función.
- **void lamparas_on():** Es la encargada de encender las lámparas de desinfección.
- **void temperatura():** Es la encargada de verificar la presencia en función a la variación de temperatura alrededor del RDD bot, dando una alerta visual y audible.

- **void presencia():** Encargada de evaluar la presencia de personas dentro del área de desinfección con luz UVC emitiendo una alerta visible y audible.
- **void motor_control():** Se encarga del movimiento de los motores enviando parámetros de control de dirección, activación y velocidad.

3.8 Diseño de la estructura del robot móvil

En esta etapa se muestra el diseño del *hardware* del RDD bot que se enfoca a la estructura mecánica y el diseño electrónico para el funcionamiento del mismo.

3.8.1 *Diseño de la estructura mecánica*

La estructura fue diseñada utilizando el *software* asistido por computadora *AutoDesk Inventor Professional 2017*, consta de cuatro partes diferentes que se acoplan RDD bot, la finalidad que tiene la estructura es adaptarse al movimiento en áreas planas o lisas. En la figura 18-3, se observa el diseño completo.

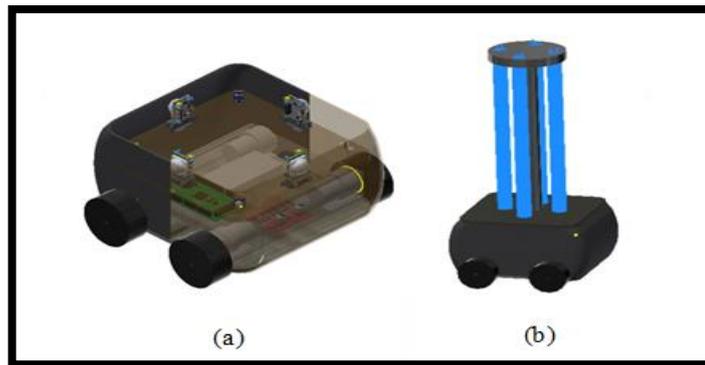


Figura 18-3: Estructura mecánica del RDD bot.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

El diseño final tiene las siguientes dimensiones: 21.5 cm de ancho, 26 cm de largo y consta de una altura de 14.2 cm lo que corresponde a la plataforma móvil. En base a las lámparas UVC tiene una altura de 32 cm dando como resultado final de la altura de 45 cm como se observa en la figura 18-3 (b). Tiene un peso de 10 libras, además las disposiciones de las ruedas sobresalen la estructura, por lo tanto, el RDD bot adquiere mayor estabilidad al instante del movimiento.

3.8.1.1 Estructura lateral del RDD bot

La estructura externa del RDD bot está diseñada para cubrir todos los dispositivos internos que van conectados a la plataforma móvil para su funcionamiento. Para la impresión de la estructura se realizó en la máquina de Modelado por Deposición Fundida en 3D ANET ET4, se utilizó filamento PLA + fibra de carbono con la que se puede obtener una mayor resistencia y bajo peso en la estructura como se observa en la figura 19-3.

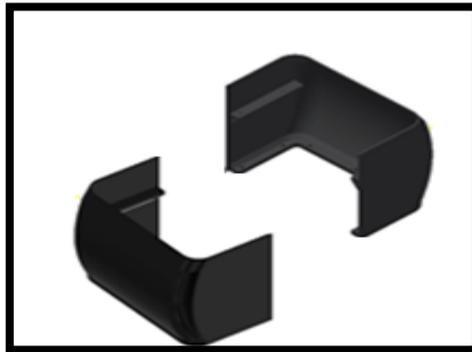


Figura 19-3: Estructura lateral RDD bot.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

3.8.1.2 Soporte inferior RDD bot

En esta etapa se tiene una base de aluminio como se muestra en la figura 20-3, con el que se obtiene mayor firmeza al momento de colocar los motores, llantas y batería.

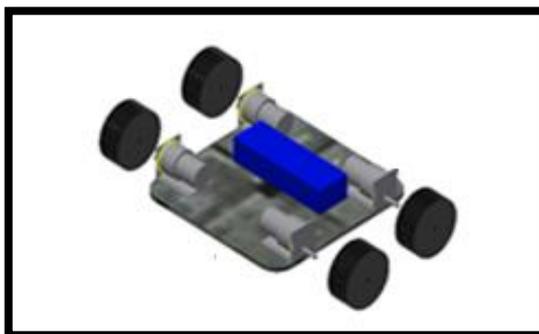


Figura 20-3: Parte inferior del RDD bot.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

3.8.1.3 Soporte bajo del RDD bot.

En esta etapa se encuentra un soporte que se coloca para tapan la fase inferior y así de esa manera poder colocar los diferentes dispositivos más importantes para el manejo del RDD bot como se muestra en la figura 21-3, los siguientes dispositivos son: Arduino, módulo de relé, reguladores de voltaje y driver.

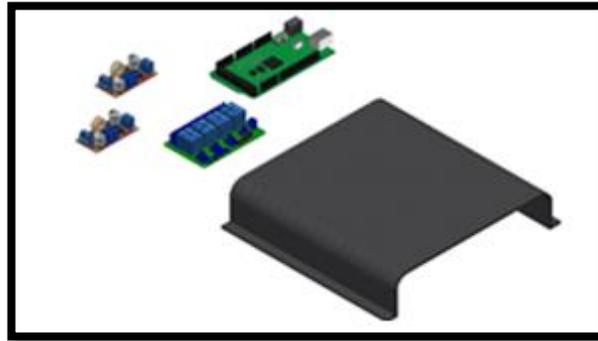


Figura 21-3: Parte baja del RDD bot.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

3.8.1.4 Soporte medio del RDD bot.

En esta fase se coloca una base de acrílico transparente para realizar todas las conexiones de todos los dispositivos para el RDD bot. También en la figura 22-3, se observa los sensores que se colocarán para el funcionamiento los que se pondrán en la parte lateral de la estructura RDD bot.

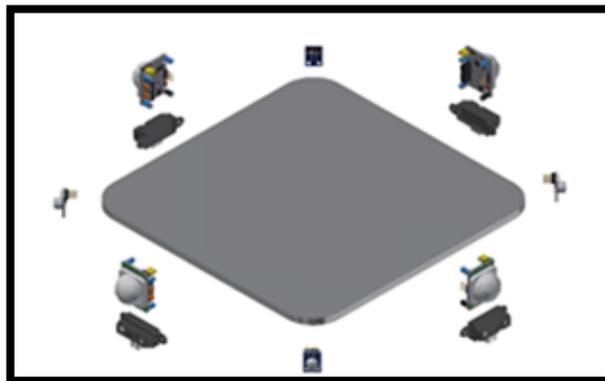


Figura 22-3: Parte media del RDD bot.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

3.8.1.5 Soporte superior del RDD bot.

Como se puede observar en la figura 23-3, se coloca en la parte superior una tapa de acrílico transparente para la colocación de las luces UVC con ozono, se realizó dos bases para ajustar las lámparas.

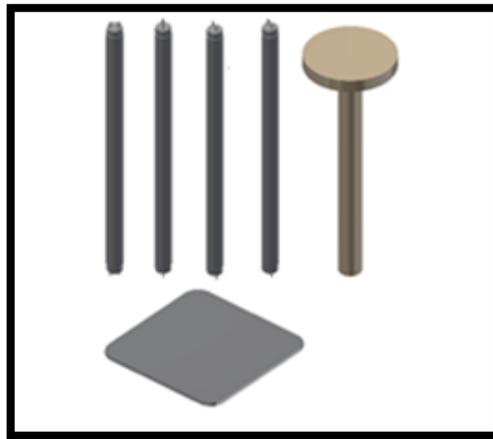


Figura 23-3: Parte superior de la impresión 3D.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

3.9 Diseño electrónico

En esta etapa muestra cómo se encuentran conectados los distintos componentes electrónicos y eléctricos que conforman el RDD bot, para obtener un buen funcionamiento como se observa en la figura 24-3.

3.9.1 Descripción del esquema de conexión del robot móvil con luz UV

Las conexiones implementadas en el RDD bot son descritas a continuación. El microcontrolador de procesamiento es el Arduino Mega 2560, están conectadas de la siguiente manera:

- El driver Monster consta de varios terminales para la conexión se utiliza 14 pines que son; dos entradas de VCC de 5v, dos pertenecen para el voltaje de los motores 12v, dos controlan el sentido de giro de los motores, dos controlan la velocidad, dos para la activación y desactivación de los motores, cuatro para conexión de motores. Los pines de conexión al Arduino son 4, 5, 6, 7, 8, 9.
- El motor tiene dos terminales que se conectan al driver.
- El sensor de temperatura está constituido por 4 terminales: uno para positivo que trabaja 5V el otro es para negativo y el tercer pin SDA, SCL conforma la conexión I2C (Protocolo de

comunicación), los sensores se pueden conectar en paralelo con los pines correspondientes al Arduino 20 y 21.

- El sensor de presencia Pir tiene 3 terminales: uno para el positivo a 5V el otro para negativo y el tercero es para la salida de señal digital los cuales están conectados a los pines del Arduino 31, 33, 35, 37.
- El sensor Sharp está constituido de 3 terminales: uno para alimentación VCC 5V el otro para negativo y el tercero para la señal analógica que se conecta a los pines A0, A1, A2, A3 del Arduino.
- La batería consta de dos conectores el uno es de carga balanceada y el otro es de descarga.
- El módulo regulador de voltaje se conecta directo a la batería como voltaje de entrada y las salidas se conectarán a los circuitos del robot.
- El módulo de relé para activación de la luz UV están conectados a los terminales 39, 41, 43, 45 del Arduino.
- Los diodos leds se conectan a los terminales 49, 51, 53 del Arduino.
- Los Buzzer Se conecta al terminal 47 del Arduino.
- Todos los GND deben ser comunes entre sí.

Nombres de los dispositivos:

- S_tem (Sensor de temperatura).
- S_dist (Sensor Sharp).
- S_PIR (Sensor de presencia Pir).
- Lamp (Lamparas de luz UVC).
- reg_XL4015 (5 V) (Regulador de voltaje a 5 V).
- reg_XL4015 (12 V) (Regulador de voltaje a 12 V).
- Mod_Relé x4 (Modulo de Relé x 4).

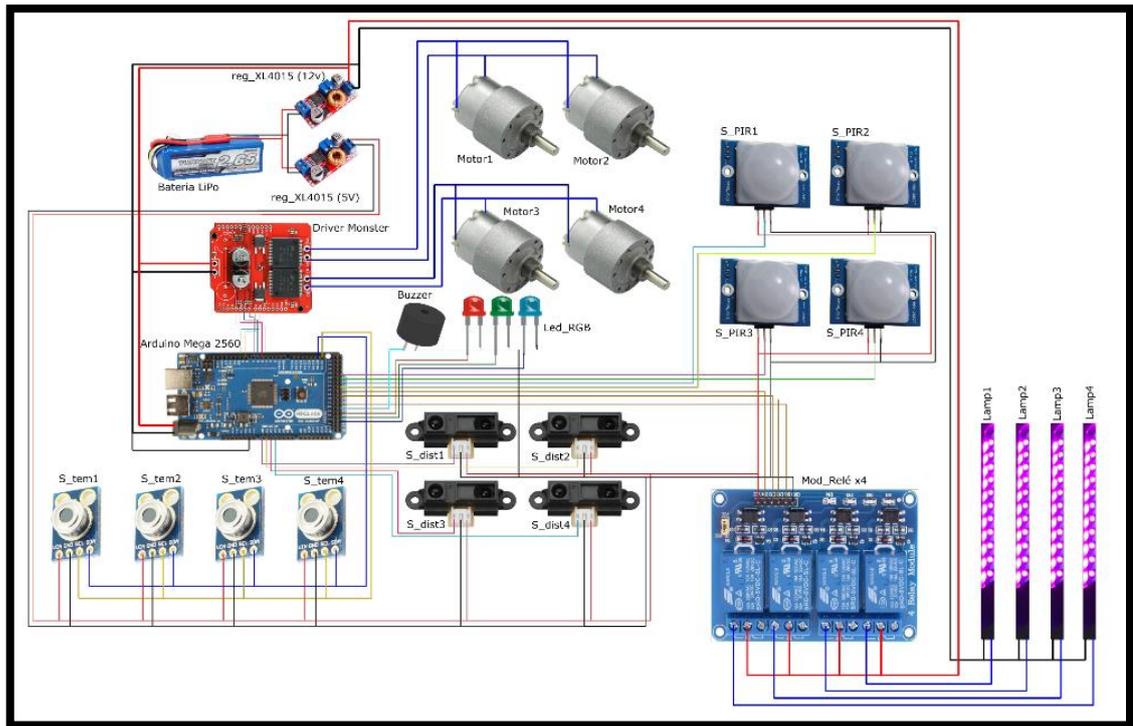


Figura 24-3: Esquema de conexión del RDD bot con luz UV.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

3.10 Implementación RDD bot .

En esta etapa se obtiene la fase de implementación donde se determina como se encuentra conectado todos los dispositivos electrónicos, mostrando paso a paso de cada sección implementada para el RDD bot, obteniendo la secuencia de ubicación de todos los elementos conectados para el funcionamiento.

3.10.1 *Implementación de protección estructural.*

Luego de haber realizado los diseños en Inventor Professional 2017, se procedió a imprimir la protección estructural de la plataforma móvil utilizando un material muy ligero, por lo cual se inicia realizando las uniones de cada pieza mostrando la parte exterior e interior del RDD bot como se observa en la figura 25-3, con todas las especificaciones establecidas y descritas anteriormente para el diseño. En la parte inferior está colocado la placa de aluminio por lo que se realizó sus respectivos agujeros para poder atornillar y sujetar la base de los motores, para ello se utilizó un tornillo 3/16 pulgadas para así de esa manera obtener fijeza. Para poder colocar la batería se pegó con cinta doble faz transparente.

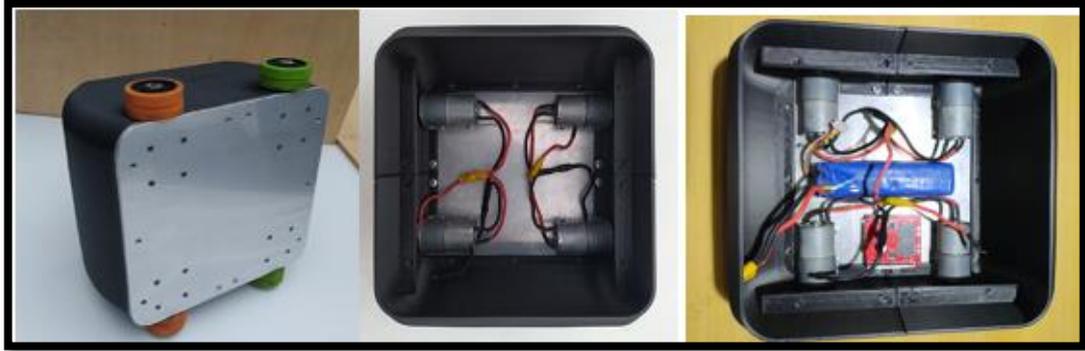


Figura 25-3: Estructura inferior y lateral del robot.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

En la etapa intermedia se coloca una base para tapar los motores y la batería del RDD bot. Se muestra la conexión de los diferentes dispositivos como se observa en la figura 26-3, para poder sujetarlos todos los elementos se utilizó cinta doble faz blanca, manteniendo una distancia adecuado de todos los elementos conectados al Arduino.

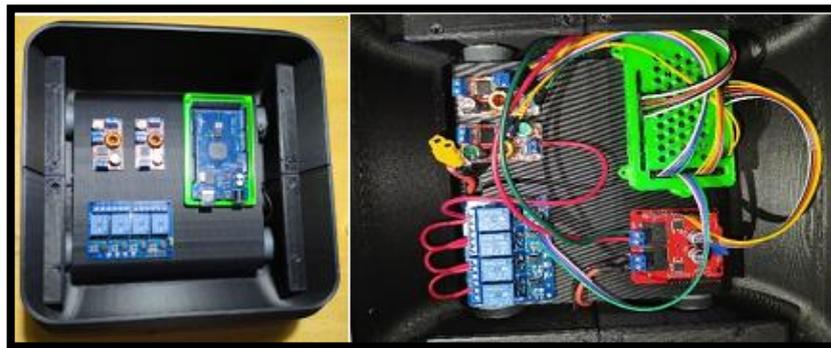


Figura 26-3: Estructura de control del robot.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

En la sección superior se encuentra conectado todos los sensores; que se encargan de la detección de obstáculo, presencia de persona y variación de temperatura corporal como se observa en la figura 27-3.



Figura 27-3: Estructura superior del robot móvil.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

En la parte superior se colocó una tapa de acrílico, el cual se realizó unos agujeros para la colocación de las lámparas UVC como se muestra en la figura 28-3, adicional a esto en la parte superior de las lámparas se coloca un base que las mantiene equidistantes entre sí, también se instaló un sensor ultrasónico para la detección de obstáculos.9-2



Figura 28-3: Estructura del robot con las lámparas UVC con ozono.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

3.11 Pruebas y Resultados del Robot Móvil

En el presente capítulo se realiza las pruebas de los sensores que conforman el dispositivo: distancia, temperatura, presencia y localización. También se analizó los subsistemas como son, la autonomía, el tiempo de carga de la fuente de energía, evaluación del tiempo de desinfección y

validación del recorrido, todo lo conformado en el RDD bot implementado. Para la realización de las pruebas se usó cinta de luces leds por seguridad de las personas.

3.11.1 Caracterización de las mediciones de los sensores del RDD bot

El objetivo de realizar las pruebas es determinar los errores del sistema obteniendo la confiabilidad de los datos recabados por los sensores que se utilizaron para las diferentes funciones, una vez culminado la implementación del RDD bot.

3.11.1.1 Análisis de medición de distancia por el sensor Sharp

El desarrollo de las pruebas tuvo como objetivo la toma de datos y determinación de errores presentados por el sensor Sharp GP2Y0A41SK0F, con respecto a la distancia al momento de evadir obstáculos que es mayor a 15 cm hasta el máximo asignado por el fabricante. Se tomó 8 muestras colocando un obstáculo por cada punto de referencia. Se utilizó el método visual para la toma de valores, mediante un flexómetro como equipo patrón de medición y los valores mostrados por el *software* Arduino, como se observa en la figura 29-3.



Figura 29-3: Toma de datos Sensor Sharp.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Los resultados experimentales observados en la Tabla 3-3, se aprecia la adquisición de valores relacionado a las mediciones de distancia y obteniendo el valor del error absoluto. Se analiza los

errores presentados por los 4 sensores implementados en el RDD bot tomando como intervalos 5cm de distancia.

Tabla 3-3: Análisis de la medición de distancia del sensor Sharp.

Número Muestras	Distancia equipo patrón. (cm)	Promedio de distancia sensor Sharp (cm)				Error absoluto (cm)			
		Frente Der.	Frente Izq.	Der.	Izq.	Frente Der.	Frente Izq.	Der.	Izq.
1	5.00	5.35	5.24	5.10	5.05	0.35	0.24	0.10	0.05
2	10.00	10.19	10.34	10.58	10.32	0.19	0.34	0.58	0.32
3	15.00	15.27	15.48	15.72	15.96	0.27	0.48	0.72	0.96
4	20.00	20.43	20.45	20.51	20.95	0.43	0.45	0.51	0.95
5	25.00	26.08	25.95	25.72	26.98	1.08	0.95	0.72	0.98
6	30.00	30.46	31.53	30.61	31.97	0.46	1.53	1.61	0.61
7	35.00	36.76	36.82	36.16	35.95	1.76	1.82	1.16	0.95
8	40.00	42.09	41.84	42.02	40.80	2.09	1.84	2.02	0.80

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

De los datos obtenidos, una vez realizada la medición mostrada en la Tabla 3-3, se determinó que el error absoluto adquirido en las pruebas es de 2.09 cm en un rango de variación de 0.05 cm hasta 2.09 cm del total de las muestras recolectadas, por lo que se concluye que el sensor es confiable ya que no sobrepasan al error especificado en el *datasheet* de 2.4 cm.

3.11.2 Análisis de medición de distancia con el sensor Ultrasónico

La finalidad de la prueba fue obtener la distancia menor a 25 cm en la altura máxima del RDD bot con el sensor ultrasónico HCSR-04 y así analizar los errores obtenidos. Para las pruebas se considera 12 muestras por cada punto de referencia el cual tiene una variación de 10 cm entre cada una, llegando a calcular hasta 120 cm de distancia. En la figura 30-3, se observa los equipos de medición utilizados con lo que se logró resultados factibles.

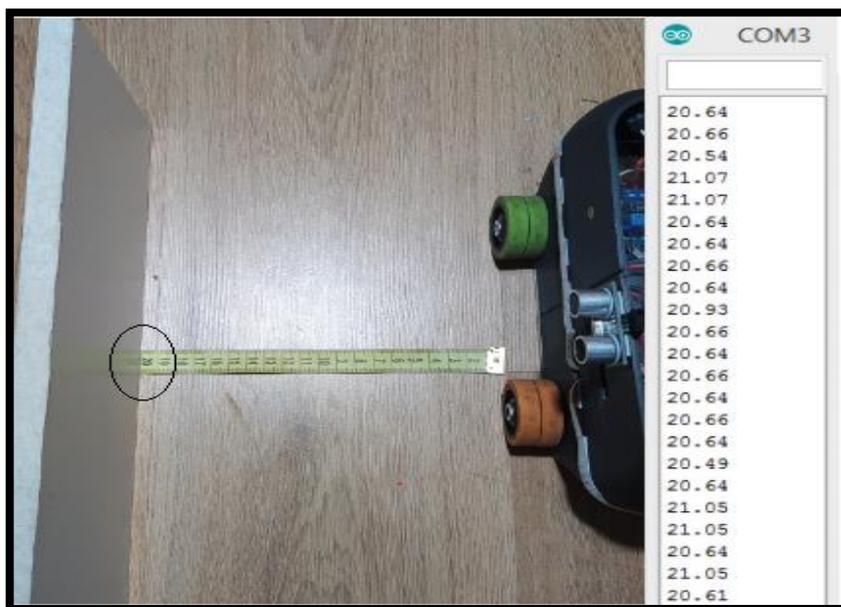


Figura 30-3: Toma de datos del Sensor Ultrasónico.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

El resultado experimental de los datos mostrados en la Tabla 4-3 se demostró que el sensor mide valores reales para el análisis de la distancia. En las mediciones fluctúan en razón a la medida de referencia.

Tabla 4-3: Análisis de la medición de distancia del Sensor Ultrasónico.

Número muestra	Distancia referencia equipo patrón. (cm)	Promedio de Distancia sensor ultrasónico. (cm)	Error absoluto (cm)
1	10.00	10.68	0.68
2	20.00	20.85	0.85
3	30.00	30.86	0.86
4	40.00	40.15	0.15
5	50.00	50.10	0.10
6	60.00	59.73	0.27
7	70.00	69.85	0.15
8	80.00	79.97	0.03
9	90.00	89.24	0.76
10	100.00	99.58	0.42
11	110.00	108.19	1.81
12	120.00	120.22	0.22

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Los valores obtenidos en la Tabla 4-3 de las mediciones, se determinó que el mayor error absoluto de las pruebas realizadas es de 1.81 cm en un rango de variación entre 0.03 hasta 1.81 del total de las muestras tomadas. Por lo que se concluyó que el sensor colocado en RDD bot se encuentra dentro del margen de error del datasheet que es de 1 – 3.5 cm por lo que es factible para la evasión de un obstáculo.

3.11.3 *Análisis de medición de presencia sensor PIR*

El desarrollo de la prueba tiene como objetivo analizar el sensor PIR HC-SR501E1, el cual tiene un ángulo de visión de 110 grados lo que nos ayuda a obtener una buena detección por lo que se encuentra ubicados en cada lado de la estructura del RDD bot, para obtener el rango de detección de una persona se tomó 11 muestras. En la figura 31-3 se visualiza las pruebas realizadas.



Figura 31-1: Proceso de pruebas de detección de presencia de personas.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

El resultado experimental observados en la Tabla 5-3 se demostró que el sensor detecta correctamente. Cumpliendo con los requerimientos propuestos por el fabricante los que nos lleva a analizar la detección de los sensores en un intervalo de 10 cm de distancia.

Tabla 5-3: Pruebas de detección de personas sensor PIR.

Número muestra	Distancia de referencia (m)	Detección de presencia de personas (cm)			
		Frete Der.	Frete Izq.	Der.	Izq.
1	7	Detecta	Detecta	Detecta	Detecta
2	7.10	Detecta	Detecta	Detecta	Detecta
3	7.20	Detecta	Detecta	Detecta	Detecta
4	7.30	No detecta	No detecta	No detecta	No detecta
5	7.40	No detecta	No detecta	No detecta	No detecta
6	7.50	No detecta	No detecta	No detecta	No detecta
7	7.60	No detecta	No detecta	No detecta	No detecta
8	7.70	No detecta	No detecta	No detecta	No detecta
9	7.80	No detecta	No detecta	No detecta	No detecta
10	7.90	No detecta	No detecta	No detecta	No detecta
11	8	No detecta	No detecta	No detecta	No detecta

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

De los datos obtenidos en la Tabla 5-3, se verifico que el sensor detecta correctamente en un rango de 1 m hasta 7 m determinado por el fabricante, por el cual las pruebas de detección fueron realizadas a partir de una distancia mínima de 7 m hasta una distancia máxima de 8 m con una variación de 10 cm por cada muestra. Por el cual se concluyó que el sensor detecto a una distancia de 7.2 m siendo un valor mayor al establecido por lo que es confiable para la detección de personas y a partir de ese valor el sensor ya no detecta.

3.11.4 *Análisis de medición por el sensor de temperatura*

El objetivo es establecer la confiabilidad de los datos del sensor GY-906, donde se obtuvo los valores emitidos por los sensores del RDD bot mostrado mediante el serial de Arduino y un equipo medidor de temperatura pirómetro FLUKE 572-2 Industrial, por lo tanto, se tomó 6 muestras de datos térmicos entre el rango establecido por el sensor. En la figura 32-3 se muestra la medición de temperatura, del equipo patrón y del sensor del RDD bot.

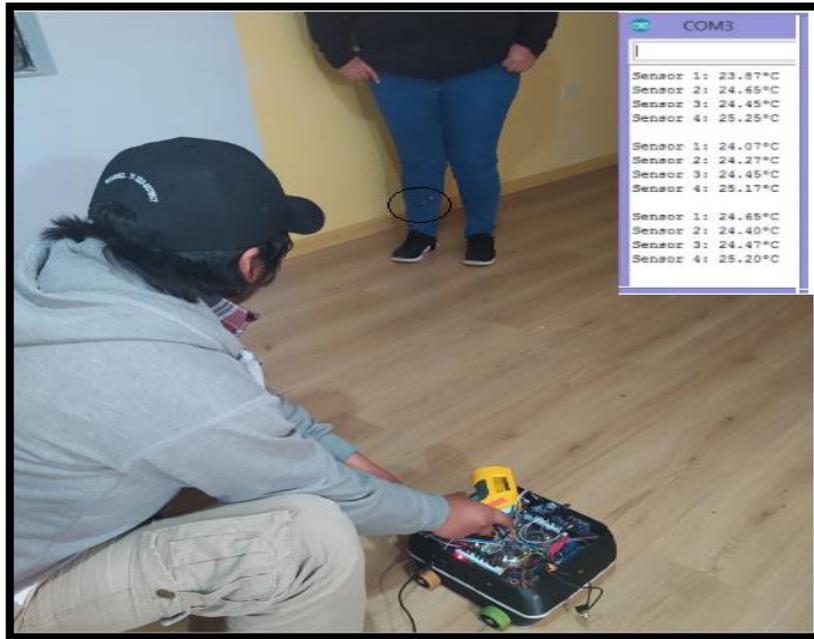


Figura 32-3: Toma de datos sensor de temperatura.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

En la Tabla 6-3, se observa los datos obtenidos por el sensor térmico. Los datos muestran variaciones de temperatura cuando una persona se encuentra a una distancia mínima de 10 cm hasta una distancia máxima de 170 cm, se determinó los errores presentados entre ambos sensores.

Tabla 6-3: Análisis comparativo de la medición de temperatura.

Número muestra	Distancia referencial (cm)	Sensor de temperatura (°C)				Temperatura Equipo patrón Pirómetro (°C)			
		Frente D.	Frente I.	Posterior D.	Posterior I.	Frente D.	Frente I.	Posterior D.	Posterior I.
1	10	24.2	22	24.4	23.1	28.12	26.35	26.6	25.8
2	40	24.5	23.1	24.6	24.8	26.6	25.3	26.9	26.5
3	70	24	25.4	23.9	23.4	25.20	23.25	24.47	24.4
4	100	23.9	24	23.8	23.1	25.6	24.2	25.7	25
5	130	23.1	24.6	22.9	22	25.2	25.75	24.3	25.1
6	160	22.4	23.8	23.2	22.5	24.40	23.27	23.4	23.55

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Tabla 7-3: Análisis de error de la medición de temperatura.

Número muestra	Distancia referencia (cm)	Error absoluto (°C)			
		Frente D.	Frente I.	Posterior D.	Posterior I.
1	10	3.92	4.35	2.2	2.7
2	40	2.1	2.2	2.3	1.7
3	70	1.2	2.15	0.57	1.00
4	100	1.7	0.20	1.90	1.90
5	130	2.10	1.15	1.40	3.10
6	160	2.0	0.53	0.20	1.05

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Una vez analizada la Tabla 7-3 se concluye que las temperaturas efectivamente tomadas por el sensor y el pirómetro varían desde 22.0 °C. Se verifico que el error mayor es de 3.92 °C con un rango de variación 0.20 °C hasta 3.92 °C del total de las muestras de referencia. Con el cual se realizó una comparativa con el *datasheet* del sensor térmico teniendo un error de 0.5 °C y del equipo patrón tiene un error 0.5 %, por lo que el sensor no es confiable ya que el error es mayor a los rangos establecidos por el fabricante.

3.12 Tiempo de conexión con el GPS

El objetivo de la prueba fue determinar el tiempo que tarda en conectarse el Módulo GPS a los satélites. Para el análisis se tomaron 6 muestras donde se obtuvo un registro de datos reales mediante un cronometro con diferentes tiempos de conexión como se observa en la Tabla 8-3. Se puede concluir que el valor obtenido del tiempo promedio es de 9min 23seg siendo moderado para conexión dentro de un área confinada.

Tabla 8-3: Análisis de la conexión del módulo GPS.

Número muestra	Tiempo de conexión del GPS (minutos)
1	10
2	6
3	8
4	10
5	9
6	10
Promedio	9min 23seg

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

3.13 Análisis del posicionamiento del RDD bot por GPS

El objetivo es determinar los niveles de confianza emitidos por el GPS para posicionamiento. La finalidad es realizar un comparativo del RDD bot y el GPS verificado en el celular Xiaomi Redmi Note 8 con la aplicación *bluetooth GPS output* como observa la figura 33-3. Para el análisis se tomó 5 muestras de las coordenadas de ubicación.



Figura 33-3: Proceso de pruebas de posicionamiento con GPS.

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

En la Tabla 9-3 se muestra los datos del GPS y del RDD bot en base a la latitud y en la Tabla 3-8 se hizo un análisis de datos del GPS en base a la longitud. Utilizando los medios de medición como es GPS y el móvil como equipo patrón.

Tabla 9-3: Análisis de medición del GPS en base a la latitud.

Número muestra	Latitud del RDD bot	Latitud del equipo patrón.	Error absoluto (minutos ´)
1	-1° 39.12246´	-1° 39.12751´	0.00505
2	-1° 39.12270´	-1° 39.12737´	0.00467
3	-1° 39.12186´	-1° 39.12777´	0.00591
4	-1° 39.12444´	-1° 39.12764´	0.00320
5	-1° 39.12336´	-1° 39.12750´	0.00414
6	-1° 39.12300´	-1° 39.12738´	0.00438
7	-1° 39.12300´	-1° 39.12733´	0.00433
Promedio	-1° 39.12297´	-1° 39,12750´	0.00453

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Tabla 10-3: Análisis de medición del GPS en base a la longitud.

Número muestra	Longitud del RDD bot	Longitud del equipo patrón.	Error absoluto (minutos ‘)
1	-78° 40.36606’	-78° 40.36785’	0.00179
2	-78° 40.36789’	-78° 40.36788	0.00001
3	-78° 40.36789’	-78° 40.36796	0.00007
4	-78° 40.36789’	-78° 40.36791	0.00002
5	-78° 40.36651	-78° 40.36795	0.00146
6	-78° 40.36880	-78° 40.36797	0.00083
7	-78° 40.36789	-78° 40.36797	0.00008
Promedio	40.36756	40.36793	0.000608

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Los valores obtenidos de las mediciones mostrada en la Tabla 9-3, se pudo concluir que el error absoluto es de 0.00453 con un rango de variación entre 0,00320 a 0,00591 correspondiente a la latitud y de la Tabla 10-3 se obtiene que la de error es de 0.000608 con un rango de variación entre 0,00001 a 0,00179 correspondientes a la longitud. Se puede decir que en ambos casos el valor obtenido es muy pequeño; una vez analizado el posicionamiento del GPS dentro del área a trabajar, se muestra un error aproximado de 0.50 metros. El dispositivo colocado en el RDD bot resulta ser confiable para el posicionamiento de un punto asignado obteniendo un algoritmo para mejorar la parte del *software*, y la colocación en conjunto de los elementos no le agregan errores al error propio del dispositivo GPS.

3.14 Análisis del tiempo funcionamiento de la lámpara de desinfección

El sistema tuvo como objetivo verificar el tiempo de desinfección mediante lámparas UVC. Para las pruebas se usó luces led por motivo de seguridad de quien manipule el RDD bot, como se observa la figura 34-3. Para obtener un dato preciso se tomó 5 muestras el cual se analizó por medio de un cronometro del dispositivo móvil.



Figura 34-3: Luces led.

Realizado por: Cárdenas, Cinthia & Salán, Wilmer, 2022.

En la Tabla 11-3 se observa los valores del tiempo de desinfección que es de 30 minutos establecida por el fabricante en un espacio de 12 m^2 para cada una de las lámparas UVC con ozono.

Tabla 11-3: Análisis de tiempo de desinfección de luz UVC con ozono.

Número muestra	Tiempo estimado lámparas de desinfección.	Tiempo cronometrado del funcionamiento por el equipo patrón.	Tolerancia \pm (1 min)
1	30 min	30 min 15 seg	Aceptable
2	30 min	30 min 13 seg	Aceptable
3	30 min	30 min 17 seg	Aceptable
4	30 min	30 min 13 seg	Aceptable
5	30 min	30 min 12 seg	Aceptable
PROMEDIO		30 min 14 seg	

Realizado por: Cárdenas, Cinthia & Salán, Wilmer, 2022.

Una vez analizado los valores expuestos en la Tabla 11-3, se concluyó que las 4 lámparas y leds colocados en el RDD bot cumplen con el proceso de desinfección en un área confinada dentro del rango de 48 m^2 , por lo que se obtuvo el tiempo promedio de funcionamiento de 30 min 14 seg, siendo adecuado para cumplir el requerimiento propuesto; siempre se debe tener en consideración que no se debe mirar directamente a las lámparas brillantes con el fin de evitar daños a la vista y quemaduras a la piel, es por ello que dentro del área no se permite a personas, animales o plantas, por el cual se tiene un sistema de alerta visual y audible.

3.15 Análisis de la trayectoria del RDD bot

El objetivo de las pruebas es determinar si el RDD bot cumple con el recorrido asignado por el usuario en base a la trayectoria preprogramada dentro de un área confinada, para el posicionamiento se utiliza el GPS móvil como se observa en la figura 35-3. Para obtener el margen de error de un punto se toma 5 muestras.



Figura 35-3: Trayectoria asignada por GPS

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

El resultado experimental de los datos mostrados en la Tabla 12-3 se observa que el sensor mide valores reales para el análisis del posicionamiento del RDD bot.

Tabla 12-3: Análisis de la trayectoria del RDD bot.

Número de muestras	Trayectoria GPS equipo patrón		Posición	Error absoluto (cm)
	Latitud	Longitud		
1	-1° 19.99923'	-78° 38.68938'	Cumple	20
2	-1° 19.99776'	-78° 38.69048'	Cumple	31
3	-1° 19.99680'	-78° 38.69058'	Cumple	22
4	-1° 19.99581'	-78° 38.69125'	Cumple	25
5	-1° 19.99595'	-78° 38.69068'	Cumple	8

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Los resultados obtenidos en base a las pruebas realizadas de la trayectoria del RDD bot se logró un buen funcionamiento cumpliendo con el punto asignado como se observa en la Tabla 12-3, ya que con la programación se pudo mejorar el rango de error siendo máximo de 31 cm, dando valores entre 8 cm como distancia mínima hasta 31 cm como distancia máxima.

3.16 Análisis de la autonomía del RDD bot

Se determinó el tiempo de autonomía del RDD bot durante el recorrido y desinfección por Luz UVC con ozono, para el análisis se tomaron 3 muestra de los valores reales expresados a continuación como se observa en Tabla 13-3.

Tabla 13-3: Autonomía del RDD bot.

Número de muestras	Tiempo de Inicio	Tiempo de finalización	Autonomía total	Autonomía total (minutos)
1	08:05:00	08:46:45	00 h41m:45s	41.75
2	09:00:16	09:42:05	00h:41m:49s	41.817
3	11:30:14	12:10:28	00h:40m:14s	40.233
TOTAL				41.27

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Los resultados obtenidos en la Tabla 13-3 se logró que el RDD bot alcanza una autonomía de funcionamiento de 41.27 minutos en promedio, a partir del encendido del robot busca el punto de ubicación asignado por GPS el cual tuvo un lapso de tiempo mínimo una vez encontrado la localización el RDD bot se apaga los motores y se enciende la luz UVC con ozono el que se encarga de cumplir con el método de desinfección teniendo una duración 30 minutos.

3.17 Análisis de tiempo de carga de batería del RDD bot

El objetivo de la prueba fue determinar el tiempo que tarda la batería en cargarse. Se tomaron 6 muestras donde se obtuvo un registro de datos reales como se observa en la Tabla 14-3. Para la carga del sistema de alimentación del RDD bot se utilizó un cargador imax RC B3, el cual se encarga de recargar las baterías en tiempos determinados.

Tabla 14-3: Registro del tiempo de carga de la batería del RDD bot.

Número de Muestras	Tiempo
1	1:30:00
2	1:42:00
3	1:27:00
4	1: 35:00
5	1:20:00
6	1:33:00
Promedio	1:30:14

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Los datos proporcionados mediante la Tabla 14-3, se puede concluir que los valores del tiempo promedio de carga para la batería LiPo utilizada es de 1h 30min 14seg para el funcionamiento del RDD bot.

3.18 Consumo de energía del RDD bot

Para la obtención de la autonomía de la batería se realizó pruebas del consumo de cada dispositivo instalado en el RDD bot, utilizando un multímetro digital. En la figura 36-3, se muestra la medición de los voltajes y corrientes de cada dispositivo conectado a la batería obteniendo valores reales.

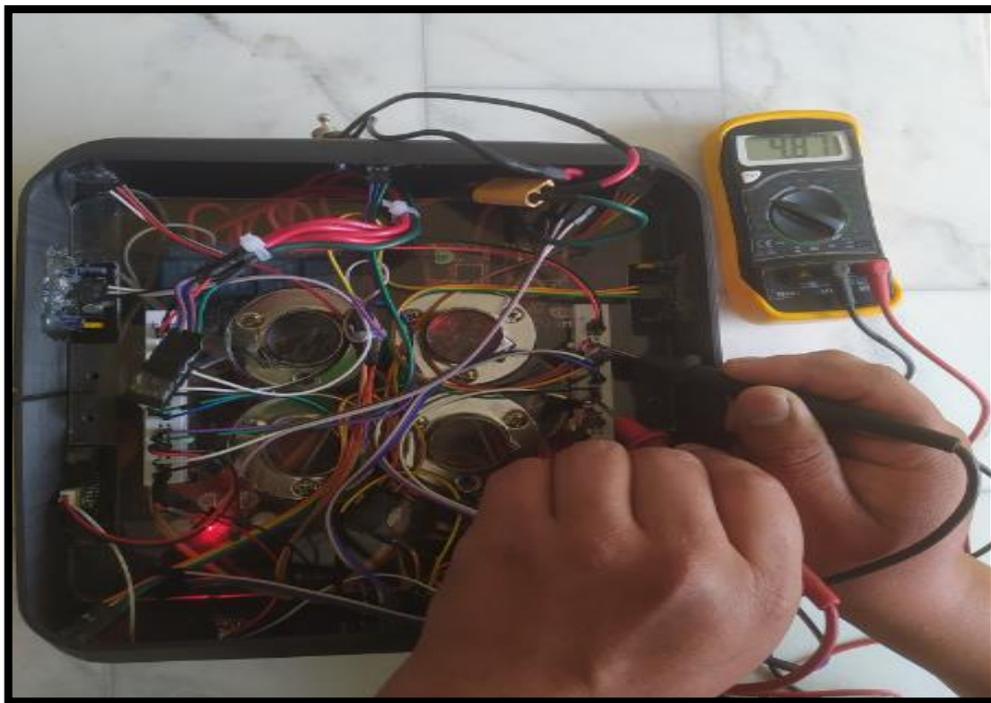


Figura 36-3: Medición del consumo de voltaje.

Realizado por: Cárdenas, Cinthia & Salán, Wilmer, 2022.

Tabla 15-3: Consumo de corriente y voltaje del RDD bot.

Cantidad	Descripción de dispositivos	Corriente Consumida (mA)	Voltaje consumido (V)
4	Motorreductor 37D	270	3.58
1	Driver Monster Dual	270	12.12
1	Regulador de Voltaje 5V	11.6	22
1	Regulador de Voltaje 12V	11.4	22
1	Convertidor DC / AC4	294	11.73

1	Módulo de relé	280	5
1	Módulo Bluetooth	42.5	4.69
1	Módulo Led + Buzzer	270	4.81
1	GPS Neo 6M	62.9	4.62
1	Arduino Mega 2560	56.4	12.1
4	Sensor Sharp	15.03	4.85
4	Sensor ultrasónico	1.9	4.84
4	Sensor PIR	0.19	4.85
4	Sensor de temperatura	1.34	4.85
4	Luces UVC con ozono	72	108
TOTAL		1659.26	230.04

Realizado por: Cinthia Cárdenas y Wilmer Salán, 2022.

Una vez analizado los datos de las mediciones obtenidas en la Tabla 15-3 del consumo de energía se determinó que la corriente mínima que debe poseer la batería es de 1659.26 mA. La batería utilizada provee de una corriente 2650 mA, abasteciendo completamente el uso para el RDD bot con un 62.61 %.

CAPITULO IV

4 GESTIÓN DEL PROYECTO

En el presente capítulo se realiza un cronograma tentativo GANTT para establecer el período a desarrollar con referencia a la construcción del robot RDD bot y, además, se describe el costo económico de cada dispositivo el cual se realizó una comparativa con el robot Xenex LightStrike de desinfección adquiridos por una empresa Nacional.

4.1 Cronograma tentativo (GANTT)

Se observa el cronograma de actividades a desarrollar para la concepción del robot RDD bot, obteniendo las fechas aproximadas de elaboración como se muestra en la Tabla 1-4.

Tabla 1-4: Cronograma Tentativo (GANTT)

MESES TAREAS	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Investigar cual es la mejor opción de adquisición de información para un correcto procesamiento.						
Determinar cuáles son los requerimientos para el sistema de desinfección con Luz Ultravioleta.						
Realizar el diseño para la construcción del robot pre programado.						
Construir el prototipo del robot pre programado para desinfección.						
Evaluar el Robot en el medio.						
Elaboración de un informe final						

4.2 Análisis económico del robot RDD bot

En la tabla 1-5 se hizo un estudio de costos de los dispositivos que se utilizó para la implementación del RDD bot.

Tabla 2-4: Análisis económico de los dispositivos para el RDD bot.

	Cant.	Componente	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Elemento RDD bot	1	Batería LiPo	63.00	63.00
	1	Regulador de Voltaje 5 V	4.50	4.50
	1	Regulador de Voltaje 12 V	4.50	4.50
	4	Motorreductor Pololu 37D	35.00	140.00
	1	Módulo de relé	5.00	5.00
	1	Driver Monster Dual	15.00	15.00
	4	Lantas de Elastómero de Poliuretano	3.75	15.00
	1	Módulo GPS Neo 6M	15.00	15.00
	1	Bluetooth	5.00	5.00
	1	Convertidor Dc / Ac	10.00	10.00
	1	Led WS2812B & Loud Buzzer	8.50	8.50
Elementos de Desarrollo	1	Arduino Mega 2650	15.00	15.00
Elementos de detección	4	Sensor Sharp GP2Y0A41SK0F.	11.00	44.00
	4	Sensor Pir HC-SR501.	3.50	14.00
	4	Sensor de Temperatura Infrarrojo GY-906.	11.00	44.00
	1	Sensor Ultrasónico	3.50	3.50
Elementos De desinfección	4	Lámparas UVC con Ozono	8.00	32.00
Elementos adicionales		Impresión 3D	60,00	60,00
	1	Tira de luces Led RGB	10.00	10.00
		Elementos varios	30.70	32.70
		Costos Adicionales	37.30	37.30
COSTO TOTAL RDD BOT				588.00

Realizado por: Cárdenas, Cinthia & Salán, Stalin, 2022.

Con los datos obtenidos en la tabla 1-4 de los costos de todos los elementos utilizados de la implementación del RDD bot tiene un valor de 588.00 dólares americanos (USD). De acuerdo a los dispositivos para la desinfección adquiridos en el Ecuador, resulta 99.41% más económico. Tomando en cuenta que el diseño propuesto cuenta con posicionamiento GPS para trayectorias preprogramadas, siendo automático para su movimiento y a diferencia del robot Xenex LightStrike es de colocación manual y se conecta a la red eléctrica.

CONCLUSIONES

- Se desarrolló un robot móvil de recorrido preprogramado para la desinfección de áreas de potencial contaminación basado en luz ultravioleta, el cual es impulsado por cuatro motorreductores sujetos a la base de aluminio, además sobre ellos se encuentran colocados los módulos electrónicos y sensores para la detección, la estructura fue realizada en impresión 3D con fibra de carbono por lo que ofrece protección a la parte interna, también las lámparas UVC con ozono se encuentran en la parte superior del RDD bot.
- Con las pruebas de las mediciones se pudo comprobar que el sistema para evasión de obstáculos midió valores de distancia reales, obteniendo el mayor error en el sensor sharp de 2.09 cm y el sensor ultrasónico de 1.81 cm, por lo que se tiene una detección correcta para evadir un objeto, estando por debajo a cifra asignada por el fabricante.
- El sistema para detección del movimiento de personas se utilizó el sensor PIR, por el cual se ajustó a una distancia de 7.2 m de radio verificado en las pruebas, en caso de existir presencias cercanas se determinó las variaciones de temperatura corporal obteniendo valores menores al nominal. Para el RDD bot se estableció un rango correcto de funcionamiento entre 22 °C y 37 °C (Celsius) en una distancia máxima de 170 cm.
- En base a la función que cumple las luces UVC con ozono, para las pruebas realizadas se determinó que el proceso de desinfección por el RDD bot tiene un tiempo promedio de 30 min 14 seg siendo mayor al asignado por el fabricante lo cual se concluye que tiene un correcto para la desinfección en un área de 48 m².
- La función para el posicionamiento del RDD bot se establece el radio de error de 31 cm con respecto a las coordenadas establecidas desde el teléfono móvil; afirmando que el GPS incorporado es confiable ya que se encuentra dentro del área de trabajo.
- Una vez realizada el análisis de las pruebas del consumo de energía se establece que la autonomía de la batería tiene una duración de 2 horas seguidas cumpliendo el proceso de desinfección, lo que garantiza el trabajo sin interrupciones del RDD bot, ajustándose a lo planteado.
- Al realizar la respectiva comparación con equipos comerciales adquiridos por empresas Nacionales que cumplen el proceso de desinfección se determinó que el RDD bot es el

99.41% más económico y a la vez cumplen con los objetivos expuestos al principio de la investigación.

RECOMENDACIONES

- Mejor el sistema de detección de presencia para obtener una vista completa en el área donde se realiza la desinfección.
- Realizar un estudio para desarrollar un robot de recorrido con luz ultravioleta con ozono de mayor dimensión que cubra áreas más grandes, incorporando inteligencia artificial para desplazamiento, visión artificial para verificar el proceso de desinfección.
- En caso de querer incrementar la autonomía del RDD bot, se puede analizar la posibilidad de incorporar una fuente de energía de más duración.
- Para el posicionamiento del robot móvil se debería utilizar el método de odometría siendo más efectivo en áreas relativamente pequeñas.

BIBLIOGRAFÍA

ALOMOTO, CARLOS Y JIMÉMEZ, SANTIAGO. *Diseño y construcción de un prototipo de robot móvil controlado con tecnología raspberry Pi para la inspección y fumugación focalizada de cultivos de haba.* [en línea]. 2015. [Consulta: 05 de Noviembre del 2020]. Disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/10477/T-ESPE048855.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANDA, NAHIM DE. *Factor Evolución.* [en línea] 2018. [Consulta: 13 de Noviembre de 2020]. Disponible en <https://www.factor.mx/portal/base-de-conocimiento/motor-dc/>.

ANDRADE LOGACHO , LENIN JAVIER. *Implementación de un módulo didáctico de un inversor de onda senoidal para el laboratorio de electrónica de potencia. Snagolquí.* [en línea] 2018. [Consulta: 13 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14859/1/T-ESPE-040366.pdf>.

APRENDIENDO_ARDUINO. IDE Arduino. [en línea] 11 de Diciembre de 2016. [Citado el: 14 de Noviembre de 2020.] <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/11/ide-arduino/>.

BALEAN, ANDREI. *Aplicación de la placa FPGA IceZUM Alhambra en prácticas de laboratorio de automatización de sistemas.* [en línea] 2018. [Consulta: 03 de Diciembre 2020]. Disponible en: http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/179633/TFG_Andrei_Balean.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

BORDA, ANGIE. *Diseño de un robot móvil recolector de objetos basado en un sistema visión artificial.* [en línea] 2016. [Consulta: 22 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/2013/TE-19692.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BRAUN, B. *Contaminación microbológica prevención de riesgos.* [en línea] 2019. [Consulta: 21 de Octubre del 2020]. Disponible en: <https://www.bbraun.es/es/productos-y-terapias/bbraun-for-safety/contaminacion-microbiologica.html#>.

CALDERÓN, GABRIEL. *Diseño y Construcción del prototipo en línea de un sistema de tratamiento de aguas residuales a base de luz ultravioleta.* [en línea] 2016. [Consulta: 28 de Octubre del 2020]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7256/1/UPS-CT004152.pdf>.

CONFIDENCIAL, EL. *El robot español que desinfecta las estancias de covid-19 con luz ultravioleta.* [en línea] 2020. [Consulta: 02 de Noviembre del 2020]. Disponible en: https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2020-06-12/robot-espanol-luz-uv-desinfeccion-bra_2632036/.

CRESPO, ENRIQUE. *Aprendiendo Arduino.* [en línea] 2016. [Consulta: 25 de Noviembre del 2020] Disponible en: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/motor-paso-a-paso/>.

CRIOLLO MERINO, FRANK RONALD. *Implementar un sistema para la detección de presencia externa para vehículos pesados para prevención de accidentes.* [en línea] 2018. [Consulta: 12 de Noviembre del 2020] Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1306/CIE-CRI-MER-17.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CUNHA, JEFFERSON COSTA. *Oftalmólogos lámparas germicidas.* [en línea] 2019. [Consulta: 01 de Noviembre del 2020] Disponible en: <https://oftalmologos.org.ar/files/institucional/covid/uso-adecuado-de-lamparas-germicidas.pdf>.

EDPILO. *Módulo gps ublox neo-6m v2 con memoria eeprom novomun .* [en línea] 2020. [Consulta: 12 de Octubre del 2020]. Disponible en: <https://www.novomun.com/sin-categoria/radiacion-uv-para-esterilizar/>.

ELECTRONILAB. *Módulo gps ublox neo-6m v2 con memoria eeprom.* [en línea] 2021. [Consulta: 03 de Febrero del 2021]. Disponible en: <https://electronilab.co/tienda/modulo-gps-ublox-neo-6m-v2-con-memoria-eeeprom/>.

FARANACE24. 2020. *Ciencia y Tecnología.* [en línea] 2020. [Consulta: 20 de Noviembre del 2020] Disponible en: <https://www.france24.com/es/20200509-cienciaytecnologia-robots-mundo-unen-lucha-contra-covid19>.

FIGUEROA, JESSICA. *360Life Technologies elige a los Robots LightStrike de Xenex.* [en línea] 2018. [Consulta: 19 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <https://www.edifarm.com.ec/360life-technologies-elige-a-los-robots-lightstrike-de-xenex/>.

FOOD&DRUG, U.S. *Riesgos de los rayos ultravioleta.* [en línea] 2018. [Consulta: 02 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <https://www.fda.gov/consumers/articulos-en-espanol/el-bronceado-artificial-los-riesgos-de-los-rayos-ultravioleta>.

GALICIA, IVONNE. *Luz ultravioleta para prevenir la propagación de COVID-19.* [en línea] 2020. [Consulta: 01 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <https://www.iluminet.com/luz-ultravioleta-covid-19/>.

GARCÍA, ANTONY. *Funcionamiento de un servomotor.* [En línea] 2016. [Consulta: 04 de Diciembre del 2020]. Disponible en: <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/#:~:text=Servomotores%20de%20rotaci%C3%B3n%20continua%3A%20se,giro%20en%20un%20momento%20dado>.

GODÍNEZ, AIDE ESTHER SÁNCHEZ. *Comparación de tres métodos para la inactivación de salmonella typhimurium de interés sanitario en alimentos.* [en línea] 2018. Consulta [14 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/104719>.

GONZÁLES, HENRY FABRICIO Y CARILLO, MARÍA GABRIELA. *Implementación de un prototipo de robot sembrador de papa en terrenos sin inclinación para pequeños productores.* [en línea] 2019. [Consulta 30 de Octubre del 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13686>.

GUALLI CUJILEMA, MAYRA ALEXANDRA Y VÉLIZ INTRIAGO, ROCÍO ALEXANDRA. *Implementación de un Robot MegaSumo Radiocontrolado y Autónomo utilizando microcontroladores PIC.* [en línea] 2016. [Consulta 30 de Noviembre del 2020]. Disponible en: Guayaquil : <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/6401>.

HERMOZA, JOSÉ. *Diseño de un sistema de desinfección de envases en el proceso de envasado de agua alcalina “andea” de la empresa cervecías cusco S.A.C.* [en línea] 2018. [Consulta 18 de Noviembre del 2020]. Disponible en: https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/1839/Jos%C3%A9_Tesis_bachiller_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HERNANDEZ, KARLA Y PACHI, FREDDY. *Diseño, Simulación e Implementación de un sistema de Teleoperación para un Robot Móvil Tipo KARLIKE.* [en línea] 2017. [Consulta: 05 de Diciembre del 2020]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18975>.

INNOVADORES. *Robots de desinfección de hospitales con luz ultravioleta.* [en línea] 2019. [Consulta: 11 de Noviembre del 2020]. Disponible en: https://www.lespanol.com/invertia/disruptores-innovadores/innovadores/20190830/robot-desinfecta-hospitales-luz-ultravioleta/425458777_0.html.

IZA, JOHANNA Y TACO, LAURA. *Investigación de la maniobrabilidad de una plataforma robótica con sistema de tracción omnidireccional e implementación en el proyecto de investigación “tele – operación bilateral corporativo de múltiples manipuladores móviles” aprobado por el consorcio.* [en línea] 2016. [Consulta: 29 de Octubre del 2020]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/13082/T-ESPEL-MEC-0092.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

JIMÉNEZ, JACKELINE ANDREA PEÑA. *Diseño y documentación del procedimiento de limpieza y desinfección de las materias primas frescas desde las etapas de recepción hasta su almacenamiento, teniendo en cuenta la normativa legal vigente de las condiciones de higiene e inocuidad en la empresa.* [en línea] 2018. [Consulta: 02 de Noviembre del 2020]. Disponible en: http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2478/1/Procedimiento_limpieza_desinfeccion_materias_primas_frescas.pdf.

LEON, FABIO. *Baterías LiPo, características y cuidados.* [en línea] 2020. [Consulta: 26 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <https://www.dynamoelectronics.com/baterias-lipo-caracteristicas-y-cuidados/>.

LEÓN, KEVIN Y MONTES, LORENA. *Diseño de un robot móvil para riego automático de plantas.* [en línea] 2020. [Consulta: 28 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/47001>.

LLAMAS, LUIS. *Detector de movimiento con arduino y sensor PIR.* [en línea] 2015. [Consulta: 12 de Diciembre del 2020]. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/detector-de-movimiento-con-arduino-y-sensor-pir/>.

LLAMUCA, DIEGO FABRICIO. *Sistema de realidad aumentada con tecnología móvil e interacción electrónica para la promoción turística de ambato.* [en línea] 2020. [Consulta: 02 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/31318>.

LÓPEZ, ALEIX. *Estudio de los sensores para la detección de obstáculos aplicables a robots móviles.* [en línea] 2018. [Consulta: 20 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/80846/6/jacobarTFM0618memoria.pdf>.

LÓPEZ, SAID. *Conexión Abastur innovaciones tecnologicas luz ultravioleta.* [En línea] 2020. [Consulta: 01 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <https://www.conexiones365.com/nota/abastur/innovacion-y-tecnologia/luz-ultravioleta-metodo-desinfeccion>.

MARCHÁN, CARLA Y GUANANGA, WILSON. Implementación de un prototipo de sistema electrónico de control multimodal para la supervisión y vigilancia en tiempo real de personas privadas de libertad. [en línea] 2018. [Consulta: 20 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/9194>.

MATEKSYS. *Manula.* [en línea] 2021. [Consulta: 30 de Noviembre 2020]. Disponible en: http://www.mateksys.com/downloads/2812-BH_Manual_EN.pdf.

MECHATRONICS, NAYLAM. *Sensores de proximidad.* [en línea] 2018. [Consulta: 16 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <https://www.naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/203-sensor-de-distancia-infrarrojo-sharp-gp2y0a21.html>.

MEETTHINGS. *Tipos de luces.* [en línea] 2020. [Consulta: 12 de Diciembre del 2020]. Disponible en: <https://meetthings.com/blog/index.php/12-04-2020/tipos-de-luces-uv/>.

MELOSO, CRISTIAN. *Características de arduino 2560.* Tools. [en línea] 2018. [Consulta: 29 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <https://www.electrontools.com/Home/WP/arduino-mega-2560-caracteristicas/>.

Ojeda, Dalton y Ortiz, Lenin. *Diseño y construcción de un prototipo de batería recargable para una bicicleta eléctrica tipo TRIKE mediante el uso de baterías recicladas de ION de LITIO 18650.*

[en línea] 2017. [Consulta: 27 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13637>.

OPS. *Enfermedad por el Coronavirus (COVID-19)*. [en línea] 2021. [Consulta: 03 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/enfermedad-por-coronavirus-covid-19>.

POLOLU. *RoboClaw Motor Controllersde*. [en línea] 2018. [Consulta: 24 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <https://www.pololu.com/category/124/roboclaw-motor-controllers>.

Poltec. **2015.** [En línea] 16 de Junio de 2015. <https://polimerostecnicos.net/contacto/>.

Primicias. **2021.** Primicias. [En línea] 2021. <https://www.primicias.ec/primicias-tv/sociedad/robots-desinfectan-hospital-quito-sur/>.

Rambal. **2019.** [En línea] 17 de Septiembre de 2019. <https://rambal.com/control-motores/875-monster-dual-moto-shield-vnh2sp30.html>.

ROBÓTICA, SUPER. *Róbotica implementando sensores*. [En línea] 2020. [Consulta: 04 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <http://www.superrobotica.com/sensores.htm>.

RODRÍGUEZ DE LUIS, EVA. *De cero a maker: todo lo necesario para empezar con Raspberry Pi*. [en línea] 2018. [Consulta: 01 de Diciembre del 2020]. Disponible en: <https://www.xataka.com/makers/cero-maker-todo-necesario-para-empezar-raspberry-pi>.

Rodríguez, Esle y Marin, Christian. **2017.** *Diseño e implementación de un robot prototipo de búsqueda y comunicación para ser usado luego de un terremoto en el edificio de la CINT*. [ed.] UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. Guayaquil : s.n., 2017. pág. 33.

Roydisa. **2019.** [En línea] 11 de Septiembre de 2019. <https://www.roydisa.es/archivos/5419>.

Ruilova, Jomaira y Quito, Kevin. **2017.** *PROTOTIPO DE TELECONTROL DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA SEGURIDAD Y ACCIONES BÁSICAS DEL HOGAR, APLICADO A PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ EN EXTREMIDADES INFERIORES, BASADO EN TARJETAS DE DESARROLLO*. Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017.

Simón Mori, George Anthony. 2018. Implementación, control Y monitoreo de un sistema de riego por goteo subterráneo con microcontroladores. Lima : Universidad Nacional Agraria La Molina, 2018.

Solerpalau. 2018. [En línea] 15 de Octubre de 2018. <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/sensores-movimiento/>.

SOTO GRANDA, JUAN ANDRÉS. *Diseño, construcción e implementación de un sistema de bloqueo vehicular con rastreo satelital a través de un dispositivo celular.* [en línea] 2018. [Consulta: 21 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/20838>.

TECNOPURA. *Sensor de temperatura con infrarojo.* [en línea] 2020. [Consulta: 15 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <https://www.tecnopura.com/producto/sensor-de-temperatura-infrarrojo-sin-contacto-mlx90614-gy-906-para-arduino/>.

TOBÓN RÍOS, SANDRA, AGUDELO CADAVID, RUTH Y GUTIERREZ BUILES, LINA. *Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano.* [en línea] 2017. [Consulta: 29 de Octubre del 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf>.

TODACASA. *Lamparas ultravioletas.* [en línea] 2020. [Consulta: 10 de Octubre del 2020]. Disponible en: <https://entodacasa.com/producto/220v-110v-6w-8w-uvc-lampara-ultravioleta-de-cuarzo-t5-tubo-bombilla-bactericida-lampara-germicida-desinfectar-uv-luz-esterilizador-desolor/>.

TRONICS, MOVIL. *Modulo Cargador de Batería XL4015 (5A).* [en línea] 2019. [Consulta: 05 de Diciembre del 2020]. Disponible en: <https://moviltronics.com/tienda/modulo-cargador-con-xl4015-sk54/>.

TX, BRAYAN. *El Hospital conozca las certificaciones que destacan la calidad y el desempeño.* [en línea] 2015. [Consulta: 05 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <https://www.elhospital.com/temas/Robot-que-emite-rayos-UV-evita-la-proliferacion-de-organismos-multirresistentes+104758>.

VÁSCONEZ, IVONNE. *Construcción e implementación de un robot móvil usando un sbc (single-board computer) para aplicaciones de transporte de insumos médicos en el centro de*

salud tipo c lizarzaburu en la ciudad de riobamba. [en línea] 2018. [Consulta: 01 de Diciembre del 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9240>.

VÁSQUEZ RODRÍGUEZ, ANDRÉS MEDARDO. *Prototipo de un sistema preventivo de acercamiento de buses para personas no videntes*. [en línea] 2017. [Consulta: 12 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/27447>.

VAZQUEZ CASTREJON, MARTIN ALBERTO. *diseño y control electrónico de una matriz de leds rgb para la proyección de imágenes y texto alfanumérico*. [en línea] 2019. [Consulta: 25 de Noviembre del 2020]. Disponible en: <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/988/VACMSR00T.pdf?sequence=1>.

VIRALIZE. *Robot Autónomo*. [En línea] 2018. [Citado el: 10 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <https://glosarios.servidor-alicante.com/robotica/robot-autonomo>.

ANEXOS

ANEXO A: CÓDIGO ARDUINO

```
////////Librerias de control del prototipo
#include <i2cmaster.h>
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
#include <TinyGPS.h>
////////// Variables Motores
int enA=3;
int enB=2;
int horB=4;
int pwmA=5;
int pwmB=6;
int horA=7;
int antA=8;
int antB=9;

////////// Variables lamparas
int lamp1=39;
int lamp2=41;
int lamp3=43;
int lamp4=45;

////////// Variables sensores PIR
#define pir_F 31
#define pir_P 33
#define pir_D 35
#define pir_I 37
int pirF=0;
int pirP=0;
int pirD=0;
int pirl=0;

////////// Variables sensor Sharp
int F_der=A0;
int F_izq=A1;
int der=A2;
int izq=A3;
int cm1=0;
int cm2=0;
int cm3=0;
int cm4=0;

//////////Variables de sensores de temperaturas
int TF_der = 0x50<<1;
int TF_izq = 0x55<<1;
int TP_izq = 0x5A<<1;
int TP_der = 0x5F<<1;
float TFder=0;
float TFizq=0;
float TPizq=0;
float TPder=0;

//////////Variables sensor Ultrasónico
#define TRIGGER 13
#define ECHO 12
const float sonido = 34300.0;
```

```

    motor_control(1,0,1,1,1,0,70);
    aux=1;
    delay(500);
}
else if(disUltra>180 && aux==1){
    motor_control(1,1,1,1,1,1,100);
    activeUVC();
    lamparas_on();
    aux=0;
}
else if(aux==2){
    lamparas_off();
    paroGen(0,0,0);
    buzzer();
    activePresencia();
}
else if(disUltra>230){
    motor_control(1,0,1,1,0,1,50);
}
else{
    lamparas_off();
    motor_control(1,1,1,1,1,1,100);
    paroGen(255,255,255);
}
}
Serial.println(aux);
obstaculos();
delay(200);
presencia();
}

void obstaculos(){
    if(calcularDistancia(>150){
        motor_control(1,0,1,1,1,1,70);
    }
    if(cm1<=15 || cm2<=15 || cm3<15){
        delay(200);
        motor_control(1,0,1,1,1,0,80);
    }
}

void lamparas_on(){
    digitalWrite(lamp1,0);
    digitalWrite(lamp2,0);
    digitalWrite(lamp3,0);
    digitalWrite(lamp4,0);
}

void lamparas_off(){
    digitalWrite(lamp1,1);
    digitalWrite(lamp2,1);
    digitalWrite(lamp3,1);
    digitalWrite(lamp4,1);
}

void motor_control(int xa,int ya, int za, int xb, int yb, int zb,int vx){
    digitalWrite(enB,xb);

```

```

}
else{
  flag=true;
  previousMillis=millis();
}
if(flag==true){
  if(millis()>(previousMillis+On)){

    secuencia1(0,0,0,0);
  }
  else{
    secuencia1(0,255,0,0);
    secuencia1(1,255,0,0);
    secuencia1(2,255,0,0);
    secuencia1(3,255,0,0);
    secuencia1(4,255,0,0);
    secuencia1(5,255,0,0);
    secuencia1(6,255,0,0);
    secuencia1(7,255,0,0);
  }
}
}

```

```

void paroGen(int R,int G, int B){
  secuencia1(0,R,G,B);
  secuencia1(1,R,G,B);
  secuencia1(2,R,G,B);
  secuencia1(3,R,G,B);
  secuencia1(4,R,G,B);
  secuencia1(5,R,G,B);
  secuencia1(6,R,G,B);
  secuencia1(7,R,G,B);
}

```

```

void desinfeccion(){
  secuencia1(0,255,255,255);
  secuencia1(3,255,255,255);
  secuencia1(4,255,255,255);
  secuencia1(7,255,255,255);
}
//////////

```

```

void activeUVC(){
  delay(10);
  if(aux==1){
    tim1=20;
  }
}

```

```

if(tim1==1)
{
  tim1=0;
  lamparas_off();
  aux=0;
}

```

```

//motor_control(1,0,1,1,0,1,100);

```

```

////////// Configuración Buzzer
const int pinBuzzer = 11;
const int frecuencias[] = {261, 277, 294, 311, 330, 349, 370, 392, 415, 440, 466, 494};
const int numFrecuencias = 10;

////////// Tiempos
unsigned long time1=0;
unsigned long time2=0;
unsigned long tiempo=5000;

////////// Componentes de Luces
#define PIN 10
#define NUMPIXELS 8
Adafruit_NeoPixel pixels(NUMPIXELS, PIN, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
#define DELAYVAL 25
boolean flag = true;
long previousMillis = 0;
long On = 500;
long Off = 1000;

////////// GPS
TinyGPS gps;//Declaramos el objeto gps
String lat,lon,coor;
String dato="";
long inicio,fin;
int sw=0,paso=0;
String inputString;
boolean stringComplete;
String gps;

//////////
int aux=0;
int tim1=0;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  ////////Inicializar variables
  i2c_init(); // Inicializar i2c bus.
  PORTC = (1 << PORTC4) | (1 << PORTC5); //Activacion de Pull_Up para bus I2C
  ////////Pines Driver
  pinMode(horB,OUTPUT);
  pinMode(pwmA,OUTPUT);
  pinMode(pwmB,OUTPUT);
  pinMode(horA,OUTPUT);
  pinMode(antA,OUTPUT);
  pinMode(antB,OUTPUT);
  pinMode(enA,OUTPUT);
  pinMode(enB,OUTPUT);

  //////// Pin lamparas
  pinMode(lamp1,OUTPUT);
  pinMode(lamp2,OUTPUT);
  pinMode(lamp3,OUTPUT);
  pinMode(lamp4,OUTPUT);

```

```

}
else
{
if(tim1>0)
{
tim1--;
motor_control(1,1,1,1,1,1,100);
presencia();
lamparas_on();
//aux==2;
}
}
}
}
////////////////////////////////////

void activePresencia(){
delay(10);
if(aux==3){
tim1=20;
}

if(tim1==1)
{
tim1=0;

}
else
{
if(tim1>0)
{
tim1--;
presencia();
}
}
}

////////////////////////////////////
void coordenadas(){
bool newData=false;
unsigned long chars;
unsigned short sentences, failed;

if(sw==0){
sw=1;
inicio=millis();
}
fin=millis();
if(fin-inicio<5000){
}
else{
sw=0;
for(unsigned long start=millis();millis()-start<200;){
//if(serialgps.available()){
if(Serial2.available()){
//char c=serialgps.read();

```

```

        char c=Serial2.read();
        if(gps.encode(c)
            newData=true;
        }
    }
    gps.stats(&chars, &sentences, &failed);
    Serial.println("**No characters received**"+coor="");
}
if(newData){
    float flat, flon;
    unsigned long age;
    gps.f_get_position(&flat, &flon, &age);
    float xlat=int(flat);
    float xlatm=(xlat-flat)*60;
    Serial.print("LAT: ");
    Serial.print(xlat);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(xlatm,5);
    Serial.print(" LOG: ");
    float xlon=int(flon);
    float xlonm=(xlon-flon)*60;
    Serial.print(xlon);
    Serial.print(" ");
    Serial.println(xlonm,5);
    lat=String(flat,4);
    lon=String(flon,4);
    coor=lat+", "+lon;
    Serial1.println(coor);
}
trayectoria(flon,xlon,flat,xlat);
}

void trayectoria(float lon1, float lon2, float lat1, float lat2){
    int R=6371000 ;
    float phi_1=math.radians(lat1);
    float phi_2=math.radians(lat2);

    float delta_phi=math.radians(lat2-lat1);
    float delta_lambda=math.radians(lon2-lon1);

    float a=math.sin(delta_phi/2.0)**2+math.cos(phi_1)*math.cos(phi_2)*math.sin(delta_lambda/2.0)**2;
    float c=2*math.atan2(math.sqrt(a),math.sqrt(1-a));

    float meters=R*c;
}

```

```

lamparas_off();

////////// Pin sensores PIR
pinMode(pir_F,INPUT);
pinMode(pir_P,INPUT);
pinMode(pir_D,INPUT);
pinMode(pir_I,INPUT);

////////// Pines sensor ultrasónico
pinMode(TRIGGER, OUTPUT);
pinMode(ECHO, INPUT);

////////// Inicialización leds
pixels.begin();
Serial.begin(9600);
Serial2.begin(9600);
Serial3.begin(9600);
delay(3000);

}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  iniciarTrigger();
  float disUltra = calcularDistancia();
  /////Distancias del sensor sharp
  cm1=distanciaL(10,F_der);
  cm2=distancia(10,F_izq);
  cm3=distanciaL(10,der);
  cm4=distanciaL(10,izq);
  /////Estados de sensores PIR
  pirF=digitalRead(pir_F);
  pirP=digitalRead(pir_P);
  pirD=digitalRead(pir_D);
  pirI=digitalRead(pir_I);
  /////Estados de temperaturas
  TFder=temperaturaCelcius(TF_der);
  TFizq=temperaturaCelcius(TF_izq);
  TPizq=temperaturaCelcius(TP_izq);
  TPder=temperaturaCelcius(TP_der);
  float t_pres1=fmap(TFder,16.80,22.00,23.50,30.00);
  float t_pres2=fmap(TFizq,16.80,22.00,23.50,30.00);
  float t_pres3=fmap(TPizq,16.80,22.00,23.50,30.00);
  float t_pres4=fmap(TPder,16.80,22.00,23.50,30.00);
  //////////////////////////////////////*/
  coordenadas();
  obstaculos();
  if(ultrasonico(>20){
  inicio();
  if(disUltra>90 && aux==0){
    motor_control(1,0,1,1,0,1,50);
    inicio();
  }
  if(disUltra<80){

```

```

digitalWrite(horB,yb);
digitalWrite(antB,zb);
analogWrite(pwmB,vx);
digitalWrite(enA,xa);
digitalWrite(horA,ya);
digitalWrite(antA,za);
analogWrite(pwmA,vx);
}

float distancia(int n, int X){
long suma=0;
for(int i=0;i<n;i++)
{
suma=suma+analogRead(X);
}
float adc=suma/n;
float distancia_cm = (12343.85) * pow(adc, -1.21);
return(distancia_cm);
}

float distancial(int n, int X){
long suma=0;
for(int i=0;i<n;i++)
{
suma=suma+analogRead(X);
}
float adc=suma/n;
float distancia_cm = (12343.85/2.2) * pow(adc, -1.21);
return(distancia_cm);
}

float temperaturaCelcius(int address) {

int dev = address;
int data_low = 0;
int data_high = 0;
int pec = 0;

// Write
i2c_start_wait(dev+I2C_WRITE);
i2c_write(0x07);

// Read
i2c_rep_start(dev+I2C_READ);
data_low = i2c_readAck(); // Read 1 byte and then send ack.
data_high = i2c_readAck(); // Read 1 byte and then send ack.
pec = i2c_readNak();
i2c_stop();

// This converts high and low bytes together and processes temperature,
// MSB is a error bit and is ignored for temps.
double tempFactor = 0.02; // 0.02 degrees per LSB (measurement
// resolution of the MLX90614).
double tempData = 0x0000; // Zero out the data
int frac; // Data past the decimal point

```

ANEXO B. DATASHEET ELEMENTOS ELECTRÓNICOS

DATASHEET – ARDUINO MEGA 2560

Arduino Mega 2560



Arduino Mega 2560 R3 Front

Arduino Mega2560 R3 Back



Arduino Mega 2560 Front



Arduino Mega 2560 Back



Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

The Mega 2560 is an update to the [Arduino Mega](#), which it replaces.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the ATmega16U2 (ATmega8U2 in the revision 1 and revision 2 boards) programmed as a USB-to-serial converter.

Revision 2 of the Mega2560 board has a resistor pulling the 8U2 HWB line to ground, making it easier to put into **DFU mode**.

Revision 3 of the board has the following new features:

- ✦ 1.0 pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible both with the board that use the AVR, which operate with 5V and with the Arduino Due that operate with

3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.

- ✦ Stronger RESET circuit.
- ✦ Atmega 16U2 to replace the 8U2.

Schematic, Reference Design & Pin Mapping

EAGLE file: [arduino-mega2560_R3-reference-design.zip](#)

Schematic: [arduino-mega2560_R3-schematic.pdf](#)

Pin Mapping: [PinMapping page](#)

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	0-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the GND and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pins may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- ✦ **VIN**. The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5V from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- ✦ **5V**. This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7-12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (6-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- ✦ **3V3**. A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- ✦ **GND**. Ground pin.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and

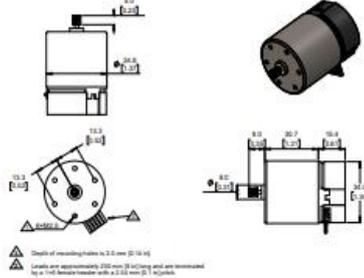
DATASHEET - MOTORREDUCTOR 37D

37D Metal Gearmotors



Motor with encoder and no gearbox (Items #2821, 4750)

weight: 110 g



Using the encoder

Versions with encoders have additional electronics mounted on the rear of the motor. Two Hall-effect sensors are used to sense the rotation of a magnetic disc on a rear protrusion of the motor shaft. The encoder electronics and magnetic disc are enclosed by a removable plastic end cap. The following pictures show what the encoder portion looks like with the end cap removed.



The quadrature encoder provides a resolution of 64 counts per revolution (CPR) of the motor shaft when counting both edges of both channels. To compute the counts per revolution of the gearbox output, multiply the gear ratio by 64.

The motor/encoder has six color-coded, 20 cm (8") leads terminated by a 1-8 female connector with a 2.54 mm (0.1") pitch. This connector works with standard 0.1" male breakaway headers and our male premium jumper and precrimp wires. If this header is not convenient, the crimped wires can be pulled out of the 1-8 housing and used with different crimp connector housings instead (e.g. 1+2 for the motor power and 1+1 housings for the other four leads), or the connectors can be cut off entirely.

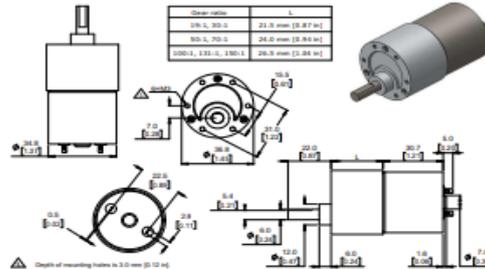
37D Metal Gearmotors



Dimensions (units: mm over [inches])

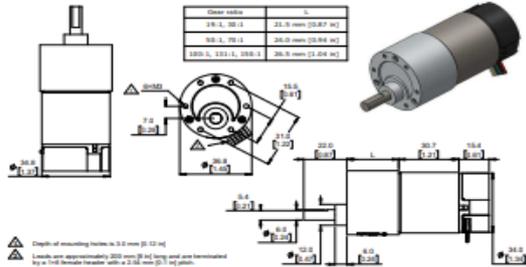
Gearmotor versions without encoders (Items #1102-1107, 2820, 4741-4746)

weight: 165 g to 195 g



Gearmotor versions with encoders (Items #2822-2826, 4751-4756)

weight: 200 g to 210 g



September 2019 - Rev 1.1

© Pololu Corporation | www.pololu.com | 520 Pilot Rd., Las Vegas, NV 89119, USA

37D Metal Gearmotors



Pololu 37D Metal Gearmotors are powerful brushed DC motors paired with 37mm-diameter gearboxes, and they are available with or without an integrated 64 CPR quadrature encoder on the motor shaft. The motors are intended for operation at 12 V, though in general, this kind of motor can run at voltages above and below the nominal voltage, and they can begin rotating at voltages as low as 1 V. Please note that higher voltages could start negatively affecting the lifetime of the motor. We characterized each version at 12 V and also at 6 V, and this datasheet includes performance graphs at both of these voltages.

The gearmotors are available in a variety of different gear ratios, offering many different combinations of speed and torque. The original versions of these gearmotors, denoted by "Spur Pinion" in the product names, had gearboxes with all spur gears. In August 2019, these were replaced by functionally identical "Helical Pinion" versions that feature helical gears for the first stage of the gearbox, which reduces noise and vibration and improves efficiency. The picture on the right shows the helical pinion gear and first mating gear.



Performance summary and table of contents

Rated Voltage	Pololu Item #	Gear Ratio	No Load		At Maximum Efficiency				Max Power		Graph Page
			Speed	Current	Speed	Torque	Current	Output	Power	Output	
			rpm	A	rpm	kg·cm	A	W	kg·cm	A	
12 V	2821, 4750	1	10,000								
	1102, 2822, 4741, 4747	18:1	540		470	10	0.79	6.8	12	85	5, 6
	1103, 2823, 4742, 4748	30:1	300		280	16	0.78	6.7	12	160	7, 8
	1104, 2824, 4743, 4749	50:1	200	0.18	180	22	0.68	4.5	10	210	9, 10
	1105, 2825, 4744, 4750	75:1	150		130	32	0.68	4.2	10	270	11, 12
	1106, 2826, 4745, 4751	100:1	100		87	42	0.72	3.8	8	360	13, 14
	1107, 2827, 4746, 4752	150:1	70		66	60	0.74	4.1	6	480	15, 16
	1108, 2828, 4747, 4753	225:1	50		58	80	0.72	3.8	6	480	17, 18

Notes:
 1) Max efficiency data and performance graphs currently available for the motor without gearbox (Items #2821 and #4750).
 2) Listed stall torque and currents are theoretical extrapolations; units will typically stall well before these points as the motor heat up. Stalling or overloading gearmotors can greatly decrease their lifetime and even result in immediate damage. The recommended upper limit for continuously applied loads is 100 kg·cm, and the recommended upper limit for instantaneous torque is 200 kg·cm. Stalls can also result in rapid (potentially on the order of seconds) thermal damage to the motor windings and brushes; a general recommendation for brushed-DC motor operation is 20% or less of the stall current.

Electrical specifications

VNH2SP30-E

Table 8. PWM

Symbol	Parameter	Test conditions	Min	Typ	Max	Unit
V_{low}	PWM low level voltage				1.25	V
I_{low}	PWM pin current	$V_{low} = 1.25V$	1			μA
V_{high}	PWM high level voltage		3.25			V
I_{high}	PWM pin current	$V_{high} = 3.25V$		0.5	10	μA
$V_{hysteresis}$	PWM hysteresis voltage					V
V_{clamp}	PWM clamp voltage	$I_{low} = 1mA$ $I_{high} = -1mA$	$V_{CC} + 0.3$ -6.0	$V_{CC} + 0.7$ -4.5	$V_{CC} + 1.0$ -3.0	V
C_{pin}	PWM pin input capacitance	$V_{low} = 2.5V$			25	μF

Table 9. Switching ($V_{CC} = 13V, R_{load} = 0.87\Omega$, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test conditions	Min	Typ	Max	Unit
f	PWM frequency		0		20	kHz
t_{on}	Turn-on delay time	Input rise time < 1 μs (see Figure 8)			250	
t_{off}	Turn-off delay time	Input rise time < 1 μs (see Figure 8)			250	
t_r	Rise time	(see Figure 5)		1	1.6	μs
t_f	Fall time	(see Figure 5)		1.2	2.4	
t_{dL}	Delay time during change of operating mode	(see Figure 4)	300	600	1800	
t_{re}	High side free wheeling diode reverse recovery time	(see Figure 7)		110		ns
$t_{pwm}(1)$	PWM minimum off time	$9V < V_{CC} < 16V, T_c = 25^\circ C$; $L = 250\mu H, I_{OUT} = 15A$			6	μs

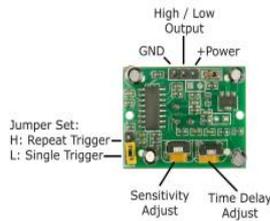
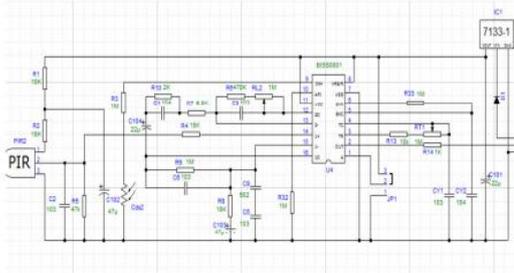
1. To avoid false Short to Battery detection during PWM operation, the PWM signal must be low for a time longer than t_{pwm} .

Table 10. Protection and diagnostic

Symbol	Parameter	Test conditions	Min	Typ	Max	Unit
V_{UD}	Undervoltage shut-down				5.5	V
	Undervoltage reset			4.7		
V_{OV}	Overvoltage shut-down		16	19	22	V
I_{LM}	High side current limitation		30	50	70	A
V_{CLP}	Total clamp voltage (V_{CC} to GND)	$I_{CLP} = 15A$	43	48	54	V
T_{SD}	Thermal shut-down temperature	$V_{in} = 3.25V$	150	175	200	$^\circ C$
T_{RN}	Thermal reset temperature		135			
T_{HYS}	Thermal hysteresis		7	15		$^\circ C$

DATASHEET – SENSOR PIR

HC-SR501 PIR MOTION DETECTOR



- Sensor module with dual probe, the probe window is rectangular, dual (A/B) in both ends of the longitudinal direction.
- In order the human body from left to right or right to left through the infrared spectrum to reach about from distance difference, the greater the difference, the more sensitive the sensor.
- When the human body from the front to the probe or from top to bottom or from bottom to top on the direction indicated, double detects changes in the distance of these three infrared spectrum, the difference value the sensor measurement is about four times.
- The dual direction of sensor should be installed parallel as far as possible to reduce with human movement. In order to increase the sensor angle range, the module using a circular lens also makes the probe measurement reduction, but the left and right sides will up and down in both directions sensing range, sensitivity, etc need to try to install the sensor requirements.

- 1 working voltage range :DC 4.5-20V
- 2 Quiescent Current :50uA
- 3 high output level 3.3 V / Low 0V
4. Trigger L trigger can not be repeated / H repeated trigger
5. circuit board dimensions 32 * 24 mm
6. maximum 110 ° angle sensor
- 7.7 m maximum sensing distance

Product Type	HC-SR501 Body Sensor Module
Operating Voltage Range	5-20VDC
Quiescent Current	<50uA
Level output	High 3.3 V / Low 0V
Trigger	L can not be repeated trigger/H can be repeated trigger(Default repeated trigger)
Delay time	5-300s (adjustable) Range (approximately 35s -58s)
Block time	2.5S(default)Can be made a range(0.1s to tens of seconds)
Board Dimensions	32mm*24mm
Angle Sensor	<110 ° cone angle
Operation Temp.	-15~+70 degrees
Lens size sensor	Diameter 23mm(Default)

Application scope

- Security products
- Body induction toys
- Body induction lamps
- Industrial automation control etc

Pyroelectric infrared switch is a passive infrared switch which consists of BISS0001 pyroelectric infrared sensors and a few external components. It can be open all kinds of equipments, including incandescent lamp, fluorescent lamp, intercom, automatic electric fan, dryer and automatic washing machine, etc. It is widely used in enterprises, hotels, stores, and corridor and other sensitive area for automatic lamp/lighting and alarm system.

Instructions

Induction module needs a minute or so to initialize. During initializing time, it will output 0-3 times. One minute later it comes into standby. Keep the surface of the lens from close lighting source and wind, which will introduce interference. Induction module has double-probe whose window is rectangle. The two sub-probe (A and B) is located at the two ends of rectangle. When human body is to right, or from right to left, Time for IR to reach to reach the two sub-probes differs. The larger the time difference is, the more sensitive this module is. When body moves face-to probe, or up to down, or down to up, there is no time difference. So install the module in the direction in which most activities behaves, to guarantee the induction of human by dual sub-probes. In order to increase the induction range, this module uses round lens which is from all direction. However, induction from right or left is more sensitivity than from up or down.

VNH2SP30-E

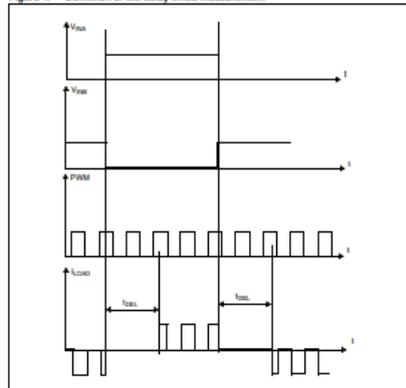
Electrical specifications

Table 11. Current sense (9V < V_{CC} < 16V)

Symbol	Parameter	Test conditions	Min	Typ	Max	Unit
R ₁	I _{OUT} ¹ /I _{SENSE}	I _{OUT} = 30A, R _{SENSE} = 1.5mΩ, V _I = -40 to 150°C	9955	11370	13075	
K ₂	I _{OUT} ² /I _{SENSE}	I _{OUT} = 5A, R _{SENSE} = 1.5mΩ, V _I = -40 to 150°C	9055	11370	13644	
dK ₁ / K ₁ (%)	Analog sense current drift	I _{OUT} = 30A, R _{SENSE} = 1.5mΩ, V _I = -40 to 150°C	-8		+8	%
dK ₂ / K ₂ (%)	Analog sense current drift	I _{OUT} = 5A, R _{SENSE} = 1.5mΩ, V _I = -40 to 150°C	-10		+10	%
I _{SENSE0}	Analog sense leakage current	I _{OUT} = 0A, V _{SENSE} = 0V, V _I = -40 to 150°C	0		65	μA

1. Analog sense current drift is deviation of factor K for a given device over (-40°C to 150°C and 9V < V_{CC} < 16V) with respect to its value measured at T₁ = 25°C, V_{CC} = 13V.

Figure 4. Definition of the delay times measurement



VNH2SP30-E

Electrical specifications

2.2 Electrical characteristics

V_{CC} = 9V up to 16 V, -40°C < T_J < 150°C, unless otherwise specified.

Table 6. Power section

Symbol	Parameter	Test conditions	Min	Typ	Max	Unit
V _{CC}	Operating supply voltage	Off state with all Fault Cleared & ENx=0	5.5		16	V
I _S	Supply current	I _{NL} = I _{NH} = PWM = 0; T _J = 25°C, V _{CC} = 13V	12	30	60	μA
		Off state: I _{NL} = I _{NH} = PWM = 0	2		10	mA
P _{OHHS}	Static high side resistance	I _{OUT} = 15A, T _J = 25°C		14		mΩ
		I _{OUT} = 15A, T _J = -40 to 150°C		28		
P _{OHLS}	Static low side resistance	I _{OUT} = 15A, T _J = 25°C		5		
		I _{OUT} = 15A, T _J = -40 to 150°C		10		
V _I	High side free-wheeling diode forward voltage	I _F = 15A	0.8	1.1	V	
I _{OHHS}	High side off state output current (per channel)	T _J = 25°C, V _{OUTX} = EN _X = 0V, V _{CC} = 13V		3		μA
		T _J = 125°C, V _{OUTX} = EN _X = 0V, V _{CC} = 13V		5		
I _{OH}	Dynamic cross-conduction current	I _{OUT} = 15A (see Figure 7)		0.7		A

Table 7. Logic inputs (I_{NL}, EN_A, EN_B)

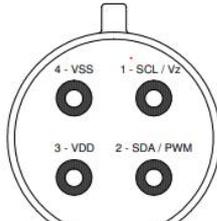
Symbol	Parameter	Test conditions	Min	Typ	Max	Unit
V _{IL}	Input low level voltage			1.25		
V _{IH}	Input high level voltage	Normal operation (DIAG ₀ /EN _X pin acts as an input pin)	3.25			
V _{HYST}	Input hysteresis voltage		0.5			V
V _{ICL}	Input clamp voltage	I _{IN} = 1mA	5.5	6.3	7.5	
I _{NL}	Input low current	V _{IN} = 1.25V	1			μA
I _{NH}	Input high current	V _{IN} = 3.25V		10		
V _{OHSD}	Enable output low level voltage	Fault operation (DIAG ₀ /EN _X pin acts as an output pin); I _{EN} = 1mA		0.4		V

DATASHEET – SENSOR DE TEMPERATURA



MLX90614 family Single and Dual Zone Infra Red Thermometer in TO-39

6 Pin definitions and descriptions



Bottom view
Figure 2: Pin description

Pin Name	Function
SCL / Vz	Serial clock input for 2-wire communications protocol. 5.7V zener is available at this pin for connection of external bipolar transistor to MLX90614xxx to supply the device from external 8...16V source.
SDA / PWM	Digital input / output. In normal mode the measured object temperature is available at this pin Pulse Width Modulated. In SMBus compatible mode the pin is automatically configured as open drain NMOS.
VDD	External supply voltage.
VSS	Ground. The metal can is also connected to this pin.

Table 2: Pin description MLX90614

Note: for +12V (+8...+16V) powered operation refer to the Application information section. For EMC and isothermal conditions reasons it is highly recommended not to use any electrical connection to the metal can except by the VSS pin.
With the SCL / Vz and PWM / SDA pins operated in 2-wire interface mode, the input Schmitt trigger function is automatically enabled.



MLX90614 family Single and Dual Zone Infra Red Thermometer in TO-39

Features and Benefits

- Small size, low cost
- Easy to integrate
- Factory calibrated in wide temperature range: -40...+125°C for sensor temperature and -70...+380°C for object temperature.
- High accuracy of 0.5°C over wide temperature range (0...+50°C for both Ta and To)
- High (medical) accuracy calibration
- Measurement resolution of 0.02°C
- Single and dual zone versions
- SMBus compatible digital interface
- Customizable PWM output for continuous reading
- Available in 3V and 5V versions
- Simple adaptation for 8...16V applications
- Sleep mode for reduced power consumption
- Different package options for applications and measurements versatility
- Automotive grade

Applications Examples

- High precision non-contact temperature measurements
- Thermal Comfort sensor for Mobile Air Conditioning control system
- Temperature sensing element for residential, commercial and industrial building air conditioning
- Windshield defogging
- Automotive blind angle detection
- Industrial temperature control of moving parts
- Temperature control in printers and copiers
- Home appliances with temperature control
- Healthcare
- Livestock monitoring
- Movement detection
- Multiple zone temperature control – up to 127 sensors can be read via common 2-wires
- Thermal relay / alert
- Body temperature measurement

Ordering information

Part No.	Temperature Code	Package Code	- Option Code	Standard part	Packing form
MLX90614	E (-40°C...85°C) K (-40°C...125°C)	SF (TO-39)	(1) (2) (3)	-000	-TU

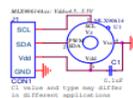
(1) Supply Voltage/Accuracy:
A - 3V
B - 3V
C - Reserved
D - 3V medical accuracy

(2) Number of Thermopiles:
A - single zone
B - dual zone
C - 35° FOV
D/E - Reserved
F - 10° FOV
G - Reserved
H - 12° FOV (refractive lens)
I - 5° FOV

(3) Package options:
A - Standard package
B - Reserved
C - 35° FOV
D/E - Reserved
F - 10° FOV
G - Reserved
H - 12° FOV (refractive lens)
I - 5° FOV

Example: MLX90614ESF-BAA-000-TU * : See page 2

1 Functional diagram



MLX90614 connection to SMBus

Figure 1: Typical application schematics

2 General Description

The MLX90614 is an Infra Red thermometer for non contact temperature measurements. Both the IR sensitive thermopile detector chip and the signal conditioning ASSP are integrated in the same TO-39 can.

Thanks to its low noise amplifier, 17-bit ADC, and powerful DSP unit, a high accuracy and resolution of the thermometer is achieved.

The thermometer comes factory calibrated with a digital PWM and SMBus (System Management Bus) output.

As a standard, the 10-bit PWM is configured to continuously transmit the measured temperature in range of -20...120°C, with an output resolution of 0.14°C. The factory default POR setting is SMBus.



MLX90614 family Single and Dual Zone Infra Red Thermometer in TO-39

4 Glossary of Terms

PTAT	Proportional To Absolute Temperature sensor (package temperature)
POR	Power On Reset
HFO	High Frequency Oscillator (RC type)
DSP	Digital Signal Processing
FIR	Finite Impulse Response, Digital filter
IIR	Infinite Impulse Response, Digital filter
IR	Infrared
PWM	Pulse Width Modulation
DC	Duty Cycle (of the PWM) ; Direct Current (for settled conditions specifications)
FOV	Field Of View
SDA/SCL	Serial Data, Serial Clock – SMBus compatible communication pins
Ta	Ambient Temperature measured from the chip – (the package temperature)
To	Object Temperature, seen from IR sensor
ESD	Electro-Static Discharge
EMC	Electro-Magnetic Compatibility
ASSP	Application Specific Standard Product
TBD	To Be Defined

Note: sometimes the MLX90614xxx is referred as 'the module'.

5 Maximum ratings

Parameter	MLX90614ESF-Axx	MLX90614ESF-Bxx MLX90614ESF-Dxx	MLX90614KSP-Axx
Supply Voltage, V _{DD} (over voltage)	7V	5V	7V
Supply Voltage, V _{DD} (operating)	5.5 V	3.6V	5.5V
Reverse Voltage	0.4 V		
Operating Temperature Range, T _a	-40...+85°C		-40...+125°C
Storage Temperature Range, T _s	-40...+125°C		-40...+125°C
ESD Sensitivity (AEC Q100 002)	2kV		
DC current into SCL / Vz (Vz mode)	2 mA		
DC sink current, SDA / PWM pin	25 mA		
DC source current, SDA / PWM pin	25 mA		
DC clamp current, SDA / PWM pin	25 mA		
DC clamp current, SCL pin	25 mA		

Table 1: Absolute maximum ratings for MLX90614

Exceeding the absolute maximum ratings may cause permanent damage.
Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.



MLX90614 family Single and Dual Zone Infra Red Thermometer in TO-39

7 Electrical Specifications

7.1 MLX90614Axx

All parameters are valid for T_a = 25 °C, V_{DD} = 5V (unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
Supplies						
External supply	V _{DD}	No load	4.5	5	5.5	V
Supply current	I _{DD}	No load, erase/write EEPROM operations		1.5	2.5	mA
Zero voltage	Vz	Iz = 75...1000µA (Ta=room)	5.5	5.7	5.9	V
Zero voltage	Vz(Ta)	Iz = 75...1000µA, full temperature range	5.15	5.7	6.24	V
Power On Reset						
POR level	V _{DD,up}	Power-up (full temp range)	1.4	1.75	1.95	V
POR level	V _{DD,down}	Power-down (full temp range)	1.3	1.7	1.9	V
POR hysteresis	V _{DD,up}	Full temp range	0.08	0.1	1.15	V
V _{DD} rise time (10% to 90% of specified supply voltage)	T _{TRK}	Ensure POR signal			20	ms
Output valid (read in RAM)	T _{valid}	After POR		0.25		s
Pulse width modulation						
PWM resolution	PWM _{res}	Data band		10		bit
PWM output period	PWM _{per}	Factory default, internal oscillator factory calibrated		1.024		ms
PWM period stability	dPWM _r	Internal oscillator factory calibrated, over the entire operation range and supply voltage	-10		+10	%
Output high Level	PWM _{OH}	I _{DD,OH} = 2 mA		V _{DD} -0.2		V
Output low Level	PWM _{OL}	I _{DD,OL} = 2 mA			V _{DD} +0.2	V
Output drive current	I _{DDrive}	V _{out,H} = V _{DD} - 0.8V		7		mA
Output sink current	I _{SHK_{max}}	V _{out,L} = 0.8V		13.5		mA

Continued on next page



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 11 / 03 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: CINTHIA ALEXANDRA CÁRDENAS ORELLANA WILMER STALIN SALÁN PUNINA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Título a optar: INGENIERA/O EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

0086-DBRA-UPT-2022