



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO DE UN ROBOT GENERADOR DE OZONO CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL A

CONTROL REMOTO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

CARLOS MARTIN MEZÉN PÉREZ Y JOSUÉ ARTURO HENRÍQUEZ ROMERO

ASESOR: ING. JOSÉ LUIS ORDOÑEZ ÁVILA

CAMPUS: SAN PEDRO SULA

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis primeramente a Dios por haberme dado la salud, fuerza y conocimiento para llegar hasta aquí el día de hoy.

A mis padres por haberme apoyado en el camino de la vida y haberme brindado todas las herramientas necesarias para poder cumplir siempre mis metas y triunfar en la vida. A mi hermano por brindarme motivación e inspiración para superarme cada día como ingeniero y ser siempre perseverante en mis estudios.

A mis compañeros y amigos quienes sin esperar nada a cambio me dieron conocimiento, alegrías y muchos momentos que recordar en la universidad, y siempre creyeron en mí.

A mi padre Carlos Mezén y mi madre Dilia Pérez por confiar en mis capacidades en todo momento.

A mis hermanos por estar siempre cuando los he necesitado.

Gracias a todos.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar al Ing. José Luis Ordoñez Ávila por brindarnos su tutela, guiarnos y asesorarnos durante tres meses, apoyándonos siempre en el desarrollo de este trabajo.

Agradecemos a la universidad y docentes por apoyarnos siempre en el largo camino que fue nuestra carrera y brindarnos su conocimiento.

EPÍGRAFE

"Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa."

-Mahatma Gandhi

RESUMEN EJECUTIVO

En la presente investigación se presenta el diseño y fabricación de un robot generador de ozono controlado remotamente con una cámara de visión con inteligencia artificial. Se desarrolló una red neuronal y se entrenó de dicha red para la detección de objetos y rostros mediante Tensorflow y Haarcascade. Este proyecto fue diseñado para combatir agentes patógenos en ambientes altamente peligrosos de manera remota para proteger a las personas de posibles contagios. Este prototipo está diseñado para poder generar ozono en el área a ser utilizado y poder controlar tanto su producción como su movimiento desde un ordenador mediante una red LAN a través de una computadora usando un escritorio remoto. El uso de un robot teleoperado disminuye el factor de riesgo de contaminación en seres humanos al aislarse de la zona infectada. Para el desarrollo de este prototipo se tomaron en cuenta las diferentes variables que podrían influir en el funcionamiento del robot como ser operado en una habitación completamente aislada, así como la eficacia del ozono en la eliminación de virus y bacterias.

Palabras claves— Ozono, robótica, inteligencia artificial, visión, desinfección.

ABSTRACT

This work presents the design and manufacture of a remote-controlled ozone generator robot with an artificial intelligence vision camera. A neural network was developed, and this network was trained to detect objects and faces using TensorFlow and Haarcascade. This project was designed to remotely combat highly dangerous pathogens in environments to protect people from possible infections. This prototype is designed to be able to generate ozone in the area to be used and to be able to control both its production and its movement from a computer through a LAN network through a computer using a remote desktop. The use of a remote-controlled robot reduces the risk factor for contamination in humans by isolating itself from the infected area. For the development of this prototype, the different variables that could influence the operation of the robot were considered, such as operating in a completely isolated room, as well as the effectiveness of ozone in the elimination of pathogens.

Keywords— Ozone; robotics; artificial intelligence; vision; disinfection.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1 Procedente del problema.	3
2.2 Definición del problema.	3
2.3 Justificación.	4
2.4 Preguntas de Investigación.	4
2.5 Objetivos	5
2.5.1 Objetivo General.	5
2.5.2 Objetivos Específicos.	5
III. MARCO TEÓRICO	6
3.1 El ozono como desinfectante en el tratamiento del aire y agua.	6
3.1.1 Casos de estudio con el ozono	10
3.1.2 Producción de Ozono	14
3.1.3 Diseños y Análisis Generador de Ozono	19
3.2 Entorno de la Inteligencia Artificial	22
3.2.1 ¿Cómo trabaja la Inteligencia Artificial?	27
3.2.2 Lenguajes de programación IA y librerías	35
3.2.3 Detección facial y objetos	40
3.3 Robótica	43
3.3.1 Estructura mecánica	44
3.3.2 Diseño de Robots móviles autónomos	52
3.3.3 Robots Tele operados	53
3.3.4 Sensores y Actuadores	54
3.3.5 Interfaz y Comunicación inalámbrica	61
IV. Metodología	63
4.1 Enfoque	63
4.2 Variable de Investigación	65
4.3 Técnicas e Instrumentos Aplicados	65
4.4 Materiales	66
4.5 Metodología de Estudio	69
Etapa inicial. Requisitos del sistema	69
Etapa 1 Nivel de Sistemas.	70

Etapa 2 Nivel de los Subsistemas.	70
Etapa 3 Realización de las Partes.	73
Etapa 4 Integración de las Partes.	74
Etapa 5 Integración de los Subsistemas.	75
4.6 Metodología de Validación.....	77
4.7 Cronograma de Actividades	78
V. Análisis y Resultados	79
5.1 Análisis y sustento del Marco Teórico	79
5.2 Generación de Ozono	80
5.2.1 Transformador y reactor del generador de Ozono	80
5.2.2 Monitorización de Ozono con sensor MQ131	82
5.2.3 Lectura de datos sensor MQ131.....	84
5.2.4 Desinfección del ambiente y el agua con el ozono	90
5.2.5 Prueba Ozono en el agua.....	91
5.3 Desarrollo Entorno de Inteligencia Artificial	94
5.3.2 Detección de rostros	95
5.3.3 Detección de Objetos	99
5.3.4 Monitorización Procesador Central.....	103
5.4 Diseño de la estructura	104
5.4.1 Diseño de las llantas	105
5.4.2 Chasis	105
5.5 Simulaciones	109
5.6 Sistema de control	112
5.7 Sistema de movimiento	114
5.7.1 Sistema eléctrico	116
5.8 Resultados	119
5.9 Discusión	120
VI. Conclusiones	123
VII. Recomendaciones	124
Referencias	125
Anexos	138

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mecanismo del ozono en la prevención de la unión de residuos de proteína S-spike al receptor ACE 2	10
Ilustración 2. Curva de Supervivencia Kaplan-Meier	13
Ilustración 3. Sección de un reactor DBD.....	16
Ilustración 4. Esquema de Ozonizador basado en descarga de corona eléctrica.....	16
Ilustración 5. Superficie de reactor Descarga de Barrera Dieléctrica (DBD).....	18
Ilustración 6. Diagrama esquemático que describe la desinfección de una mascarilla contaminada por coronavirus utilizando ozono por el método DBD.....	18
Ilustración 7. Configuraciones básicas DBD.....	22
Ilustración 8. Ecosistema de la IA	28
Ilustración 9 Procedimientos Generales de aplicación basadas en IA y no IA que ayudan a los médicos a identificar síntomas de COVID-19.....	35
Ilustración 10 Una descripción general de cómo se pueden probar los modelos de aprendizaje profundo para obtener información sobre la incertidumbre, la atribución y los prototipos.....	41
Ilustración 11 implementación de características tipo haar	42
Ilustración 12 Enfoque de Google DistBelief para la formación de deep learning.....	43
Ilustración 13 Diseño de un modelo 3D en solidworks.....	46
Ilustración 14 Esquemas comparativos de modelado de deposición fundida	47
Ilustración 15 Campo de calor del proceso de soldadura.....	50
Ilustración 16 Estructura del rotor de un motor sin escobillas.....	56
Ilustración 17 Diagrama de bloques de motor de corriente continua alimentado por salida del convertidor.....	58
Ilustración 18 Modelo funcional genérico de interfaces cerebro-computador.....	61
Ilustración 19. Niveles de los Sistemas y Subsistemas para el generador de Ozono con IA.....	69
Ilustración 20: Algoritmo de funcionamiento del generador de ozono.....	72

Ilustración 21: Algoritmo de funcionamiento del sensor de ozono.....	73
Ilustración 22 Fuente y diagrama eléctrico generador de ozono.....	80
Ilustración 23 Transformador de potencia	81
Ilustración 24 Reactor y bomba de aire conectados al transformador.....	82
Ilustración 25 Sensibilidad del sensor MQ131	83
Ilustración 26 Influencia de la temperatura y humedad del sensor MQ131.....	84
Ilustración 17 Ilustración 8 Flujograma lectura sensor MQ131.....	84
Ilustración 28 Interfaz de monitorización del sensor MQ131.....	85
Ilustración 29 Gráfica de monitorización del sensor MQ131.....	86
Ilustración 30 Parámetros que miden las tiras reactivas.....	90
Ilustración 31 Tira reactiva antes de ser introducida al agua.....	91
Ilustración 32 Tira reactiva insertada en el agua midiendo el pH.....	91
Ilustración 33 Resultado del pH en el agua sin insertar el ozono.....	92
Ilustración 34 Agua ozonizada con su tira de pH nueva.....	92
Ilustración 35 Resultado Tira reactiva después de ser ozonizada.....	93
Ilustración 36 Gráfica Tira reactiva después de ser ozonizada.....	94
Ilustración 37 Entorno de Desarrollo Anaconda.....	95
Ilustración 38 Algoritmo detección de rostros y objetos	96
Ilustración 39 Instalación de librería opencv en Python.....	96
Ilustración 40 Archivos Haar para detección de rostros y cuerpos.....	97
Ilustración 41 Prueba detección de rostro.....	97
Ilustración 42 Detección de rostro con mayor distancia.....	98
Ilustración 43 Análisis Algoritmo de Viola & Jones puntos que detectan la estructura física de la cara.....	96
Ilustración 44 Prueba detección de objetos con tensorflow y yolov4.....	100
Ilustración 45 Comparación de YOLOv4 frente a otros algoritmos de última generación.....	101
Ilustración 46 Falla al detectar objetos.....	102
Ilustración 47 Monitorización y funcionamiento del procesamiento central.....	103

Ilustración 48 Modelo 3D del robot.....	104
Ilustración 49 Llantas terminadas del robot.....	105
Ilustración 50 Diseño interno del chasis.....	106
Ilustración 51 Caja para controladores de motor.....	106
Ilustración 52 Acople para batería de taladro.....	107
Ilustración 53 Diseño de la caja de microcontroladores.....	107
Ilustración 54 Caja para Cámara FPV.....	108
Ilustración 55 Tapadera terminada.....	109
Ilustración 56 Análisis de calentamiento de recámara del transmisor de video.....	110
Ilustración 57 transversal del contenedor del transmisor.....	111
Ilustración 58 Análisis de flujo de aire.....	111
Ilustración 59 Captura del VNC Server.....	112
Ilustración 60 Captura de pantalla de la Raspberry conectada a la computadora.....	113
Ilustración 61 Diagrama de conexión de motor con puente H de relevadores.....	113
Ilustración 62 Captura de configuración de control en la Raspberry	114
Ilustración 63 Algoritmo de control del robot.	115
Ilustración 64 Captura de la terminal de control de la Raspberry	117
Ilustración 65 baterías de gel de 12v.....	118
Ilustración 66 Robot terminado.....	115
Ilustración 67 Parte frontal del robot.....	119

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables de Investigación	63
Tabla 2 Materiales utilizados en el prototipo	66
Tabla 3 Interfaz de monitorización del sensor MQ131	86
Tabla 4 Tiempo Desintegración del ozono con el sensor MQ131.....	87
Tabla 5 Pruebas con el sensor de ozono MQ131.....	88
Tabla 6 Prueba 3 medición de ozono con el sensor MQ131.....	89
Tabla 7 Pruebas hechas con las tiras reactivas en determinados tiempos.....	93
Tabla 8 Costos del proyecto.....	121

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Mecanismo de Eley-Rideal para la absorción de componentes químicos en superficies.....	20
Ecuación 2. Coeficiente de velocidad	20
Ecuación 3.....	21
Ecuación 4.....	21
Ecuación 5.....	21
Ecuación 6. Coeficiente de velocidad para la última reacción (desorción).	21
Ecuación 7. Ecuación cinética para la concentración de ozono	21
Ecuación 8. Concentración de oxígeno atómico absorbido	21

I. INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación se distribuye en varias secciones que contribuirán en el desarrollo del proyecto, por lo tanto, se dará una breve introducción de lo que comprenderá cada uno de los capítulos:

Capitulo II. Dentro de este capítulo se plantea la problemática de la que tratara la investigación. La forma en que la Pandemia ha cambiado muchas cosas de la vida mantiene vigente las alarmas hoy en día y debido a eso la desinfección tanto del aire como el agua tiene relevancia en cualquier industria y comercio actual.

Capitulo III. El Marco teórico se recolecta información útil que ayuden a validar la investigación. Se tratarán los temas importantes como ser la generación de ozono, la inteligencia artificial y los tipos de robots a los que se les pueden aplicar las dos anteriores. En base a investigaciones que se han hecho alrededor del mundo se parte de ello y así lograr una ruta a seguir del prototipo, comprendiendo cada uno de estos sistemas se logra obtener una visión más clara en lo interno de la investigación.

Capitulo IV. En la Metodología se presenta la forma en que realizamos el proyecto, la integración de los distintos sistemas y subsistemas, así como diagramas que representen el funcionamiento de los componentes importantes de la investigación. Este capítulo es esencial para ver la composición del prototipo, las características y los problemas que pueden existir al integrar estos sistemas dentro de un robot y los materiales por la que está hecho el prototipo de investigación que se escogen por criterios en base a disponibilidad y presupuesto.

Capitulo V. Aquí se presenta el análisis y resultado que se obtienen a partir de la metodología. Se especifican las pruebas que se realizan en la investigación y se muestran los resultados que se obtienen del proceso que siguen la ruta establecida en la metodología. También se da una

pequeña discusión de lo que aporta los sistemas de este prototipo respecto a otras investigaciones y que ayude a encubrir más al robot propuesto para esta investigación.

Capitulo VI. En la parte final de documento se presentan las conclusiones del prototipo que se logró hacer en base a la ruta seguida por la metodología y se muestran los objetivos que se alcanzaron en la investigación.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Procedente del problema.

La nueva pandemia provocada por el coronavirus (COVID-19) ha iniciado un cambio radical en la vida diaria, desde el comercio más pequeño hasta las industrias más grandes, desde las escuelas más remotas hasta las universidades más prestigiosas, un hecho sin precedentes que nos afecta a todos sin distinción alguna. La Enfermedad por coronavirus (COVID-19) originada por el virus SARS-CoV-2, se manifestó en China en diciembre de 2019 y el 11 de marzo del 2020 fue reconocida por la Organización Mundial de la Salud como una pandemia de carácter global (Maroscia & Ruiz, 2020).

Este hecho inédito para muchas personas ha generado conflictos que nos llevan a replantear los hábitos en el trabajo, en la oficina, en la escuela, en la universidad, en el coche y en cualquier lugar que se esté haciendo los deberes. El marco post-2020 será el precedente para que los gobiernos nacionales conecten la acción económica con la necesidad clave de recuperación verde y resistente (Gassner et al., 2020).

El tratamiento del aire y del agua ha tomado mucha relevancia hoy en día y aunque ya se ha trabajado en ello durante décadas, la situación actual provoca que se le preste mayor atención a este tema debido a cada circunstancia que se presentan en la vida diaria.

2.2 Definición del problema.

Antes del COVID-19, los amigos podían reunirse en un café para ponerse al día; extraños pueden encontrarse en bares, pasar por las calles o en supermercados y los compañeros de trabajo se verían todos los días laborales e interactuarían de manera informal. En el trabajo se tenía la libertad de tocar superficies sabiendo que no había un agente patógeno que dañara el sistema. Desde que inicio la pandemia prácticamente todo cambio. Actualmente en muchos países los amigos programan reuniones a través de aplicaciones de videoconferencias, contacto con extraños es limitado y bastante temeroso, ya que el potencial de infección está en primer plano en la mente, y muchos compañeros de trabajo pueden solo interactuar a través de canales oficiales como el correo electrónico o las reuniones de videos programadas en lugar de pasar casualmente pasillo o conversando junto al proverbial enfriador de agua. En estos momentos

específicos de la historia, la confianza es vital, en el trabajo, en los hogares y en los espacios estar seguros de que se cuenta con un área limpia libre de microorganismos que pueda afectar es trascendental para la vida y de la familia (Fell, 2020). Comprender como confían o desconfían las personas es uno de los retos más grandes que tienen los gobiernos y las instituciones de salud para garantizar la seguridad ciudadana en todo el mundo especialmente en esta región.

2.3 Justificación.

Esta investigación se trata de crear confianza a la población, a través de estudios que demuestren que realmente se esté seguro no solo contra el COVID-19, sino frente a una sanidad ambiental libre de microorganismos dañinos para la salud. En este momento crucial en donde la confianza es fundamental y que la información dada por el gobierno, científicos e instituciones de salud se mezcla con una desinformación alta en las redes es vital lograr esa confianza que ayude a estar seguros en los trabajos y en los hogares (Fell, 2020).

Con las nuevas tecnologías capaces de adaptarse a las distintas situaciones que se presentan en el planeta, para estos momentos es de suma importancia integrarlo en el ámbito de sanidad ambiental.

Las tecnologías avanzadas han demostrado su capacidad para combatir el brote COVID-19 en el diagnóstico temprano, monitorear a los pacientes infectados y minimizar la interacción entre el personal y los pacientes infectados en los hospitales. Se han utilizado muchos robots para combatir el COVID-19 (robots autónomos, robots de telemedicina, robots colaborativos y robots móviles) para evitar la interacción entre los humanos, monitoreando. Para lograrlo se va a planear un sistema interno en un robot en el cual pueda generar ozono expandiéndolo por el lugar de preferencia donde se desee desinfectar a la vez de incorporar las nuevas tecnologías emergentes de IA para una mayor eficiencia interno y eterno del robot (Alsamhi et al., 2020).

2.4 Preguntas de Investigación.

- 1.) ¿Qué efectos tiene la oxidación del ozono en el agua para combatir agentes patógenos?
- 2.) ¿Qué tipos de estructuras robóticas son los más utilizados para la desinfección?
- 3.) ¿Qué recursos de inteligencia artificial son necesarias para detectar objetos y personas?

- 4.) ¿Qué opciones de control coexisten con la integración de Inteligencia Artificial en robots móviles?
- 5.) ¿Qué componentes son necesarios para la implementación de la inteligencia artificial para detectar objetos en una transmisión de video en vivo?
- 6.) ¿Qué motores presentan mejores ventajas para dar movilidad a este robot?

2.5 Objetivos

En esta sección se presentan los objetivos de la investigación.

2.5.1 Objetivo General.

- 1.) Diseño y fabricación de un robot desinfectante generador de ozono capaz de identificar personas y obstáculos.

2.5.2 Objetivos Específicos.

- 1.) Comparar las propiedades del ozono como agente oxidante.
- 2.) Diseñar un modelo CAD del prototipo de la estructura del robot generador de ozono.
- 3.) Aplicar distintos algoritmos de IA para la detección de objetos y rostros en el robot generador de ozono.
- 4.) Desarrollar un sistema de control capaz de enlazarse al robot de manera remota mediante el uso de una red Wifi.
- 5.) Seleccionar las herramientas y componentes de visión artificial adecuadas para la detección de objetos y personas.
- 6.) Determinar qué tipo de motores ofrecen mejores ventajas al prototipo de robot.

III. MARCO TEÓRICO

Para comprender cada uno de los sistemas de un prototipo es necesario entender su principio de funcionamiento de forma individual. Los modelos estructurales, el diseño y la fabricación de un robot con distintas características requiere de mucha parte investigativa e integrarlo con otros sistemas lo necesita aún más, por ello se manejará en este capítulo los conceptos fundamentales en las que se rige este proyecto de Investigación.

3.1 El ozono como desinfectante en el tratamiento del aire y agua.

(Astudillo et al., 2020) en su investigación menciona lo siguiente:

La contaminación del aire representa un gran problema para la salud humana, ya sea consciente o inconscientemente, siempre se está expuesto a diferentes tipos de agentes patógenos que provocan distintas enfermedades en los distintos sistemas de del cuerpo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) hay 4,2 millones de muertes por contaminación al aire libre, 3,8 millones de muertes por suciedad en las cocinas y combustibles por año y más del 91% de la población vive en lugares que exceden los límites permisibles por la OMS.

El ozono tiene muchas aplicaciones, es un gas que se tiene el concepto que existe solo en las capas de aire en la tierra, pero existen muchos métodos para crearlo aquí en la superficie, el ozono tiene un poderoso factor de estrés oxidativo, se ha utilizado últimamente en la industria del vino como un agente infectante debido a esas propiedades mencionadas anteriormente, es un gas que sirve para la esterilización de muchas sustancias como el agua o en muchos ambientes como el Aire. (Río Segade et al., 2017).

En las últimas dos décadas algunos gases contaminantes han disminuido su producción, sin embargo existe un aumento del número de muertes anuales por esta problemática y siguen en ascenso (Astudillo et al., 2020). Debido a estas situaciones muchas organizaciones muestran su preocupación por el uso de estos gases y es de vital importancia tener todas las normas establecidas por los entes reguladores para minimizar el impacto que los gases dañinos hacen en el ambiente (Astudillo et al., 2020).

El ozono es un gas compuesto por trioxígeno y es una molécula inestable debido a su estado mesoméricos. Tiene un olor característico de acre, es un gas incoloro-transparente, explosivo en forma líquida y sólida y con una vida media de 40 min a 20 ° C y alrededor de 140

min a 0 ° C. El Ozono se encuentra a menos de 20 µg / m³ en la superficie de la tierra y una de sus principales funciones es dar brindar protección contra la radiación ultravioleta proveniente de los rayos solares (Manjunath et al., 2021).

Resaltando datos realmente alarmantes, se suman otros casos que afecta directamente a la sanidad ambiental y es el COVID-19, a partir de aquí el ozono toma mucha relevancia a nivel mundial por sus propiedades oxidantes utilizándose de forma constante como desinfectante en espacios con lugares cerrados como ser hospitales, oficinas, cuartos, coches y en muchos lugares más, pero ¿Es realmente eficaz el ozono? ¿es toxico el ozono? ¿Qué organismos regulan el uso de este gas? Son muchas las preguntas que se hacen respecto El Ozono es un gas compuesto por 3 átomos de oxígeno (O₃) y se utiliza como una alternativa al cloro en muchas aplicaciones incluido en la purificación y descontaminación del agua y el aire(Choudhury et al., 2018).

A pesar de los distintos avances en las técnicas de desinfección del agua a lo largo de todos los años las enfermedades transmitidas por el agua se repiten constantemente. Durante 2011-2012 hubo 431 enfermedades incluidas 14 mortales relacionadas con el agua potable y 1,788 enfermedades relacionados con el agua recreativa. La cloración es el método de desinfección aceptada y usada para el tratamiento del agua, sin embargo, el cloro no es completamente eficaz contra algunos agentes patógenos incluidos Giardia. Además reacciona con materiales orgánicos que pueden formas células cancerígenas llamadas trihalometanos (TMH) (Astudillo et al., 2020).

Estas características hacen que el cloro sea menos deseable como un desinfectante. El ozono se utiliza en distintos ámbitos, en la industria alimentaria de muchos países han aprobado su utilización para la desinfección necesaria de sus productos. En 1997 el panel de expertos de los EE.UU confirmo que el ozono es una sustancia GRAS (Sustancias Generalmente Conocidas como Seguras), también considerada por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de Estados Unidos como un agente antimicrobiano en los alimentos (Río Segade et al., 2017). Según (Choudhury et al., 2018) menciona en su artículo que:

El ozono es una alternativa muy atractiva para la desinfección del aire y agua, tiene buenas propiedades termodinámicas con un excelente potencial oxidante, menor sensibilidad a la

materia orgánica y mayor tolerancia a las variaciones de PH mientras retiene una muy buena capacidad para matar virus, hongos, bacterias, así como esporas y quistes. Las creaciones de THM se reducen en un 98% con tratamiento por ozono en comparación con el de cloro. El ozono tiene otros beneficios adicionales como ser más eficiente que el cloro en la coagulación, un proceso que se utiliza mucho en la eliminación de la materia orgánica en el tratamiento del agua.

EL uso del ozono se extiende a un amplio rango de situaciones en donde se han realizados estudios para comprobar su eficacia contra los microorganismos. El Ozono en la medicina también ha sido aplicado en muchas circunstancias. Debido a las rendimiento del ozono, numerosas aplicaciones científicas y tecnológicas se ha implementado en desinfección de algunos productos, potentes propiedades germicidas y el mencionado potencial oxidante en aguas residuales y tratamiento de aguas (Mahmood Hamad Al-Shammari et al., 2019).

El Ozono altera todo tipo de proteínas virales, los lípidos, las lipoproteínas, las glicoproteínas o los glicolípidos, haciéndolos susceptibles a oxidarlos, este gas también elimina los peplómeros de la envoltura viral, que son esenciales para la unión del virus en la recepción del huésped. Los Coronavirus mantienen sobrantes de cisteína en su pico y envoltura (Manjunath et al., 2021).

El ozono también aumento lo que son los compuestos orgánicos volátiles totales (COV), y estos tienen un gran impacto en las propiedades organolépticas de las uvas y los vinos. Entre cada uno de los torpenos, que son responsables del aroma floral y afrutado, también el linalon, el geraniol, y el nerol fueron en gran medida los principales marcadores aromáticos de las uvas Moscato bianco y estas fueron afectadas significativamente por el largo de plazo con el tratamiento del ozono demostrando sus poderes oxidativos (Río Segade et al., 2017).

Todos los sobrantes de cisteína se encuentran estructurados por grupos sulfhidriilo, llamados grupos tiol (R-SH). Los grupos tiol en un estado pequeño en el virus juegan un papel primordial en la entrada viral y en la fusión de la membrana viral con su huésped. En consecuencia, cuando el ozono reacciona con estos grupos tiol / sulfhidriilo los oxida en sobrantes de ácido sulfónico (R – SO₃ – H) como se muestra en la Ilustración 1. El Ozono al alterar estos sobrantes

de cisteína hace más pequeño el crecimiento del virus 2 log más bajo que los virus de tipo salvaje. Por otro lado, los coronavirus tienen una cisteína dependiente llamada papaína (una enzima proteica dependiente de cisteína) que se oxida y se degrada a sulfonato / ácido sulfónico. Las proteínas de pico también tienen triptófano que puede ser degradado por el ozono. La incorporación del ozono al suero del cuerpo humano produce peróxidos de lípidos y proteínas que tienen efectos antivirales. El ozono también altera la envoltura y el genoma virales de manera suficientemente significativa, lo que resulta en virus disfuncionales. Cada uno de estos virus atenuados ayudan a evocar una respuesta de forma inmunológica a distintas cepas de un virus en particular que crea una autovacuna muy específica del huésped (Manjunath et al., 2021).

En el sector alimentario, estos metabolitos tienen muchos compuestos orgánicos volátiles (COV) están presentes en las bayas de uva y algunos de ellos juegan un papel primordial en la calidad aromática de los vinos, claro esto en el sector alimentario y en el estudio de las uvas, pero el ozono independientemente que se use en cualquier industria es importantísimo tener en cuenta que tipo de reacciones realiza en su aplicación y la forma correcta de aplicarlo ya que si no se siguen normas puede afectar grandemente al producto que se aplica (Río Segade et al., 2017).

Además de los distintos anticuerpos que se establecen en el organismo para responder a cualquier virus en sí mismo, produce muchas formas de ozono altamente activas. Por lo tanto, el insertar ozono mejora la respuesta antígeno-anticuerpo contra infecciones virales en el huésped, en eso se basa prácticamente por qué se utiliza en gran manera este gas y cómo se puede adecuarlo al ambiente. Sin embargo aún faltan muchas más pruebas debido a que el estudio de este gas sigue hoy en día y al no tener un análisis claro de una organización importante crea el debate de si utilizarlo o no (Manjunath et al., 2021).

Desde el punto de vista sensorial, un ejemplo con las uvas es el aroma que estos desprenden al momento de aplicar ozono, el ozono tiene un olor característico que lo hace diferenciar como un gas incoloro, además al aplicarlo a una determinada fruta desprende un olor diferente en el cual se sabe que fue sometido a un tratamiento con el gas ozono (Río Segade et al., 2017).

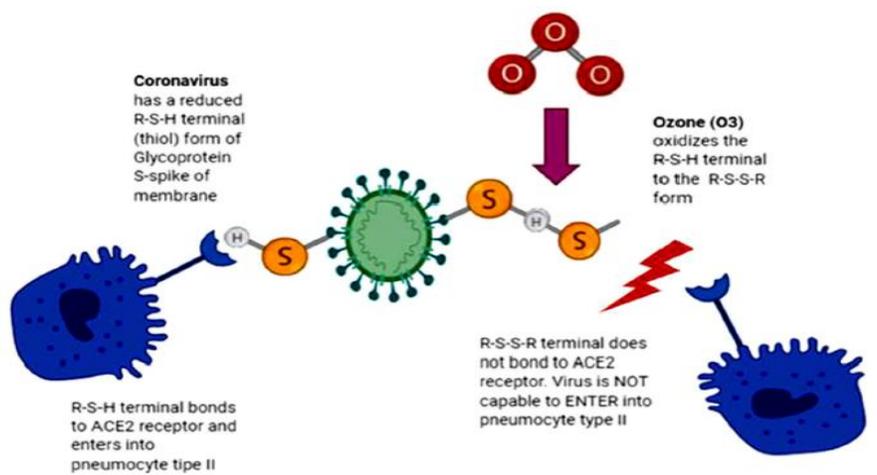


Ilustración 1. Mecanismo del ozono en la prevención de la unión de residuos de proteína S-spike al receptor ACE 2.

Fuente: (Manjunath et al., 2021).

3.1.1 Casos de estudio con el ozono

Existen muchos estudios con el ozono, donde gran cantidad lo respaldan como un agente descontaminante muy efectivo contra los agentes patógenos, pero existen otros que difieren de esta idea al considerar que no hay muchas pruebas que demuestren que es un descontaminante seguro y efectivo contra los microorganismos, en una breve explicación se detallará algunos estudios que se han hecho al ozono en diferentes circunstancias y que respaldan su uso contra todo tipo de bacteria, virus, hongos y cualquier agente patógeno dañino para la salud.

3.1.1.1 El ozono como agente descontaminante del virus.

En esta nueva década el uso del ozono se ha disparado, la comercialización y el desarrollo de máquinas de ozono se ha usado de manera notable en muchos países del mundo. Según (Manjunath et al., 2021) " El ozono no es tóxico cuando se administra concentraciones de 0.05 ppm durante un periodo continuo de 8 h".

El Ozono en concentraciones altas puede ser dañino para la salud humana, por ello es recomendable usar las normas establecidas por la OMS en el uso de gases expuestos al ser humano, igual existen otras normas en las que muchos países han establecido sus propias reglas del uso del ozono, anteriormente no era un tema que se veía seguido, pero debido a la

emergencia sanitaria cada vez se van actualizando para no caer en la desinformación y tener pruebas contundentes para usar este gas.

Hudson et al. (2009) han desarrollado un aparato portátil a base de gas ozono para descontaminar los edificios como las habitaciones de las instalaciones sanitarias, hoteles, etc. Utilizando las propiedades antivirales del ozono. Probaron contra 12 virus, que incluyen influenza, cepa H3N2, incluido el coronavirus de ratón (MCV) en células DBT, etc. Observaron que la concentración máxima del gas ozono de 20 a 25 ppm, se requería solo un periodo corto de humedad (Humedad relativa de >90%) para alcanzar la eficacia viral. Dentro de este experimento se enfatizó también que la naturaleza en donde se encontraban el inóculo no afectó. De forma curiosa, los materiales como algodón, plástico, acero inoxidable, vidrio y telas mostraron un nivel de inactivación igual. Además, también se demostró que distintas presencias como ser de sangre, tejidos, y cadáveres humanos no interfería en la desactivación del virus. Este estudio también demostró que cuando hacían fluir cantidades específicas de virus en 2 cámaras con o sin ozono, el 99% de los virus se inactivaron en la cámara rociada con gas ozono (Manjunath et al., 2021).

3.1.1.2 La ozonoterapia como tratamiento novedoso para las enfermedades virales "Convencionalmente Intratables"

El ozono se ha utilizado como pruebas en muchas enfermedades, por ejemplo, la saprolegniosis se han utilizado muchas pruebas para combatir a este agente patógeno pero los métodos que existen actualmente son obsoletos. Existen la malaquita y las formalinas que son fungicidas, pero una gran desventaja de estos es que dejaban residuos que eran peligrosos para el cuerpo humano y el ambiente. De aquí es que empiezan a usar el ozono debido a las propiedades que tiene y así con muchas demás enfermedades la ozonoterapia ha ganado terreno en el campo médico (Mahmood Hamad Al-Shammari et al., 2019).

Dentro del campo de la medicina son muchas las aplicaciones que se investigan y se usan.

(Manjunath et al., 2021) dentro de su investigación establece lo siguiente:

Rowen y Robins (2020) han propuesto el uso del ozono en el tratamiento del coronavirus en el contexto de que los coronavirus abundan en cisteína que no deben dañarse para

propiedades virales efectivas. Sin embargo, los grupos sulfhidrilo son susceptibles de oxidación y la terapia con el ozono puede aprovechar esta vulnerabilidad para desactivar el virus. Han destacado que la ozonoterapia ayuda al sistema inmune del cuerpo a desactivar los tioles en los tejidos y en la sangre al crear un entorno más oxidante. En particular la proteína de pico del coronavirus también es abundante en triptófano (Broer et al, 2016), que es vulnerable a la oxidación (Virender y Nigel 2010) junto a la cisteína.

Inclusive antes de que viniera la Pandemia el uso del ozono se había extendido a otros estudios en el que se comprobara su efectividad, con varias epidemias anteriores se intentaba demostrar la efectividad del ozono.

Dentro de esta investigación del uso del O_3 en la ozonoterapia, se ha mencionado como se usó este gas para tratar a los pacientes infectados con la epidemia del Ébola (que data de octubre del 2014), en donde se utilizó el gas oxígeno/ozono administrado directamente por vía intravenosa (DIV) utilizando O_3 en concentraciones de 55 mcg de ozono/cc en una cantidad de 20 cc y se lo administró a 5 pacientes a bordo en unos minutos y se encontró que los distintos pacientes sobrevivieron al virus. También dentro de esta investigación se mencionó que se requería un generador de ozono, que podían funcionar con distintas baterías de automóviles, oxígeno comprimido a grado médico, una jeringa (una aguja tipo mariposa para la técnica DIV) (Manjunath et al., 2021). Pero, en base a los estudios que se obtenían con este método, producía efectos secundarios, como opresión transitoria en el pecho, tos e irritación en las venas. Algo en pro de este método es que tenía un costo realmente bajo y generaba pocos residuos en comparación con la auto hemoterapia y podría aplicarse ampliamente en las epidemias.

3.1.1.3 Estudio de cohorte sobre la ozonoterapia para pacientes con neumonía por SARS-CoV-2

Hernández et al, (2020) han realizado un estudio de cohorte entre 18 pacientes confirmados por COVID-19 con una neumonía grave. La edad media de los pacientes fue de 68 años con una DE de 15 años y el 72,2% (n=13) eran varones. De 18 pacientes, la auto hemoterapia ozonizada se administró a 9 pacientes (50). En el estudio, observaron que, en comparación no ajustada, la auto hemoterapia requirió un tiempo significativamente menor para lograr la mejoría

clínica con una mayor proporción de pacientes, quienes lograron la mejoría clínica en 14 días. Del mismo modo, en los estudios ajustados al riesgo, se requirió un tiempo medio más corto para lograr la mejoría clínica. Por otro lado, todas las fortalezas claras que obtuvieron sobre sus estudios con los pacientes con COVID-19 del mundo real y el uso de modelos de regresión para el resultado de modelos clínicos primarios y análisis de ajuste de riesgos, es donde se encuentra más fundamentada que los nuevos datos denotan una mayor contribución eficaz de la auto hemoterapia ozonizada para el tratamiento de pacientes con COVID-19 Grave (Manjunath et al., 2021).

Este es un estudio importante porque aquí se ve aplicado el uso del ozono en una pandemia real y aunque todavía existe un debate muy activo en lo que respecta al uso de este gas en los estudios vistos hasta estos momentos muestran resultados positivos al usarlo.

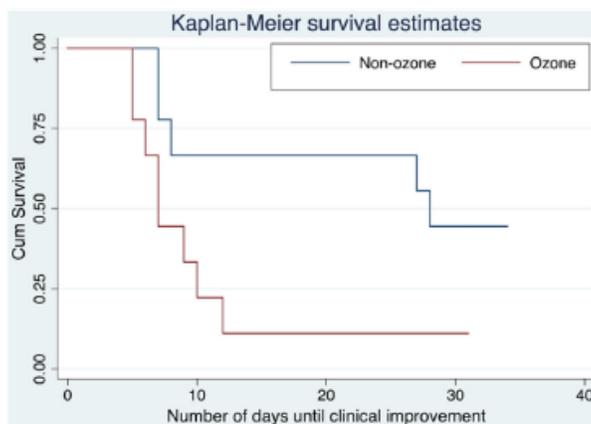


Ilustración 2. Curva de Supervivencia Kaplan-Meier en este estudio.

Fuente: (Manjunath et al., 2021).

3.1.1.4 Solución salina ozonizada intravenosa: una nueva terapia para COVID-19

Han surgido muchas terapias complementarias con ozono con el COVID-19, pero uno de los mecanismos reconocidos es mejorar toda la oxigenación de la sangre/tejido para así evitar múltiples fallas en órganos debido a la hipoxia). (Manjunath et al., 2021) afirma en este estudio "Thorp et al. (2020) han examinado el efecto de la solución salina ozonizada, que se administra por vía intravenosa, sobre la oxigenación en el cuerpo humano". Los resultados obtenidos demostraron que la solución salina ozonizada administrada por vía intravenosa mejoro sustancialmente la oxigenación de la sangre /tejido y así extendió más capacidad de las personas

para estar más tiempo en un ambiente hipóxico, aquí también se demuestra la importancia que tuvo el ozono en estudio y que acatan un punto a favor de utilizar el ozono y disminuir la mortandad por este virus. (Manjunath et al., 2021).

3.1.1.5 El ozono como terapia no farmacológica.

Son muchos los estudios nuevos que se hacen actualmente por el ozono, Wang y col. (2020) tienen un estudio que se propuso con técnicas no basadas en terapias farmacológicas que utilizan distintas fuentes como luz, térmicas y de fase gaseosa para combatir los coronavirus. Dentro de estas propuestas están: (i) Un nuevo ventilador basado en ozono térmico, (II) Una cabina de tratamiento basado en infrarrojo lejano, oxígeno térmico, aire térmico y micro ozono térmico y (III) tratamiento físico de plasma frío basado en el pulso de plasma para generar micro ozono que se inhalan para aniquilar al virus (Manjunath et al., 2021). Sin embargo, todos estos planes que se expusieron aún están en tratamiento de estado infantil y deben seguir estudiándose y probarse antes del uso humano. Se han destacado que, viendo una comparativa entre las terapias basadas en medicamentos, estas técnicas de carácter físico son muchas más seguras ya que no causarían efectos secundarios, no son complicados de usar y salen rentables (Manjunath et al., 2021).

En este estudio surge una pregunta interesante y que se mantiene durante esta pandemia ¿Es realmente seguro el ozono? Pues aquí se habla y aclara gran parte de ella.

Uno de los principales inconvenientes respecto al ozono y del por cual también está el debate si se debiese usarse o no como un agente infectante, esta con respecto a la hiperactividad e inflamación de las vías respiratorias, ya que el ozono no debe inhalarse. Este gas reacciona con los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) que se encuentran en los lípidos de la capa del revestimiento alveolar. Además el ozono en presencia de agua forma peróxido de hidrogeno y muchos aldehídos (Manjunath et al., 2021).

3.1.2 Producción de Ozono

Según (Fitria et al., 2019) "El Ozono se puede producir al exponer el gas de oxígeno diatómico normal a electrones energéticos, rayos X, rayos gamma nucleares, radiación de onda cortas (UV) y liberación de electricidad que pueden formar oxígeno triatómico".

Existen muchas formas de producir ozono, cada una con más ventajas que otras, pero dependiendo de la aplicación con la que se quiere producir ozono, hay unas más eficientes que otras tanto en la medicina como en la agricultura por ello es importante analizar las propiedades de cada una de ellas.

El Ozono se puede producir también mediante Descarga de Barrera Dieléctrica (DBD) que actualmente es uno de los métodos más comunes y conocidos que existen. Este método consta de 2 electrodos separados por una barrera dieléctrica y un diminutivo espacio entre ellas. Bajo presión atmosférica este es un muy buen sistema para producción de ozono y es uno de los más rentables eléctricamente. La configuración DBD fue propuesta por primera vez Siemens en 1987 para producir ozono. El sistema de producción y descomposición del ozono ocurren de forma simultánea, por lo que es necesario considerar el punto de reducir la cantidad de la descomposición del ozono a través del impacto de los electrones (Fitria et al., 2019).

La comunidad mundial científica, desde muchos años está interesada en tecnologías basadas en plasmas reactivos de desequilibrios generados por descargas eléctricas del aire a presión atmosférica (Kamel et al., 2018). En concreto estas tecnologías tienen varias ventajas en comparación con otros procesos de plasma a menor presión o tipo frío. También consumen menos energía eléctrica en comparación de un reactor de plasma térmico.

(Kamel et al., 2018) en su investigación establece:

Las plasmas fuera del equilibrio del aire ambiente pueden ser generados por descargas de corona y/o descargas en barreras dieléctricas (DBD). Estas descargas surgen de forma filamentosa como un árbol. Las Descargas tipo DBD plano a plano (cuyas distancias entre electrodos son separados a unos pocos milímetros como máximo) son eficaces. Las descargas de barreras dieléctricas son utilizadas durante más de un siglo, generalmente para producción de ozono. La investigación utilizada durante estos veinte años ha proporcionado una mejor comprensión de los principios físicos que gobiernan estos

procesos de plasma, así como cada uno de comportamientos observables con el fin de aplicarlos a las distintas áreas existentes.

Una de las formas más comunes por su eficiencia y por su alta generación de ozono se encuentran las DBD, son las más comunes de ver en el mercado y que tiene múltiples opciones de uso.

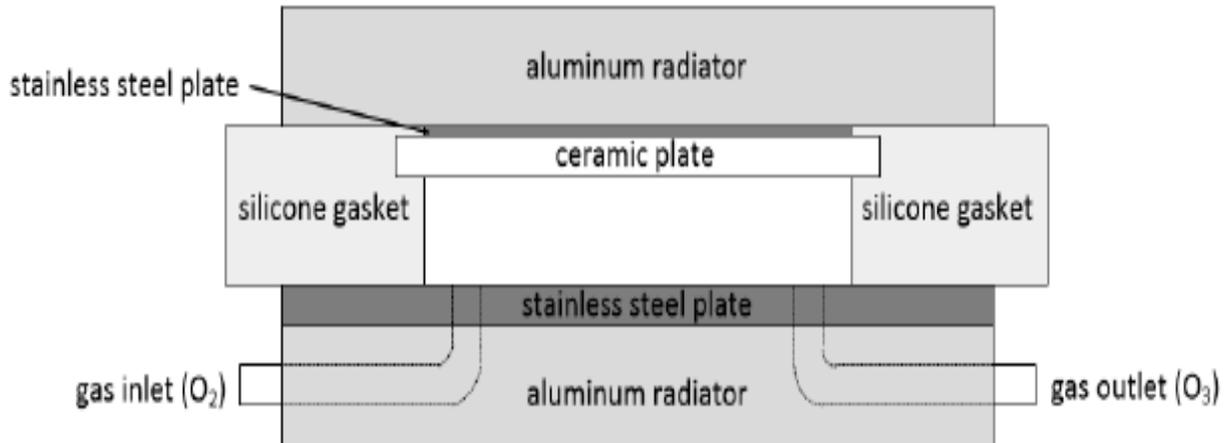


Ilustración 3. Sección de un reactor DBD

Fuente: (Kolek et al., 2017).

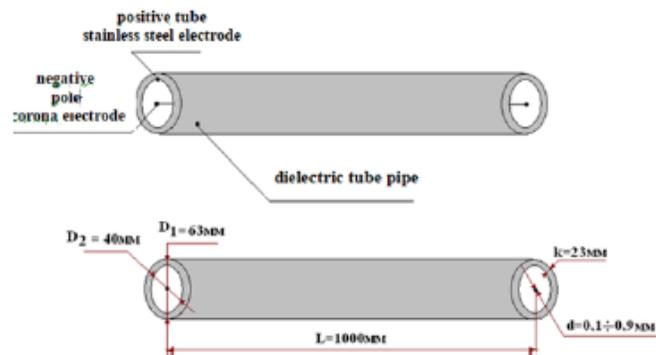


Ilustración 4. Esquema de Ozonizador basado en descarga de corona eléctrica.

Fuente: (Abdykadyrov et al., 2020).

Los reactores de corona que emplean el sistema DBD son los dispositivos más comunes para generar ozono que se encuentran disponibles. Sin embargo, una de las características de ellas es el alto consumo de energía eléctrica que conllevan, nivel bajo de producción de ozono y

equipos costosos y voluminosos. La generación de plasma produce moléculas de ozono ionizando oxígeno a través del gas circundante. En general, los dispositivos DBD permiten la generación de plasmas a baja temperatura en el aire con la generación significativa de ozono. El plasma DBD se genera cuando se produce una diferencia de potencial a través de 2 mallas o electrodos en lados opuestos y un material dieléctrico (aislante) de por medio. Esto conlleva a la formación de filamentos por medio de micro descargas e ionización del gas circundante. La generación de ozono es una de las características innatas de los dispositivos DBD cuando circula por el aire (Choudhury et al., 2018).

Sin embargo, para el uso de ozono al usar una barrera de Descarga Dieléctrica es fundamental tener los cuidados pertinentes ya que un mal manejo de la potencia de un transformador o de la fuente de voltaje puede provocar fallas a la estructura mecánica en el que este montado, por ello el uso del uso debe tener especial cuidado.

Hay varios informes dedicados a comprender la cinética de inactivación de microbios por medio de ozono y muchos de ellos utilizan *Staphylococcus aureus* y/o *Pseudomonas aeruginosa*. En 2009, Zuma et al. utilizo descarga de corona en una corriente de oxígeno para producir ozono y lo mezclo con agua utilizando un impactador que es una forma de hacerlo valida. La inactivación de *P. eruginosa* también fue investigada por Lezcano et al. y Pérez et al. Sin Embargo, los sistemas sobre la generación de ozono no se dieron en estos documentos. Sin Embargo no se pudo encontrar información suficiente sobre el requisito de información mínima para la inactivación microbiana y el consumo de energía relacionado al generador de ozono pero si se obtuvo una respuesta positiva al tratar con este virus (Choudhury et al., 2018) .

(Fitria et al., 2019) afirma "Los electrodos hexagonales de acero inoxidable y electrodos de aluminio, producen una alta concentración de ozono. Ambos tienen bordes afilados para una alta resistencia eléctrica en el espacio de descarga"

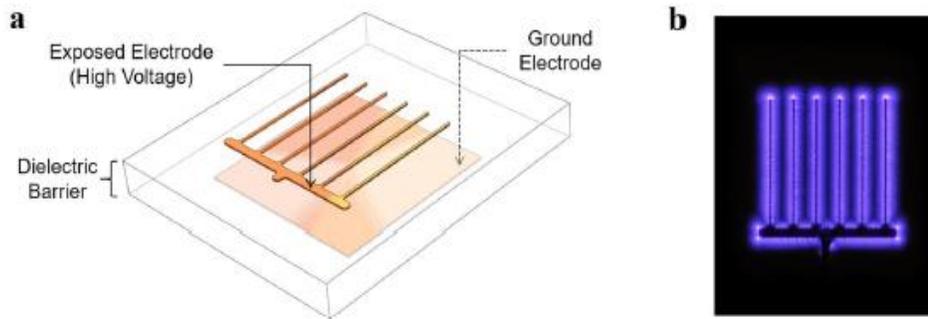


Ilustración 5. Superficie de reactor Descarga de Barrera Dieléctrica (DBD) . La imagen (a) muestra un diagrama de reactor DBD que tiene un electrodo expuesto y el electrodo de tierra separados por un dieléctrico con x espesor. La imagen (b) muestra el plasma formado alrededor del electrodo cuando esta se energiza.

Fuente: (Choudhury et al., 2018).

Técnicamente los electrodos que se mencionan aquí se les conoce también como mallas, básicamente donde se aplica el voltaje de alta potencia y en medio de una barrera dieléctrica pues se ve el parecido a las luces ultravioleta que se generaron como en la anterior imagen. Es de suma importancia lograr una adecuada seguridad al momento de energizar el generador, ya que fácilmente es susceptibles a contactos con otros elementos debido al campo eléctrico es que es muy denso por su aplicación de un voltaje extremadamente alto.

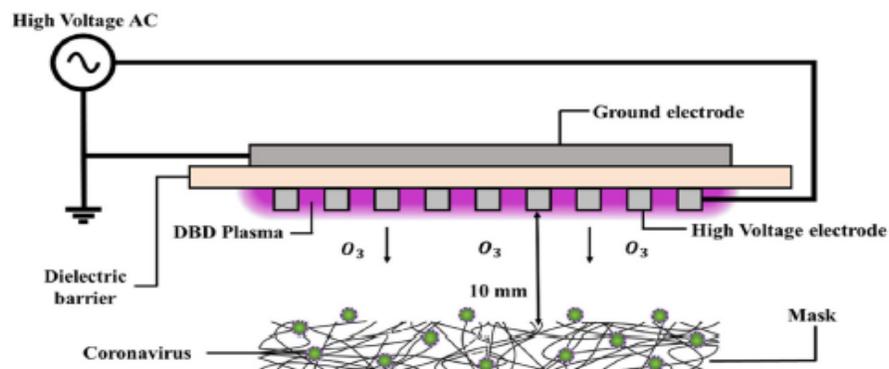


Ilustración 6. Diagrama esquemático que describe la desinfección de una mascarilla contaminada por coronavirus utilizando ozono por el método DBD.

Fuente: (Manjunath et al., 2021).

3.1.3 Diseños y Análisis Generador de Ozono

La disociación que ocurre entre el O_2 y O_3 es el impacto de electrones excitados. Los electrones excitados bajo un campo eléctrico alto tienen la ventaja de producir de manera eficiente altas concentraciones de ozono, debido a la reducción de la densidad en la población de electrones de baja energía al descomponer el ozono producido usando distancias de brecha cortas y debido a la longitud de la cámara que se está utilizando. Los electrodos de aluminio perforado y los electrodos hexagonales (panal) de acero inoxidable se utilizan como medio de electrodos y se espera que generen una alta concentración de ozono, ya que tienen bordes afilados que pueden generar un campo eléctrico elevado (Fitria et al., 2019). Los electrodos hexagonales de acero inoxidable tienen una mayor generación de ozono. Un sistema DBD tiene efectos positivos para una alta producción de ozono, en comparación con los electrodos perforados de aluminio que producen menos que los electrodos hexagonales de acero inoxidable (Fitria et al., 2019).

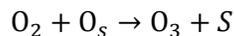
Para obtener un análisis correcto del ozono en las superficies de los electrodos, es importante tener en cuenta las propiedades químicas del ozono, así como las reacciones que esta puede causar al momento de generarlo independientemente del método que se escoja.

Las interacciones de las superficies de plasma son de una gran importancia para una gran cantidad de fenómenos de descarga, la recombinación superficial de una sola especie atómica para formar la molécula aleatoria madre, como H_2 , O_2 , N_2 es el canal principal para la pérdida de estas especies atómicas en descargas que suceden a baja presión. Se tiene que tomar en cuenta también las reacciones en la superficie del ozono y las formaciones que estas conllevan (Mazankova et al., 2017). La formación heterogénea de moléculas hetero nucleares y poliatómicas, por ejemplo, óxido nitrógeno o CO_2 también se han reportado en la literatura. Recientemente Guaitella et al. estudiaron la oxidación superficial en Pírex de NO en NO_2 por átomos de O absorbidos. Este proceso ha sido descrito por un modelo cinético. También en el experimento se pudo ver una formación heterogénea del ozono. Lopaev et al. estudiaron la recombinación de superficies de átomos de O_2 a presiones de 5.50 torr. Marinov et al. directamente observó como se formaba el ozono en superficies de SiO_2 en descargas de oxígeno. Se observó en estos estudios

que la generación de ozono en ozonizadores con flujos altamente puros de Oxígeno (99.99995%) disminuye desde un nivel inicial hasta casi cero durante varias horas. Este suceso se conoce como fenómeno de ozono cero. Este fenómeno probablemente sea causado por procesos superficiales en los electrodos ozonizadores. La explicación de estos fenómenos puede aportar una visión más profunda de los procesos de superficie en el ozonizador y también es importante para los modelos de producción en las Descargas de Barrera Dieléctrica DBD (Mazankova et al., 2017).

Existen muchas configuraciones respecto a como se puede diseñar y fabricar estos DBD para la producción densa del Ozono, las configuraciones básicas de la geometría es trascendental que se escoja dependiendo de que realmente es lo que se quiere tratar con el ozono.

(Mazankova et al., 2017) afirma "Las moléculas de oxígeno en fase gaseosa que llegan a la superficie pueden reaccionar con los átomos de oxígeno absorbidos, O_s , según el mecanismo de Eley-Rideal."



Ecuación 1. Mecanismo de Eley-Rideal para la absorción de componentes químicos en superficies.

Donde:

S = sitio de quimisorción vacante.

El coeficiente de velocidad para esta reacción está dado por:

$$k = k_0 \frac{V_{O_2}}{4} e^{-\frac{E_r}{RT}}$$

Ecuación 2. Coeficiente de velocidad.

Donde:

k_0 = Factor pre-exponencial, establecida en la ecuación 1.

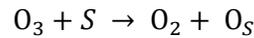
V_{O_2} = Velocidad térmica media del oxígeno.

E_r = Energía de activación.

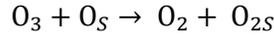
T = Temperatura del electrodo.

R = Constante universal del gas.

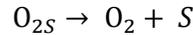
Se sugirió la destrucción heterogénea del gas ozono y fue medido por Horvath et al. (Mazankova et al., 2017). El gas ozono puede descomponerse de la siguiente manera:



Ecuación 3.



Ecuación 4.



Ecuación 5.

$$k = 1.6 \times 10^7 e^{\left(-\frac{69000}{RT}\right)}$$

Ecuación 6. Coeficiente de velocidad para la última reacción (desorción).

$$\frac{dn_{O_3}}{dt} = \frac{S}{V} (k_1 n_{OS} n_{O_2} - k_3 n_{O_3} n_S - k_4 n_{O_3} n_{OS})$$

Ecuación 7. Ecuación cinética para la concentración de ozono.

$$\frac{dn_{OS}}{dt} = -k_1 n_{OS} n_{O_2} + k_3 n_{O_3} n_S - k_4 n_{O_3} n_{OS}$$

Ecuación 8. Concentración de oxígeno atómico absorbido.

Donde:

S = Área de superficie interior del electrodo.

V = Interior del volumen del ozonizador.

k_1 = Coeficiente de velocidad para reacción 1.

k_2 = Coeficiente de velocidad para reacción 2.

k_3 = Coeficiente de velocidad para reacción 3.

n_{O_2} = Concentración de oxígeno.

n_{O_3} = Concentración de ozono.

Las configuraciones y los DBD se caracterizan por la presencia de un material aislante en la trayectoria de descarga. Normalmente, se utilizan materiales dieléctricos como vidrio, cuarzo, cerámica, esmalte, mica, plásticos, caucho de silicona o teflón. Para operar un plasma a presión normal con amplitudes moderadas de alto voltaje, el espacio de descarga está típicamente en el rango de 0.1 a 10 mm. Debido al carácter capacitivo de la disposición de descarga se requiere alta tensión alterna o pulsada. La amplitud de alto voltaje está en el rango de 1 a 100 KVrms. En la

mayoría de las distintas aplicaciones y estudios, los DBD se operan en corriente alterna con un rango de KHz. En los últimos 20 años cada vez han surgido más estudios que se han expandido a descargas impulsadas o radiofrecuencias (Frecuencias de 1MHz y más) (Brandenburg, 2017).

En cualquier circunstancia, la configuración DBD debe interpretarse como elemento capacitivo, por lo tanto, la corriente de desplazamiento está determinada por la capacidad total de disposición DBD como la derivada del tiempo respecto al voltaje aplicado. De hecho, la capacidad total viene dada por la constante dieléctrica y el espesor de la(s) barrera(s) como el arreglo de la geometría DBD .

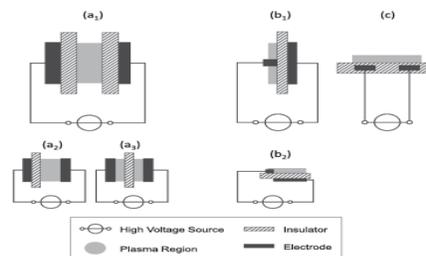


Ilustración 7. Configuraciones básicas DBD: (a) DBD de volumen (1- simétrico, 2- asimétrico, 3-flotante) ; (b) Superficie DBD (1- simétrico, 2-diseño de "actuador" asimétrico) ; (c) Descarga coplanar.

Fuente: (Brandenburg, 2017).

3.2 Entorno de la Inteligencia Artificial

El viaje hacia la Inteligencia Artificial (IA) nos lleva a muchos ámbitos que actualmente es un pilar fundamental para los siguientes avances tecnológicos. Esta innovación nos lleva a la gestión de información de gestión a través de análisis predictivos y prescriptivos, y hacia el análisis cognitivo

La analítica cognitiva y la Inteligencia Artificial se pueden distinguir entre sí por la función que cada uno realiza: La Analítica cognitiva actúa como un asesor informado, brindando mayor conocimiento al tomador de decisiones. La inteligencia Artificial es el proceso mediante el cual el sistema realmente toma la decisión. Para comprender la evolución de la inteligencia artificial a lo largo de los años hay que retomar décadas atrás, exactamente en la 2 Guerra Mundial. El inventor y pionero Alan Turing (1912-1954) quien fue un científico informático británico que desempeñó

un papel muy importante y fundamental en el descifrado de señales enemigas ("Artificial Intelligence," 2018).

Comprender el origen de la IA es fundamental para poder comprender como nace esta disciplina, tener en cuenta varios conceptos también como el Machine Learning, redes neuronales y otros importantes para realmente contestar las siguientes preguntas ¿Dónde se ve la IA? ¿Cómo hacer IA? ¿Aplicaciones de la IA? Y muchas otras preguntas que actualmente tiene un importante papel en la cuarta revolución industrial.

Fue tan grande el aporte que Alan Turing hizo que se le atribuye que redujo considerablemente el tiempo de la 2 Segunda Guerra Mundial. Para descifrar los mensajes enemigos utilizo un dispositivo descifrador llamado bombe. Como está escrita la historia, Turing y su equipo en Bletchley Park (a unas 50 millas al norte de Londres) se les suele atribuí la hazaña de descifrar los mensajes codificados enigma utilizados por las fuerzas alemanas. Algo realmente impactante de todo esto es la pregunta que se realiza en su artículo de 1950 "Computing Machinery and Intelligence" ¿Pueden pensar las maquinas? En ese artículo Turing luchó con los conceptos de máquinas y pensamientos, ya que él razonaba que había una mal interpretación entre las dos expresiones. Para muchos los orígenes de los fundamentos de la IA tienen sus raíces en una conferencia realizada en 1956 en Dartmouth College en el estado de New Hampshire de los Estados Unidos("Artificial Intelligence," 2018).

Se llamo a un proyecto de Investigación de verano en Dartmouth sobre Inteligencia Artificial, el evento en si fue una sesión de lluvias de ideas para un tema mundialmente conocida como la cibernética, teorías de autómatas y tecnologías de procesamiento de información compleja. Pat Langley argumento la necesidad de volver a las "raíces psicológicas" si se quiere lograr la IA a un nivel humano. Esto conlleva a que para que se pueda obtener la IA de manera efectiva, se debe comprender el cerebro. En el @50, el alumno Ray Salomonoff dijo que IA "no estaba tan lejos". Ray Kurzweil, otro veterano, afirmó que "podemos estar seguro de que la prueba de Turing dentro de un cuarto de siglo". En términos de mirar hacia el futuro McCarthy, quien murió en 2011, sugirió que la IA "era probable que no sea asegurada "para 2056("Artificial Intelligence," 2018).

El uso de IA en robots también es muy discutido en la actualidad, en estos años iba en auge el uso de la IA en los proyectos robóticos, como evitar obstáculos, reconocimiento de objetos muchas otras aplicaciones más experimentales con la vida real. En esta etapa los robots están en una etapa inicial de su evolución, y se entendía y comprendía que si se aplicaba los conocimientos de IA trascendentales estos se volverán más versátiles, emulando las capacidades humanas y las habilidades de cambiar de tareas fácilmente(Sai et al., 2017).

En el evento de Dartmouth iba a empezar a establecer la ambición muy importante para la industria, el punto máximo llego cuando estallo lo que se conoce generalmente como el invierno de la IA, un término que apareció por primera vez en una conferencia celebrada en 1984 por la Asociación Estadounidense de Inteligencia Artificial (ahora conocida como Asociación Estadounidense de Inteligencia Artificial). La expresión invierno de la IA refleja que el entusiasmo por la IA se había salido de control y todos los proyectos que contenían IA estaban contaminados. Hoy en día la IA ha revolucionado muchos ámbitos de la tecnología, el reconocimiento facial, la detección de objetos y muchas otras aplicaciones que ha ayudado a la industria a explorar nuevos horizontes para seguir evolucionando en la era digital. Hoy en día la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y el análisis cognitivo se han vuelto bastantes comunes como para no esperar otro invierno de IA y, además, "hace mucho que término". El concepto de singularidad (a veces conocido como singularidad técnica) fue concebido por primera vez por el matemático por primera vez por el matemático John von Neumann, quien afirmo: "EL proceso acelerado de la tecnología y los cambios dados en el modo de vida los seres humanos, dan la apariencia de acercarse a una singularidad esencial en la historia de la raza más allá de los asuntos humanos, tal como se conoce no pueden continuar ("Artificial Intelligence," 2018).

En la era de la IA, muchos sectores de la industria alimentaria, petrolera, tecnológica y especialmente la industria espacial ha experimentado un cambio en la forma en que realizan sus negocios debido al uso generalizado que se le ha devuelto a IA. Desde el análisis de estadísticas, datos, flujos constantes de variables que cambian respecto a lo que se quiere realizar. la IA se ha convertido en una herramienta clave para los que son el universo de viajes espaciales. Hay varios artículos que tratan sobre ello y como esto ha influido en los últimos hitos que se han establecido

como por ejemplo el viaje exitoso de Space X hacia la luna y entender el algoritmo que estos traen para su estudio (Ren & Chen, 2019).

Este término es muy importante para el futuro, y sustenta las bases necesarias de hacia donde se quiere llegar con la Inteligencia Artificial. La singularidad sería como el evento o las pautas de eventos que probablemente sucedan en el futuro con la intersección de la inteligencia humana y la máquina, es decir, el período en el que la IA al principio coincide y finalmente supera la inteligencia biológica. La singularidad abarca mucho la noción de que los sistemas de IA no solo se desarrollaran, sino que se mejoraran así mismos. Se estima que para el año 2045 habrá algún tipo de acción descontrolada de superación personal de la tecnología, lo que llevará al final a una explosión de la inteligencia y una superinteligencia que superará a la inteligencia humana. Kurzweil también especifica que "no habrá distinción, después de la singularidad, entre el hombre y la máquina". La premisa fundamental en que se basa el punto de vista de Kurzweil se basa en la famosa ley de Moore, establecida desde hace 50 años. Esto sugiere que el número de transistores se va duplicando cada dos años, lo que lleva prácticamente a un crecimiento exponencial. Hay un investigador de Inteligencia Artificial Ray Solomonoff, quien creó el concepto de probabilidad algorítmica, aplicó estas mismas reglas a las máquinas de autoaprendizaje (duplican su velocidad cada dos años) y como resultado, sugiere que la singularidad ocurrirá con un período definido ("Artificial Intelligence," 2018).

Una razón de la falta del progreso inicial en los sistemas de IA y el hecho en que la realidad retrocedió significativamente en relación con las expectativas radica en las formas específicas en que los primeros sistemas como ELIZA y General Problem Solver intentaron replicar la inteligencia humana. Específicamente, todos eran sistemas muy completos, es decir, había un conjunto de reglas que suponen que la IA puede formalizar y reconstruir en un enfoque desde el punto de vista de arriba hacia abajo como una serie de declaraciones "si-entonces" (Haenlein & Kaplan, 2019).

Por ejemplo, en un robot se requiere que haya una combinación de elementos para ser muy efectivos en la vida real: sofisticación de inteligencia, movimiento, movilidad, navegación, y propósito. Sin poner en riesgo la vida humana, pero algo sumamente útil y necesario es que estos robots con IA pueden reemplazar a los humanos en acciones altamente peligrosas, algo que tiene

una muy buena ventaja para salvar la vida de los seres humanos, por ejemplo en la desinfección de robots para no contagiar al ser humano, en trabajo pesado y en muchos otros donde el riesgo de perder la vida este en juego (Sai et al., 2017).

Sin embargo, frente a estas formalidades, hay sistemas expertos que funcionan mal en áreas que no se prestan a tal formalización. Un ejemplo claro sería que un sistema experto no se puede entrenar fácilmente para reconocer caras o incluso para distinguir entre una imagen que muestra un panecillo y una que muestra un Chihuahua. Para estos casos se necesita que cada sistema sea capaz de interpretar los datos que se envían, para aprender de esos mismos datos y seguir utilizando esa enseñanza para lograr metas y tareas específicas por medio de una adaptación flexible, una característica fundamental que distingue a la IA. A lo largo de esos años, los métodos estadísticos para lograr un sistema que realmente sea Inteligencia Artificial se han discutido en las décadas de 1940 cuando el psicólogo canadiense Donald Hebb desarrollo una teoría del aprendizaje conocida como Aprendizaje Hebbian que replica el proceso de las neuronas en el cerebro humano. Esto sustancialmente condujo a la creación de una investigación sobre el aprendizaje artificial. Las famosas redes neuronales de estos estudios era un importante avance en las tecnologías de IA, sin embargo, este trabajo se estancó en 1969 cuando Marvin Minsky y Seymour Papert demostró que un ordenador o computadora no tenían la suficiente capacidad o potencia para procesar este tipo de información requerido por las redes neuronales (Haenlein & Kaplan, 2019).

El uso de un robot con una red neuronal puede ayudar a comprender mejor los sistemas en prueba que se realizan, pueden por ejemplo trabajar en lugares contaminados y al haber una red neuronal dentro que pueda analizar estos microorganismos es de gran ayuda para mostrar realmente el potencial que se tiene con estos. Lugares químicos y nucleares y en entornos sumamente peligrosos (Sai et al., 2017)

A pesar de muchos años sin avances en el ámbito de la Inteligencia Artificial, las redes neuronales artificiales regresaron en forma de Deep Learning cuando en el año 2015 AlphaGo, un programa desarrollado por Google, logro la hazaña de vencer al campeón mundial en el juego de mesa Go. El Juego de mesa Go es más difícil que el ajedrez en sí mismo y durante mucho tiempo se tenía la idea que las computadoras nunca podrían vencer a los humanos en este juego. Este

tipo de red neuronal que logro la hazaña de vencer a los humanos en el juego de mesa Go es llamada la Deep Learning. Hoy en día la mayoría de las redes neuronales artificiales y la Deep Learning forman la base de las extensas aplicaciones que se conocen bajo la etiqueta de IA. Por mencionar algunos ejemplos, son la base algorítmica para el procesamiento de imágenes de Facebook, algoritmos de reconocimiento vocal que alimentan a los altavoces inteligentes y coches autónomos (Haenlein & Kaplan, 2019).

En los seres humanos se usan los otolitos y los canales semicirculares (en el oído interno) y así se mantiene el equilibrio y orientación. Además, los humanos usan los propios sensores para ayudar con la orientación. Así mismo estudiando las redes neuronales humanas, así mismo trabaja la IA al que se quiere llegar, mostrando destrezas y capacidades para desarrollar todas las industrias que existen (Sai et al., 2017).

Todo lo que se habló anteriormente deja bien claro de la importancia que tendrá la Inteligencia Artificial en las vidas cotidianas, así como lo hicieron el internet y las redes sociales. Al momento en que esto suceda, no solo a las vidas afectara, sino que transformara sustancialmente la forma en que las empresas toman las decisiones y la forma en que interactúan con las partes interesadas externas como los clientes y empleados. Las preguntas más claras son menos si la IA jugará un papel trascendental en estos elementos, sino que papeles más relevantes jugará, ¿Cómo los sistemas de IA y los humanos pueden coexistir (pacíficamente) uno al lado del otro? ¿Qué decisiones debería tomar la IA? Todas las empresas deben lidiar con el mundo actual.

El simple hecho en que en un futuro próximo los sistemas o redes neuronales de IA formen cada vez mas parte de la vida cotidiana plantea una duda si es necesaria la regulación y, de ser así, cual es la mejor forma de poder regularlas. Aunque la IA es en esencia objetivo y sin prejuicios, no significa que se puedan utilizar para fines malos o que estén sesgadas (Haenlein & Kaplan, 2019).

3.2.1 ¿Cómo trabaja la Inteligencia Artificial?

Cuando se trata de dar explicaciones de cómo trabaja la IA, parecen centrarse más en como interactúan estos sistemas que a como suceden. A este tipo de preguntas pueden darse estos dos enfoques: Enfoque Basado en Algoritmos: Este enfoque emprende una serie de capacidades en el que su fuerte es la analítica avanzada, como ser arboles de comportamiento o enfoques estadísticos, en donde se unen para resolver un problema en particular o crear de alguna manera

un comportamiento deseado. Este tipo de enfoques se ven naturalmente modelos computacionales que responden a muchas tareas como por ejemplo reconocimiento de voz o reconocimiento facial. Este tipo de enfoque es uno similar al sistema nervioso humano, en el que muchas capas examinen cada una de las estructuras nerviosas para atender algún problema y crear la respuesta a ese problema. Enfoque de Aprendizaje Automático (redes neuronales artificiales): Estas redes se basan principalmente en la forma en que trabaja el cerebro. Todas estas redes tienen muchas neuronas (como en el cerebro) y que se encuentran conectadas con muchísimas más. Las redes neuronales modernas tienen varios miles y algunos millones de neuronas y millones de conexiones.

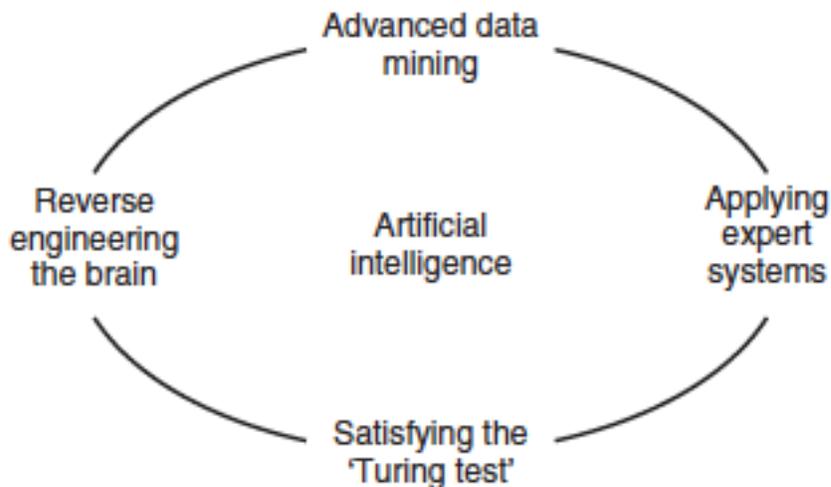


Ilustración 8. Ecosistema de la IA

Fuente: ("Artificial Intelligence," 2018).

El aprendizaje automático (machine learning) es una de las expresiones con que se le conoce para una subsección de la informática, en el que el ordenador tiene la capacidad de autoconstruir modelos analíticos y automejorar sin tener un programa explícito. Este proceso de aprendizaje se describe como operativo más que cognitivo. El Machine Learning se utiliza cuando

es complicado crear un algoritmo o problema específico para llevar a cabo alguna tarea especial como por ejemplo un sistema antirrobo de seguridad.

Supervisado: El sistema recibe varios datos y una respuesta requerida para un "maestro" y se requiere que calculen una serie de reglas. Sin Supervisión: Todo el sistema tiene la misión de encontrar patrones en datos no etiquetados, un ejemplo claro es la tipología de conexión de una red neuronal. Aprendizaje por esfuerzo: Todo el sistema va aprendiendo en un sistema dinámico, como, por ejemplo, al jugar un juego y un algoritmo que modifica el nivel y porcentajes de éxito o fracaso. Si bien este tipo de capacidades para desarrollar algoritmos de aprendizaje automático ha existido durante mucho tiempo, su creación ha aumentado en popularidad como resultado del aumento del flujo de información fácilmente disponible y accesible desde cualquier parte del mundo, un ejemplo claro, los datos de las distintas redes sociales. El auge de estos sistemas está llevando a que se apliquen en el campo de vehículos autónomos y recomendaciones en línea para comprar libros, música, dispositivos electrónicos y más. El Machine Learning cada vez va teniendo un papel muy importante en un mundo cada vez inundado de dispositivos electrónicos y conectividad ampliada("Artificial Intelligence," 2018).

Otra de las situaciones en donde cada vez se ve más la aplicación de las IA es en la supervivencia de la vida humana. La vida humana depende de los 5 sentidos de percepción del mecanismo sensorial de los seres humanos definido por Aristóteles como el olfato, el oído, tacto, visión y gusto. La pérdida de cada uno de estos sentidos no provoca el fallecimiento de una persona, pero si puede complicar de forma terrible la vida diaria. Las nuevas tecnologías basadas en el reconocimiento de voz, objetos y rostros se han convertido en un sistema totalmente complementario para personas con discapacidad, por lo general tienen la capacidad de convertir el entorno en habla o información táctil. Por ejemplo las personas ciegas o con baja visión pueden percibir dentro de su entorno, amigos, familiares o también colegas en el trabajo mediante un sistema de detección y reconocimiento facial(Sai et al., 2017).

La IA tiene una característica importante y es que no se limita al medio en que se encuentra, al contrario, intenta adaptarse a los distintos medios que se le presentan. En la producción industrial por ejemplo, han penetrado en muchos de sus campos, junto con el nivel de automatización que existe, la IA es el complemento perfecto para estas industrias (Junlin et al.,

2019). Estas industrias utilizan la IA para mejorar la eficiencia de producción de los enlaces de suministro y manipulación de materiales, mejorar en gran parte la calidad del producto y reducir los costes de producción. Las plataformas móviles también se están acoplando de gran manera al uso de la IA para lograr la eficiencia en estas industrias(Junlin et al., 2019).

En la actualidad hay muchos tipos de redes neuronales. Las redes neuronales dinámicas, por ejemplo, pueden crear y desaparecer las existentes basándose en reglas. Al trasplantar una red neuronal sobre otra red neuronal, comienza a ser posible a crear una forma de IA. Inclusive si aún falta información, la decisión final que toma la red no se va a ver afectada. Este tipo de prácticas indica, en efecto, que se está buscando crear una réplica tecnológica como el cerebro. El aprendizaje de estas redes puede llegar a ser complejo al ser una combinación de neurociencia y psicología junto con normas que hay que seguir en los circuitos de retroalimentación llamado esto como aprendizaje por esfuerzo("Artificial Intelligence," 2018).

Dentro de todas las aplicaciones que se pueden realizar con Inteligencia Artificial están la detección de objetos en tiempo real, el reconocimiento facial, reconocimiento de texto y la identificación de billetes de moneda son algunas de la gran cantidad de aplicaciones desarrolladas con IA. Ahora en la actualidad hay muchos sistemas en el que se puede aplicar la Inteligencia Artificial. Las cámaras Raspberry pi tienen un código abierto gratuito y pueden ejecutarse bibliotecas OpenCV y muchos enlaces C++ para Python(Sai et al., 2017).

Las cámaras de Raspberry pi de 5 megapíxeles se utiliza normalmente para la captura de imágenes en tiempo real. OpenCV, llamado así OpenSource computer visión es una de las bibliotecas más recientes y populares iniciada por Intel en el año de 1999. OpenCV es particularmente un software que se usa casi exclusivamente como procesamiento de imagen en tiempo real. Existen muchas versiones de OpenCV y desde la versión de OpenCV 2.4 viene con las librería de clase FaceRecognizer para el reconocimiento facial utilizados por todo el mundo y cada día actualizándose, utilizados en muchos proyectos, este es uno de los campos de la IA en donde se ve cada día el uso de estas tecnologías en compañías de seguridad, inclusive utilizado por agentes gubernamentales para la detección facial(Sai et al., 2017).

El reconocimiento de voz también es una de las ramas donde se está viendo el auge de la IA, aquí se analizan las características de voz que difieren de las personas. Esto abre un mundo de posibilidades en lo que raramente se puede aprovechar esta tecnologías, por ejemplo, en los robots para reconocer y hacer cosas como un humano lo haría, reconocimientos de comandos de voz para personas ciegas y así muchas más aplicaciones que se siguen explorando(Sai et al., 2017).

Los algoritmos de reconocimiento facial tienen muchas limitaciones cuando se hacen pruebas verdaderas en el mundo real, las condiciones lumínicas y el proxy a través de las imágenes y el procesamiento de imágenes de baja calidad son unas de esas dificultades reales que se aplican al reconocimiento facial. Si no se obtiene todas las condiciones necesarias, las perturbaciones y las interrupciones afectaran el rendimiento y reputación de la IA. En esta era de la IA y del aprendizaje automático las computadoras han evolucionado para poder procesar grandes cantidades de datos a tasas muy grandes con la máxima eficiencia posible del proceso y del procesamiento de imágenes y de visión por computadora todo esto impulsado por las algoritmos de aprendizaje profundo se han preparado sofisticadamente para hacer realidad el reconocimiento facial (Harikrishnan et al., 2019).

Otras aplicaciones interesantes para la IA es que muchos investigadores han intentado aplicar la visión artificial para detectar y evitar colisiones. Horswill demostró el uso del robot "Polly" y Gomi et al. en "Office Messenger Robot" para la identificación de objetos. Otro tipo de reconocimiento que se ha utilizado y que se ve hoy en día en varios tipos de aplicaciones, por ejemplo, como la apertura de puerta según diseños mostrados por Nagatani et al. y cada uno de los diseños de automóviles mostrados por Kimura et al. La inteligencia Artificial se aplica en el proceso de navegación, aunque es relativo a la ubicación y el punto de referencia del objeto. Cheng y Zelinsky (1997) propusieron en sus proyectos un enfoque para guiar a un robot móvil en un entorno completamente desconocido para encontrar la mejor ruta posible usando la visión artificial. Los autores propusieron una versión de navegación con un conjunto de comportamientos visuales primitivos para poder mover el robot con un método de segmentación rápida para el procedimiento de la visión artificial. Hommouda y col. Alabama (2014) también propuso un método muy novedoso para mejorar la robustez robótica de estas máquinas y abordar los errores de modelado cinemático que afectan al sistema en sí. Este método hace en

gran medida converger el al robot móvil y su pose requerida incluso en presencia de los errores cinemáticos modelados correctamente. La máquina maneja usando robustez e imaginación y tiene una red neuronal en el que identifica elementos adecuados mediante el uso del rasgo de investigación (Saxena & Neogi, 2020).

Como se ha mencionado anteriormente, estas y muchas aplicaciones son posibles en un entorno de visión artificial, aplicados por medio de algoritmos y redes neuronales establecidos por todo el mundo y la gran mayoría de acceso abierto. Pero algo que complica en gran manera el uso de estas tecnologías es que la Inteligencia Artificial es inherente a la caja negra. Si bien es muy sencillo comparar y evaluar la calidad de salidas generadas por dichos sistemas como por ejemplo la proporción de imágenes clasificadas correctamente, el proceso que se sigue utilizando es en gran parte opaco (Haenlein & Kaplan, 2019).

Para propósitos de este proyecto de Investigación, una de las aplicaciones más interesantes que se le pueden encontrar es respecto a la sanidad ambiental, desde un largo tiempo, el cambio climático, la contaminación en el aire y en las superficies marinas es de suma importancia poder encontrarles una respuesta útil a estas situaciones adversas. Un claro ejemplo del uso de la IA en la contaminación ambiental esta la situación de una ciudad de Arabia Saudita en donde aplicaron estas tecnologías para poder contener el problema de estas comunidades. Debido a todos estos problemas Jeddah debe tener un sistema de gestión de calidad del aire y muchos enfoques regulatorios eficientes. Por lo tanto, es necesario tener datos relevantes acerca de las composiciones y fuentes confiables sobre la calidad del aire. Como se estableció anteriormente, las técnicas de IA se pueden utilizar para gestionar estos datos confiables y desarrollar un sistema completo sobre la gestión de sanidad ambiental y por consiguiente estimar las condiciones meteorológicas. Las técnicas de Inteligencia Artificial que normalmente se proponen para este tipo de situaciones son como métodos de modelado matemático alternativo a los enfoques estadísticos generales. Dentro de estas caben las técnicas de AI; Las ANN se simulan a partir de modelos matemáticos de sistemas neuronales humanos para poder entrenar datos sin procesar, generalizar una estructura de red, probar nuevas asociaciones de relaciones de relaciones funcionales y /o simular un problema de la vida real. Por situaciones como estas es que ampliamente las ANN se utilizan ampliamente para pronosticar y administrar los datos

multidisciplinarios. Estas tecnologías ayudan a que en gran manera se pueda tener una fuente de información confiable y aplicando cada una de estas técnicas de IA se pueda establecer de gran manera el uso de tomas de decisiones para los países más afectados por la contaminación ambiental (Taylan, 2017).

Con las aplicaciones de redes neuronales, el entorno artificial puede verse involucrado en muchas aplicaciones, ya sea industrial o puramente de negocios, estos ayudan ahorrar costos y mostrar de gran manera los procesos existentes y pasarlos al siguiente nivel. Los ANN pueden de alguna manera usar datos ambientales y con ellos producir un sistema basado en reglas adecuadas y estimar los valores de ozono para cada uno de los factores dados. Por otro lado, un modelo ANFIS es un sistema ralmente difuso que tiene algunas reglas de "si-entonces" y tiende a comportarse como un sistema experto. Este modelo ANFIS es desarrollado en marco Informático que utiliza varias variables y premisas lingüísticas. En estas 2 décadas se han estudiado las ventajas de un sistema de evaluación continua para desarrollar modelos inteligentes de control de calidad de aire para así poder mejorar la eficiencia de los sistemas ambientales. A pesar de todo eso, existe un gran nivel de ambigüedad y vaguedad en cada uno de los factores de calidad ambiental. Ahora estos sistemas emplean factores difusos integrados con capacidades de aprendizaje de las ANN y así analizar los factores de relación ambientales(Taylan, 2017).

En esta crisis de sanidad humana, también la industria medica que ha sido una de las más golpeadas en el mundo al estar en primera fila contra el COVID-19 está buscando mecanismos y nuevas tecnologías que puedan monitorear y controlar la propagación de este virus. La IA también puede adaptarse a este tipo de situaciones y es una de las tecnologías que realmente puede rastrear la propagación del coronavirus (COVID-19), por ejemplo, una de las aplicaciones relevantes que tiene es que puede identificar los pacientes de alto riesgo y los más afectados y es realmente útil para controlar esta enfermedad. Otra de las aplicaciones y del uso que se le puede dar a la IA es la de predecir el riesgo de mortalidad con un análisis exhaustivo de los datos previos de los pacientes, como se vio en los temas anteriores la curva de supervivencia que se le aplicaban a los pacientes cuando iniciaban tratamientos se pueden analizar por medio de una fuente de IA y así lograr preceder con más exactitud que la mente humana que acciones son las más adecuadas para su uso (Vaishya et al., 2020).

Aunque nadie estaba preparado frente a lo que se avecinaba y la IA ya se ha puesto a prueba en el área médica anteriormente con los robots tele operados con redes neuronales, en la actualidad se ha integrado a contrarreloj frente a esta pandemia, desarrollo de muchas aplicaciones, rastreos, análisis y encuestas se ha utilizado en muchos países para poder controlar los brotes de COVID-19 en el mundo. La inteligencia Artificial en gran manera nos puede ayudar a combatir esta enfermedad mediante un cribado de la población obtenido previamente, con la ayuda médica, las notificaciones de cada uno de los pacientes y muchas sugerencias sobre como poder controlar la información, esta tecnología aplicada con IA tiene el potencial de mejorar todo tipo de planificación, el tratamiento y cada uno de los resultados informados de pacientes con COVID-19 ya que esta herramienta basada en la evidencia de cada uno de los casos.

No hay duda de que la IA aplicados a la tecnología y la abundante información que existe respecto a ello es una manera de incentivar más proyectos de Investigación, En la siguiente ilustración se mostrará algunos procedimientos usados por la IA en la rama médica y como esta ayuda a poder predecir y controlar los brotes de coronavirus que es el gran problema en que se enfrenta el mundo actualmente. Las funciones que aplica la IA es la de comparar el flujo de tratamiento mínimo sin IA vs el tratamiento que, si es aplicado la IA, también ejemplifica los procesos en donde es utilizado la IA en pasos importantes del tratamiento de alta precisión y así reducir la complejidad y el tiempo necesario para combatir el COVID-19. El médico no solo se va a centrar en el tratamiento del paciente, sino que también en el control de la enfermedad con él la aplicación de la IA. Los principales síntomas y análisis de pruebas en las que se utiliza la IA son las más precisas y seguras en lo que a efectividad se refiere. La vida de la IA en cada uno de los campos de aplicación recién empieza, reducir el número total de pasos y acortar el tiempo de análisis para que sean más precisas y seguras es una de las grandes ventajas que se prestan a este tipo de tecnologías y que son muy asequibles en la naturaleza de trabajo(Vaishya et al., 2020).

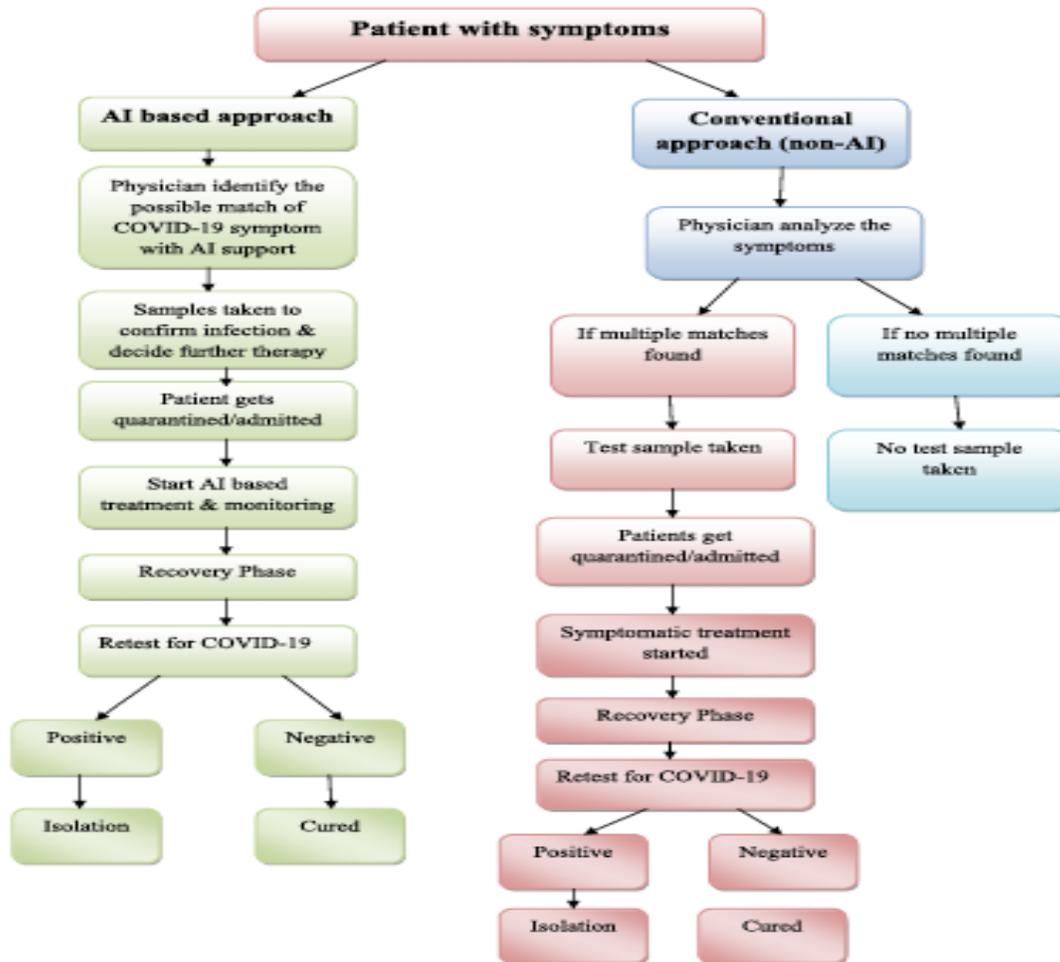


Ilustración 9 Procedimientos Generales de aplicación basadas en IA y no IA que ayudan a los médicos a identificar síntomas de COVID-19.

Fuente: (Vaishya et al., 2020)

3.2.2 Lenguajes de programación IA y librerías

A medida que las capacidades de las máquinas se vuelven más fuertes, las tareas que se considera que requieren “inteligencia” generalmente se eliminan de la definición de IA. Este fenómeno se llama efecto de inteligencia artificial. Las funciones de las máquinas modernas que generalmente se clasifican como inteligencia artificial incluyen la comprensión exitosa del habla humana y la competencia al más alto nivel en sistemas de juego estratégicos. El término de “Inteligencia artificial” es muy conocido en el ámbito de la robótica y la automatización. La inteligencia artificial hace uso de un conjunto de complejos algoritmos para simular características

de un humano. En la industria la inteligencia es aplicada a robots controlados por computadora con el propósito de realizar una tarea asignada. Fundada en 1955, la inteligencia artificial es una disciplina académica. La inteligencia ha sido discutida por mucho tiempo por mitos, ficción y filosofía. En los años siguientes, ha experimentado varias oleadas de optimismo, porque la mayor parte de la historia de la inteligencia artificial se ha dividido en subcampos, y muchas veces no se pueden comunicar. Esto condujo a un argumento filosófico sobre el pensamiento y la moralidad de crear criaturas artificiales con inteligencia humana. Algunas personas consideran que la inteligencia artificial puede ser peligrosa para los seres humanos si su evolución no es monitoreada cercanamente. Otros piensan que, con el paso del tiempo, la inteligencia artificial evolucionara para reemplazar al ser humano y dejar a este en riesgo de desempleo masivo. (Schmaus et al., 2018)

Menciona (Yu et al., 2018) acerca de la inteligencia artificial en su investigación:

El reciente renacimiento de la inteligencia artificial ha sido impulsado en gran medida por la aplicación exitosa del aprendizaje profundo, que implica entrenar una red neuronal artificial con muchas capas (es decir, una red neuronal 'profunda') en enormes conjuntos de datos, a grandes fuentes de etiquetas. datos. Desde 2012, el aprendizaje profundo ha mostrado mejoras sustanciales en las tareas de clasificación de imágenes.

En la década de 1990, la inteligencia artificial pasó a formar parte de otros campos de investigación como la logística y la medicina. Hoy en día, la inteligencia artificial se puede ver en varios sistemas de la vida diaria, como teléfonos móviles, sistemas de entretenimiento e incluso electrodomésticos. Por ejemplo, la consola de juegos Xbox utiliza el sistema de visión artificial Kinect y complejos algoritmos de inteligencia artificial para el mapeo del cuerpo humano en 3D y el seguimiento del movimiento humano. La inteligencia artificial ha cambiado la forma de vida al ayudar a aumentar la productividad y la forma en que se realizan las tareas como individuos, empresas y sociedad en su conjunto.

Dice (Wei, 2018) en su investigación:

El concepto de "industrial 4.0" comenzó a surgir en la nueva ronda de revolución de la ciencia y la tecnología que se hace "inteligente" es líder de la cuarta revolución industrial. La inteligencia artificial se convertirá en el foco de la dirección del desarrollo y el mundo virtual se fusionará con el mundo real en la era de la industria 4.0. La fabricación futura logrará una mayor eficiencia de ingeniería, utilizará un tiempo de comercialización más corto y logrará flexibilidad de producción.

Desde asistentes personales de celular como SIRI hasta programas informáticos como AlphaGo, la inteligencia artificial ha evolucionado rápidamente hasta, no solo ser capaces de dar características casi humanas a robots, sino también poder crear algoritmos de predicción. Sin embargo, la inteligencia artificial usada mayormente es conocida como inteligencia artificial débil, ya que, su diseño está orientado específicamente a el desarrollo de una tarea en específico. A pesar de la complejidad de la inteligencia artificial y su tremendo progreso, esta tecnología tiene limitaciones. Es por esto por lo que la inteligencia artificial se utiliza en campos específicos, como: reconocimiento visual, redes neuronales, reconocimiento de voz, aprendizaje automático, entre otros. (Lu et. la., 2017)

Dice (Lu et. la., 2017) en su investigación:

Teniendo en cuenta todos los eventos que pueden ocurrir en el mundo real, dado que lleva una gran cantidad de tiempo debido al entrenamiento de big data, la inteligencia artificial generalmente se limita a un solo cuadro o tipo de problema. Por ejemplo, si restringe el algoritmo para que se aplique solo al ajedrez, el shogi, el reconocimiento de imágenes o el reconocimiento de voz, solo se pueden esperar ciertos resultados. Sin embargo, al tratar de hacer frente a todos los fenómenos del mundo real, hay un número infinito de posibilidades que se tiene que anticipar, por lo que el tiempo de extracción se vuelve infinito debido a la sobrecarga de la base de datos.

Un elemento importante de la inteligencia artificial es el comportamiento casi humano, incluido el aprendizaje. Machine learning, o aprendizaje automático, es una disciplina científica dedicada al desarrollo de sistemas que pueden aprender por sí mismos. Esto significa que pueden reconocer patrones en millones de datos, sin necesidad de ser programados con dicha información. En otras palabras, esto nos dice que un sistema con aprendizaje automático es capaz de "romper" su línea de programación entorno a información obtenida.

Muchas empresas han aplicado ya la inteligencia artificial a sus procesos, y como resultado han tenido un incremento en su producción y, por lo tanto, en sus ingresos. Estas tecnologías vienen a facilitar procesos que antes eran casi imposibles para un humano realizar y, que a veces, simplemente tomaban demasiado tiempo. Muchas industrias dependen de la inteligencia artificial ya que esta ayuda a la mejora en producción y disminución de errores. Una aplicación que ha venido tomando popularidad es los sistemas de computadora para vehículos. Desde la década de los 1980 los fabricantes de carro han venido desarrollando sistemas de navegación por computadora para sus vehículos. Hoy en día, con la aparición de vehículos eléctricos, se ha marcado más el uso de sistemas inteligentes en vehículos. Estos usan un complejo algoritmo con la ayuda de un arreglo de sensores para la reconstrucción del ambiente. Debido a que es casi imposible controlar los parámetros de control del ambiente, es necesarios un sistema robusto.

No existe un solo lenguaje de programación que sea superior a los demás para el desarrollo de un programa de inteligencia artificial, sin embargo, existen ciertos lenguajes que son mucho más convenientes para el desarrollo de dichos sistemas. Entre estos lenguajes se encuentran: C++, Python, Lisp, Java y Prolog. El lenguaje de todos los mencionados con más antigüedad es Lisp. Es el primer lenguaje de programación usado en el desarrollo de inteligencia artificial y es considerado la base para los avances en inteligencia artificial. Tiene una gran capacidad para adaptarse a las funciones del programador y se usa bastante para problemas lógicos y machine learning. Desafortunadamente, Lisp tiene una sintaxis poco atractiva y carece de librerías. Entre los más populares se tiene Java que es usado en un sinnúmero de aplicación y páginas web. Este lenguaje es muy popular entre programadores debido a su interfaz amigable, facilidad de uso, rápida depuración. Ya que es de fuente abierta existen bastante librerías y su Virtual

Machine Technology (Tecnología de Máquina virtual) hace que su implementación en diferentes plataformas sea muy fácil. A pesar de tener numerosas ventajas, Java cuenta con una gran desventaja. Y es que, al estar cargado de tantas características, su tiempo de respuesta es un poco alto.

Dada la flexibilidad y su gran potencial Python se ha vuelto un lenguaje de programación muy usado en el desarrollo de sistemas de inteligencia artificial. Python brinda una gran cantidad de librerías dedicadas a la inteligencia artificial y es de fuente abierta, lo que permite a los desarrolladores modificarlo según sus necesidades. Es por eso por lo que se ha decidido hacer uso de Python para el desarrollo del sistema de inteligencia artificial y visión. La sintaxis de Python, a diferencia de otros lenguajes, está diseñada para una fácil lectura y comprensión. Por ejemplo, en donde otros lenguajes usan operadores usan símbolos para una operación, Python usa en su lugar palabras.

Menciona acerca de Python (Srinath, 2017) en su investigación:

A diferencia de C / C ++, no tiene que preocuparse por tareas desalentadoras como la gestión de la memoria, la recolección de basura, etc. Del mismo modo, cuando ejecuta código Python, automáticamente convierte su código al lenguaje que entiende su computadora. No necesita preocuparse por operaciones de nivel inferior.

Al momento de crear variables no es necesario especificar qué tipo de variable es, ya que, en Python las variables son dinámicas y pueden cambiar el tipo de valor en cualquier momento. Python no es un lenguaje compilado, lo que significa que no compila previamente el código en forma binaria. En cambio, Python Interpreter convierte el script a binario durante la ejecución del código en tiempo real. Python tiene su distribución y proporciona algunas funciones básicas, pero se basa en paquetes externos para realizar casi todos los cálculos numéricos.

“Python aparece en una gama mucho más amplia de aplicaciones, como Internet y desarrollo de sitios web, acceso a bases de datos, GUI de escritorio, computación científica y desarrollo de software y juegos.” (Hao, J., & Ho, T. K., 2019)

Un paquete de programación muy usado en Python es Scikit, el cual es un paquete de programación en Python enfocado en machine learning. Scikit recibe bastante respaldo en la comunidad Python ya que cuenta con un abasta cobertura de métodos de machine learning. Este paquete es bastante eficiente en procesamiento de datos lo cual hace de su implementación sea conveniente. Pese a que es un paquete de Python, mucha de la programación de Scikit fue hecha usando otros lenguajes como C o C++.

Con relación a Scikit (Hao, J., & Ho, T. K., 2019) menciona:

Scikit-learn incluye una colección de métodos de aprendizaje automático implementados de manera eficiente y está bien documentado y mantenido por la comunidad. Sin embargo, los lectores también deben ser conscientes de que es posible que Scikit-learn no incluya algunos métodos que se utilizan en aplicaciones especializadas. Otras librerías de inteligencia artificial disponibles incluyen keras y theano en Python y ML pack y caffe en C++.

Otras librerías de inteligencia artificial disponibles incluyen keras y theano en Python y ML pack y caffe en C++.

3.2.3 Detección facial y objetos

Con la integración de la inteligencia artificial en sistemas de automatizado surge una nueva tecnología capaz del reconocimiento de elementos en una imagen. Dentro de esta tecnología se encuentra detección de objetos y reconocimiento facial. El reconocimiento facial hace uso de un complejo algoritmo para comparar un rostro en una imagen con un rostro en una base de datos. Este tipo de tecnología es usado comúnmente en sistemas de seguridad como método de autenticación. Este algoritmo funciona identificando características principales de la cara de un individuo como ser sus ojos, la forma de su nariz o la forma de su barbilla. Luego estos datos son convertidos a un modelo matemático y comparados con la información almacenada en una base de datos.

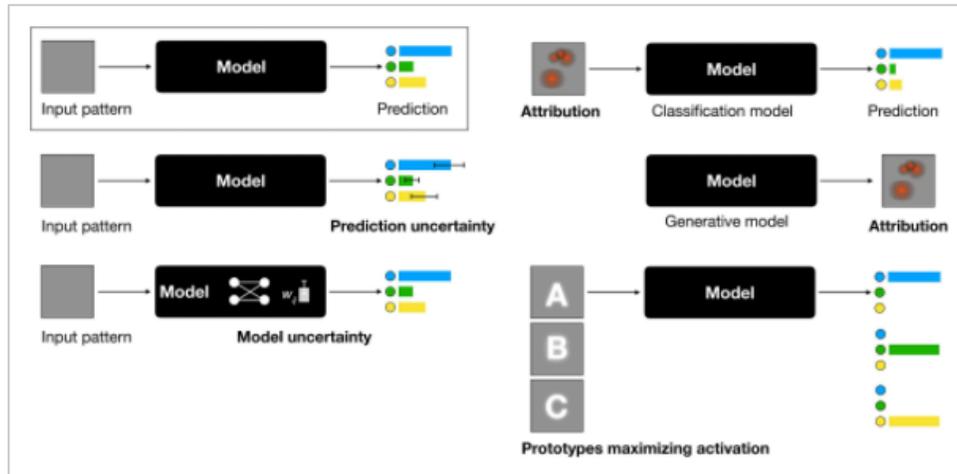


Ilustración 10 Una descripción general de cómo se pueden probar los modelos de aprendizaje profundo para obtener información sobre la incertidumbre, la atribución y los prototipos.

Fuente (Holzinger et al., 2019).

Con el avance de la tecnología, el reconocimiento facial ahora se puede encontrar incluso en teléfonos móviles. El reconocimiento facial se mencionó por primera vez en la década de 1960. En la primera iteración del reconocimiento facial, el usuario debe preestablecer los rasgos faciales antes de que el sistema pueda reconocerlos. La manera en que funcionaba era que el usuario debía identificar en una imagen donde estaban las características del sujeto como la posición de sus ojos. Hasta la década de los 1990, reconocimiento facial se basó puramente en fotografías de seres humanos. No fue hasta 2001 que se vio el reconocimiento facial en video, cuando apareció el algoritmo de detección de rostros Viola-Jones. Para el 2015 este sistema era implementado en sistemas de reconocimiento facial. Este algoritmo hace uso de las características de tipo Haar para el reconocimiento de objetos. Hoy en día, con el propósito de incrementar la seguridad del reconocimiento facial, se hace uso de un arreglo de sensores para crear una reconstrucción en tres dimensiones de la cara.

Con relación al algoritmo Viola-Jones (Glizlenmistir, 2018) menciona:

El algoritmo de detección de rostros de Viola-Jones es un algoritmo de clasificación y detección de objetos en tiempo real, que fue creado por Viola y Jones y es ampliamente utilizado en este campo, proporcionando una alta precisión. Viola-Jones es básicamente un algoritmo de cuatro pasos. El sistema está entrenado con atributos similares a los de Haar. Utiliza funciones de ondas de Haar que revelan las diferencias de valor de píxel promedio entre dos regiones rectangulares en características / patrones similares a Haar.

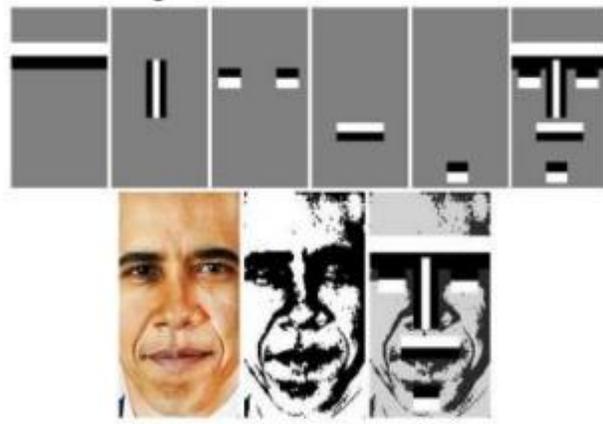


Ilustración 11 implementación de características tipo haar

Fuente: (M. R. Sunitha et al, 2019)

Por otro lado, se tiene el reconocimiento de objetos. Esta tecnología es usada en visión computarizada mediante el uso de imágenes digitales y video. Esta tecnología es usada para en muchas industrias como ser la seguridad para detectar movimiento o personas mediante cámaras de seguridad e incluso en los deportes. La detección de objetos en videos nos permite localizar un elemento en la imagen, y de esta manera seguir el elemento. La detección de objetos se hace a través de la inteligencia artificial. Para la detección de objetos es necesario establecer algunos parámetros acerca de los objetos, ya así haciendo uso de un algoritmo de machine learning el sistema clasifica los objetos.

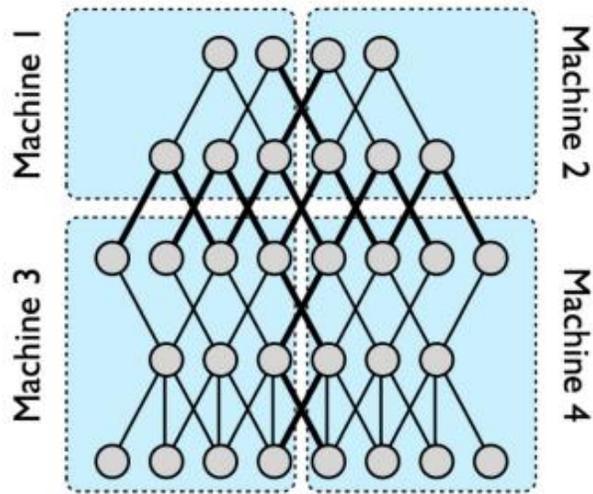


Ilustración 12 Enfoque de Google DistBelief para la formación de deep learning

Fuente:(Lu et. la., 2017)

Otro método comúnmente usado es un tipo de machine learning llamado Deep learning o aprendizaje profundo. Con este método no es necesario preprogramar las características que el programa debe buscar, en su lugar hace uso de una red neuronal para la detección de objetos. Estudios recientes demostraron que, al utilizar la alta capacidad de las redes neuronales profundas, el rendimiento de la detección de rostros se puede mejorar aún más, especialmente en las condiciones desafiantes con grandes variaciones de pose y oclusiones. (Jiang & Wang, 2017)

3.3 Robótica

La palabra robótica proviene de la palabra robot, que fue presentada al público por el escritor checo Karel Čapek en la comedia R.U.R. publicada en 1920. La palabra robot proviene de la palabra eslava robota, que significa esclavo / sirviente.

En 1948, definió cibernética como "El estudio científico del control y la comunicación en el animal y la máquina". Mecatrónica una los principios de la mecánica, electrónica y computación para generar un sistema más simple y económico.

“Hemos decidido llamar a todo el campo de la teoría del control y la comunicación, ya sea en la máquina o en el animal, con el nombre Cibernética, que significa la palabra griega timonel.” (Schiehlen, 2019)

La revolución industrial encendió la llama de la evolución a un mundo automatizado. Hoy se tiene la cuarta revolución industrial, también conocida como industria 4.0. Hoy en día se orienta la investigación de campo entorno a la automatización, esto en busca de estrechar el nexo hombre-máquina. (Sabanovic et al., 2016)

Menciona (Wheatley & Hervieux, 2020):

Hay quienes quisieran confinar el reino de la IA a las películas y los vuelos de fantasía. Me viene a la mente una visión de 2001: una Odisea del Espacio y el malicioso HAL 9000, la IA de la nave, cierra las puertas de la bahía. Esta tendencia a ver a la IA como un villano se ve reforzada en las conversaciones de hoy en las que los trabajadores se enfrentan a la creciente realidad de los trabajos automatizados.

Hoy en día la automatización es encontrada en cada parte del día a día, desde grandes máquinas industriales hasta pequeños utensilios de casa. Un robot industrial es un buen ejemplo de un sistema mecatrónico, incluye aspectos de la mecánica, la electrónica y la informática para hacer su día a día trabajos. La automatización ha venido a aumentar la productividad drásticamente ya que nos permite completar tareas en tiempo récord y disminuir el esfuerzo humano necesario para su desarrollo. (Melancon, 2020).

3.3.1 Estructura mecánica

La mecánica se remonta a la antigua Grecia, donde Aristóteles y Arquímedes experimentaban y nos dieron lo que es hoy la base para el estudio de los movimientos de los objetos. La mecánica en los robots nos ayuda a diseñar una estructura que sea capaz de mantener su integridad bajo cualquier circunstancia de trabajo.

El término mecanismos es visto por primera vez en el siglo XVII y proviene de la palabra máquina. Descartes miraba a la mecánica como una ley que describía el mundo físico, con ella

proponía explicar diferentes fenómenos que ocurrían naturalmente. En Le Monde, propuso explicar varios fenómenos del mundo natural a través de la conservación de la inercia del movimiento de contacto. Es así como la palabra “mecanismos” es heredada a las nuevas generaciones y lentamente su significado va siendo disminuido tanto que se aleja de la idea tanto de que los mecanismos son maquinas como de la imagen que todo cambio real en el mundo conlleva de un conjunto de fuerzas.

Hoy en día se ven mecanismos como los medios empleados para la transmisión de un movimiento en una maquina o un ensamblaje de piezas. Normalmente en una maquina todas las piezas tienen un movimiento restringido, es decir solo tienen un grado de libertad por lo que se mueven de una determinada forma en relación con las demás piezas. Los grados de libertad están determinados en gran parte por la cantidad de piezas que contiene la máquina. (Wachter et al., 2019)

Los robots móviles articulados son usados cada vez más en tareas cotidianas, se ha pasado de usar robots solo en el área industrial hasta convivir con ellos. Estos robots son vistos en áreas como la limpieza, agricultura, exploración espacial, defensa entre otros. Aunque si bien para estas aplicaciones se requieren de robots con diseños mucho más complejos que en la limpieza, los robots de limpieza también tienen un diseño muy interesante.

3.3.1.1 Diseño CAD

Para comenzar el diseño de un modelo lo primero que se debe definir es el requerimiento que este debe de cumplir, es decir, la tarea a realizar por la máquina. Este proyecto está dividido en varios sistemas, el sistema mecánico realiza el trabajo mecánico de acuerdo con el principio del engranaje. El sistema mecánico estaba compuesto de engranajes que trabajan bajo el principio de engranaje para transmitir una cantidad alta de esfuerzo y tensión a las llantas para dar movilidad al robot.

El diseño del robot fue hecho utilizando SolidWorks y fusión 360 lo que permitió poder dimensionar bien la estructura tomando en cuenta los componentes que iban a ir dentro de ella antes de su fabricación, para así terminar con un modelo que se ajustaba perfectamente a las necesidades del proyecto.

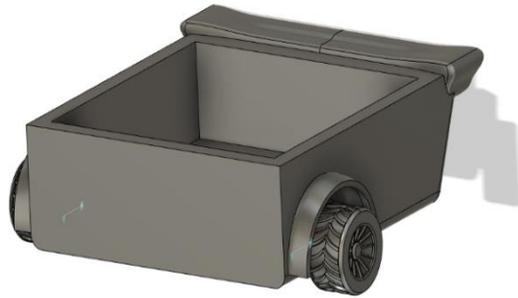


Ilustración 13 Diseño de un modelo 3D en solidworks Fuente: Elaboración propia (2021)

SolidWorks es un software de diseño CAD desarrollado por Dassault Systems lanzado en el 1995 para facilitar el acceso a la tecnología CAD. Este programa permite modelar piezas, crear ensamblaje y hacer dibujos 2D, asimismo permite extraer tanto planos técnicos de dichos modelos como información necesaria para su producción. Este software CAD es de los más conocidos ya que es bastante fácil de usar y permite al usuario aprender fácilmente ya que también es bastante intuitivo. SolidWorks también permite al usuario realizar simulaciones para poner a prueba su diseño y así comprobar que este cumple su función, sacar datos técnicos y ver cualquier falla que este tenga para poder regresar así a la mesa y rediseñar el modelo. SolidWorks también cuenta con herramientas para la creación de animaciones 3D de los ensamblajes para poder tener una vista más detallada de cómo se ven los componentes de la maquina mediante la vista explosionada, que permite mover los componentes de un ensamble en una trayectoria lineal de su posición y ver como se acomodan en la máquina. Otra herramienta muy importante de SolidWorks es su estimador de costos, este nos permite calcular el costo de fabricación del modelo a partir de un elemento de su librería o si bien se conoce el costo del material, se puede poner el material y método de fabricación, y SolidWorks hará su trabajo.

A través de la herramienta de simulación de SolidWorks se puede realizar un análisis estático de la estructura. SolidWorks incluye ya una librería de materiales que se puede agregar al modelo y de esta manera SolidWorks le agrega las propiedades de este material al modelo para su análisis. Se establecen las condiciones de la simulación como ser las fuerzas aplicadas sobre el modelo, una carga uniforme distribuida sobre un plano sobre el modelo, activar la gravedad y establecer los límites del análisis.

3.3.1.2 Fabricación

Corrosión es uno de los problemas más grandes que se encuentran cuando se trata de trabajar en estructuras en ingeniería. No existe un método para encontrar daño por corrosión en las estructuras, simplemente se encuentra por accidente y esto puede retrasar cualquier trabajo que sea realizado en la máquina. Si este daño no es reparado inmediatamente puede causar problemas estructurales catastróficos en la maquina hasta el punto de una falla total en el sistema. Es por eso por lo que a la hora de fabricar una estructura es muy importante tener en cuenta tanto los componentes con los que se va a trabajar como el ambiente en que el equipo desarrollara su

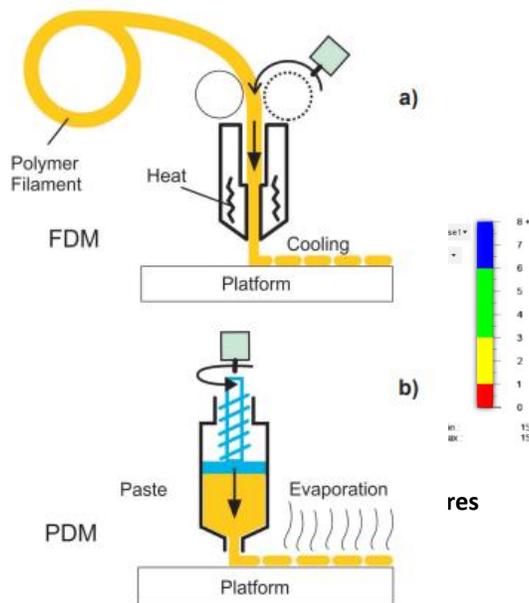


Ilustración 14 Esquemas comparativos de modelado de deposición fundida - FDM (a) y modelado de deposición de pasta - PDM (b)

Fuente (Ruscitti et al., 2020)

tarea. Es importante elegir bien el material con el que se trabajara la estructura ya que eso puede cambiar completamente el resultado de la estructura. Dado que usar un metal no corrosible puede resultar en costos muy elevados, es muy común reemplazar el material de la estructura con un plástico.

Uno de los plásticos más comunes es el PET. El PET es un polímero termoplástico desarrollado durante la segunda guerra mundial por los científicos británicos J.R. Whinfield y J.T. Dickinson como un reemplazo en la materia prima que se usaba en la fabricación de fibras que era el algodón. El PET es usado masivamente en la elaboración de envases y su producción ha crecido fuertemente desde los años 1980. El PET ofrece una gran compatibilidad con materiales ajenos lo que lo convierte en un material ideal para trabajar en conjunto en un equipo. Presenta una estructura cristalina y coge fácilmente colorantes. Una gran cualidad del PET es que es reciclable por lo que una vez acaba la vida útil de su equipo este puede ser devuelto al sistema para ser reutilizado nuevamente en nuevos equipos.

El PET es un material bastante liviano llegando a pesar hasta 20 veces menos que su contenido, es resistente al desgaste y la corrosión e impermeable, lo cual ofrece grandes ventajas en cualquier equipo que se use. La mezcla de PET con arena limosa en ciertos porcentajes nos brinda un plástico con mejores propiedades. Con esta nueva mezcla es posible mejorar sus características de manera que su Angulo de fricción pasa de 33.7 a 35 y su cohesión pasa de 1.2kpa a 5.6kpa. (Paredes et al., 2020) Un método de fabricación que se ha vuelto muy común en la fabricación de partes para ingeniería es la impresión fabricación aditiva. La fabricación aditiva es la construcción de objetos tridimensionales basados en modelos CAD. El término "impresión 3D" puede referirse a varios procesos de depositar, combinar o curar materiales bajo el control de una computadora para crear objetos tridimensionales. La precisión, la repetibilidad y la gama de materiales impresos en 3D han aumentado hasta el punto en que ciertos procesos de impresión 3D se consideran factibles en las tecnologías de producción industrial, por lo que el término "fabricación aditiva" puede utilizarse como sinónimo de impresión 3D. Una de las principales ventajas de la impresión 3D es la capacidad de producir formas o geometrías muy complejas que no se pueden construir a mano, incluidas piezas huecas o piezas con estructuras

de rejilla internas para reducir el peso. El primer tipo de equipos y materiales de fabricación aditiva se desarrolló en la década de 1980.

La patente US 4.323.756 (método de fabricación de artículos por deposición secuencial) concedida a Raytheon Technologies Corp 6 abril de 1982 utiliza cientos o miles de capas de metal y fuentes de energía láser, y es una referencia temprana para formar capas y fabricar artículos sobre un sustrato. (Brown et. al, 1982)

El 2 de julio de 1984, el empresario estadounidense Bill Masters solicitó una patente para su proceso y sistema de fabricación automática por computadoras. Esta aplicación registrada en la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos, convirtiéndose en la primera patente de impresión 3D de la historia. Es la primera de tres patentes propiedad de Masters y sentó las bases para los sistemas de impresión 3D que se utilizan en la actualidad.

Menciona (Kirkman et al., 2019) en su investigación sobre fabricación aditiva:

Los avances en los métodos de fabricación (aditivos) han permitido la realización física de geometrías complejas que pueden resultar de la aplicación de algoritmos de optimización topológica. Para la optimización estructural, la función objetivo a minimizar es comúnmente el cumplimiento (lo que resulta en una maximización de la rigidez estructural), con un objetivo de masa específico. La optimización de la topología da como resultado la asignación de material a las regiones de un espacio de diseño que exhiben la mayor rigidez (o están sujetas a las mayores tensiones) en determinadas condiciones de carga.

Dependiendo de la estructura, su producción mediante fabricación aditiva puede resultar complicada, ya sea por su tamaño o su diseño. Si bien hay disponibles impresoras industriales capaces de producir grandes partes, su precio es muy elevado y, tomando en cuenta los materiales, usarlas en la fabricación de piezas resultara muy costoso; a menos que estas sean usadas para producción en masa. Es por eso por lo que para algunas estructuras se opta por el método de fabricación mediante soldadura. La soldadura es un proceso de fabricación que utiliza altas temperaturas para fundir piezas y enfriarlas y fundirlas, uniendo así materiales que suelen

ser metales o termoplásticos. Existen varios tipos de soldadura, pero entre los más comunes se encuentran soldadura por arco, soldadura por gas y soldadura por láser.

“Un defecto que tiene la soldadura es su porosidad. La porosidad en la soldadura es causada por los gases que crean al momento de soldar por los diferentes componentes. Estos quedan atrapados dentro de la soldadura cuando esta se solidifica antes que el gas pueda ser liberado.” (Li, 2020)

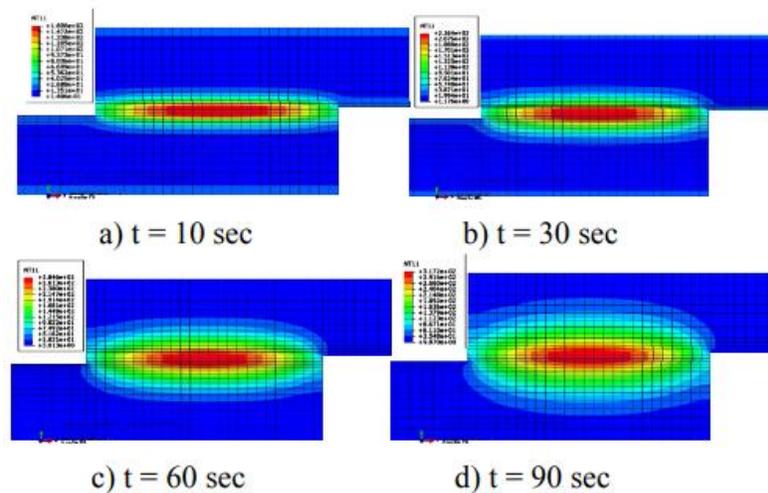


Ilustración 15 Campo de calor del proceso de soldadura.
Fuente (Lurzhenko et al., 2017).

Soldadura por arco

La soldadura por arco es uno de los métodos de soldadura más comunes y se basa en la soldadura con un arco eléctrico ya que utiliza una fuente de energía eléctrica para derretir los metales y luego dejando que se enfríen, uniéndolos así mediante fusión. En la soldadura por arco se encuentra la soldadura MIG, también conocida como soldadura por gas y arco de metal, que utiliza electrodos formados por un alambre de soldadura continuo y piezas que se conectan para formar un arco. De igual manera se puede encontrar la soldadura TIG que se caracteriza por usar un electrodo permanente de tungsteno. Básicamente, la mayor ventaja de este método de soldadura es que en comparación con otros procesos, puede obtener perlas más resistentes a la corrosión, más ductilidad y menor sensibilidad a la corrosión, porque el gas protector puede evitar

que el oxígeno de la atmósfera entre en contacto con el baño fundido. Además, el gas simplifica significativamente la soldadura de metales ferrosos y no ferrosos porque no requiere el uso de desoxidantes y puede implicar deformaciones o inclusión de residuos. Cuando se trabaja con materiales metálicos como el cobre y el aluminio, se suele utilizar soldadura con gas. Una de sus principales ventajas es que su coste de funcionamiento es bastante reducido. Otra gran ventaja es que su equipo es fácil de transportar, por lo que es muy útil usarlo ya que es fácil de mover. El precio que se paga es muy pequeño, es decir, las piezas tardan más en enfriarse y finalmente se completa la fusión.

La soldadura por rayo de energía es un método de soldadura relativamente nuevo basado en un rayo de energía altamente enfocado. La soldadura por rayo de energía se divide en dos tipos de soldadura clasificados por su fuente de energía. En primer lugar, se tiene la soldadura por láser, este tipo de soldadura presenta la ventaja que, al usar una muy alta densidad de energía, es capaz de crear una soldadura bastante fina y logra una penetración de soldadura bastante profunda. La soldadura de rayo de electrones, por otro lado, usa un haz de electrones junto con un vacío. Igualmente cuenta con la ventaja de una soldadura fina y profunda.

(Li, 2020) menciona en su investigación sobre soldadura de titanio:

La soldadura por láser tiene las ventajas de concentración de energía, buena formación de soldadura, pequeña zona afectada por el calor y operación simple. Es adecuado para soldar materiales de varios espesores y se usa ampliamente en la soldadura de piezas de aleación de titanio de aviones.

Como método de fabricación para una estructura, la soldadura ofrece mayor integridad física al menor precio, esto debido al diseño de una estructura y su tamaño. Se usa tubo estructural y lamina de aluminio para su estructura principal lo que ofrece una estructura bastante delgada con una alta resistencia a esfuerzos.

Menciona (Obad D'souza et al., 2018) en su investigación sobre las propiedades del aluminio:

El aluminio es uno de los metales más reforzados con CNT para la preparación del compuesto. Esto se debe a las propiedades colectivas tales como baja densidad, bajo peso, alta resistencia, maleabilidad superior, excelente resistencia a la corrosión, alta conductividad térmica y eléctrica del aluminio.

3.3.2 Diseño de Robots móviles autónomos

Desde hace un tiempo los robots móviles autónomos han venido evolucionando para tomar un papel muy importante en la sociedad moderna. Este tipo de robot es usado mayormente en el sector seguridad. Estos se encargan de la detección de amenazas, y están diseñados y programados para navegar el área sin necesidad de asistencia humana. Es capaz de identificar objetos y evitar obstáculos. Estos robots cuentan con un sistema de control y un sistema de navegación. A estos robots se les puede adaptar cualquier tipo de sensor y actuador para cambiar así sus funciones o tareas. Para que este sea considerado autónomo, debe poder por sus propios sensores, ser capaz de percibir el área en la que opera y con esa misma información navegarla sin interacción humana. Si bien son ampliamente usados en el sector seguridad sus aplicaciones son muchas y entre otras se encuentra el sector limpieza. (Cui et al., 2016)

Una de las aplicaciones más comunes en los robots de limpieza, sino la más común, es el de una aspiradora autónoma. Un modelo muy fácil de identificar es el Robot Roomba de iRobot. Roomba es un robot aspirador lanzado al mercado por iRobot en el 2002. Este era capaz de detectar manchas o sucios en el piso y cambiar dirección, además podía detectar objetos a su paso y cambiar su trayectoria.

Un robot autónomo cuenta con inteligencia artificial capaz de aprender nuevos métodos para realizar sus funciones entorno al ambiente. El robot de limpieza tiene la capacidad, gracias a su inteligencia artificial, de solucionar problemas como podría ser quedar atorado entre objetos. Si bien su forma le es de bastante ayuda. Al contar con una forma circular, no tiene esquina que puedan trabarse en objetos en el ambiente o chocar con ellos. La inteligencia artificial hace uso de los sensores de robot para así mapear la superficie en la que se encuentra para facilitar la navegación y localización de objetos.

(Cerón Correa, 2005) Menciona en su publicación sobre sistemas robóticos tele operados:

El uso de inteligencia artificial se puede apreciar en las decisiones que debe tomar el robot, por ejemplo: evitar obstáculos al ir de un sitio a otro, eligiendo el camino más corto o cuando se le enseña a reaccionar frente a ciertos estímulos y responde acertadamente a estímulos nuevos como en el caso de las redes neuronales.

En este tipo de robots es de gran importancia la navegación autónoma ya que el usuario no puede intervenir en ella. Es por eso por lo que al momento de diseñar estos robots se debe hacer bastante énfasis en lo que es los sensores que ayudaran a la navegación como ser cámaras, escáneres laser, sensores de proximidad, entre otros. Esto trae con si una leve elevación en los costos, pero así mismo un gran incremento en la eficiencia del robot.

3.3.3 Robots Tele operados

Los robots controlados a distancia o robots tele operados han venido lentamente adquiriendo un papel importante en la seguridad de la sociedad. Estos nos permiten trabajar en situaciones complicadas como ser accidentes desastrosos a gran escala. Dada la naturaleza de dichas ocurrencias es casi imposible estar preparado para ellos, y por su misma magnitud, es difícil asesorar la situación directamente ya que presentan un riesgo a la vida. Ya se han desarrollado varios tipos de robots operados a distancias utilizando diferentes métodos de comunicación, métodos que previamente eran usados para el control y supervisión de sistemas remotos. Esta comunicación es hecha a través de un control remoto o puede ser enviada por un cable a un sistema, se puede hacer a través de internet o también un satélite. De esta manera hace posible que un sistema pueda ser controlado por una persona ubicada al otro lado del continente. (Queralta et al., 2020)

(Bennett et al., 2017) menciona en su investigación:

Saber cómo los humanos instruirán a los robots es especialmente importante tanto para los desarrolladores de robots que buscan habilitar capacidades de demostración de aprendizaje

como para aquellos que buscan habilitar capacidades de comprensión del lenguaje natural más generales.

Para un robot tele operado normalmente se busca usar un control remoto por radio frecuencia, donde se ocupa confirmación por ambas partes del sistema para crear una comunicación efectiva y así disminuir interferencias, aunque en muchas ocasiones esto se cambiaría por ethernet para poder reducir la latencia de dicha conexión.

(Cerón Correa, 2005) menciona en su publicación:

Dada su gran utilidad, se han empleado en diversos campos. Este tipo de manejo supone una ventaja desde el punto de vista de la protección y seguridad del usuario, ya que en caso de realizar trabajos en ambientes inseguros o inestables o con sustancias potencialmente peligrosas, como químicos o explosivos, no se arriesga su integridad física.

3.3.4 Sensores y Actuadores

En un robot siempre es necesario la existencia de sensores y actuadores para su operación. Los sensores ayudan al robot en la adquisición de información acerca de su entorno. El robot usa esta información de muchas maneras como ser saber su ubicación actual o detectar objetos en su trayectoria y modificar su plan de movimiento de la manera más acertada. Aquí se ven algunos de los sensores más usados en la industria. El sensor infrarrojo es un sensor optioelectrico capaz de percibir la radiación infrarroja que emiten los objetos la cual resulta invisible al ojo humano ya que se encuentra por debajo del rango de visión humano. Cuando se desea la adquisición de información a distancia, el sensor infrarrojo es la mejor opción como se puede ver en los termómetros infrarrojos, que desde comienzos de la pandemia por COVID 19 se han vuelto muy comunes en los lugares públicos.

Los sensores ultrasónicos son sensores de detección de proximidad. Estos sensores son capaces de detectar objetos desde algunos centímetros hasta varios metros. Este sensor opera emitiendo un sonido y recibe un eco de esta señal, mide la distancia a partir del tiempo que le

toma al sensor recibir el eco. Estos sensores funcionan solamente en el aire y son capaces de detectar cualquier objeto sin importar su color, material o forma. Cabe destacar que solamente pueden detectar en línea recta. El sensor de bluetooth es un sensor de comunicación y cuyo protocolo ofrece muchas aplicaciones en campo. Entre sus funciones se encuentra el control de robots a distancia. Este sensor sirve también para enlazar dos dispositivos para que de esta manera se puedan comunicar y transmitirse información como ser un sistema que compile información y que este transmite por bluetooth instrucciones a otro sistema, también puede ser empleado como un sistema de adquisición de datos para monitoreo mediante un dispositivo con bluetooth como ser un celular.

Este sensor es usado para la detección y medición de partículas de ozono en el ambiente. Debido a que el ozono es una sustancia toxica, es de suma importancia regular su uso. Los sensores de ozono hacen uso de un amperímetro para detectar la presencia de ozono en el ambiente, ya sea electroquímicamente o mediante la conductividad a través de placas metálicas.

Los avances en la robótica han traído con si la necesidad de aumentar la capacidad de trabajo de los seres humanos para poder realizar tareas más complejas. Debido a esto se han desarrollado dispositivos capaces de cumplir con estas acciones llamados actuadores y se clasifican en hidráulicos, neumáticos y eléctricos. Gracias a estos avances tecnológicos se tienen maquinas capaces de realizar diferentes procesos en un elemento final. Principalmente los actuadores convierten una energía para aplicarla en un proceso. A medida que surgen nuevos actuadores se ha visto la necesidad de controladores, ya que estos ayudan en la conversión de la energía en un movimiento. Gracias a estos controladores es posible automatizar las tareas de un actuador.

Son dispositivos que funcionan a base de un fluido a presión, normalmente agua o aceite. Estos se clasifican en lineales y rotativos. Su fuerza de actuación puede es definida por la variación de presión en el actuador por el caudal. Su aplicación se ve mayormente en sistemas con cargas grandes como ser maquinaria pesada de construcción y barcos. Estos mecanismos convierten la energía almacenada en el aire comprimido en trabajo. Su funcionamiento es muy similar al de un actuador hidráulico, pero su capacidad para realizar trabajos se ve un poco reducida. Estos

actuadores tienen grandes ventajas por sus características como gran deflexión, robustez y flexibilidad. Hay gas incompresible dentro del actuador neumático, que se puede ver en forma de pistones, actuadores lineales, émbolos, fuelles, músculos y membranas artificiales. Estos se consideran actuadores simples. A diferencia de los actuadores hidráulicos y neumáticos, los actuadores eléctricos cuentan con un principio de operación muy sencillo y solo requieren energía eléctrica para completar su trabajo. Usan solamente un cable para transmitir una señal eléctrica, por lo que ofrece una amplia gama de aplicaciones dentro de un sistema, se basan en la manipulación de campos magnéticos para realizar un trabajo. Entre sus aplicaciones más comunes se encuentran accionar puertas, válvulas, entre otros.

3.3.4.1 Motores Sin Escobillas

El uso de motores en la industria ha brindado la capacidad de acelerar procesos e incrementar la productividad en las tareas. Es muy común encontrar motores DC en la industria ya que cuentan con un buen control de velocidad y alta eficiencia. Debido al diseño de los motores DC, que cuentan con un conmutador y unas escobillas para su funcionamiento, estos presentan una desventaja. Y es que, con el constante uso de estos motores, estos tienden a mostrar un desgaste en las escobillas debido al constante roce de estas al girar a altas velocidades. Esto nos lleva a un aumento en los costos de operación de dichos motores. Es por eso por lo que han



Ilustración 16 Estructura del rotor de un motor sin escobillas.

Fuente: (Liu, 2019)

surgido los motores sin escobillas. Los motores sin escobillas ofrecen alta eficiencia, gran densidad de poder, gran confiabilidad, entre otros. (Mondal et al., 2017)

Comparados con los motores DC tradicionales, los motores si escobillas no cuentan con un conmutador y unas escobillas. En su lugar, los motores sin escobillas cuentan con una estructura bastante sencilla. Su rotor es excitado por imanes permanentes, por lo que no hay pérdida de resistencia del rotor y mayor eficiencia. El aumento de temperatura del motor DC sin escobillas de imán permanente proviene principalmente del devanado del estator, que es fácil de enfriar. El motor sin escobillas este compuesto por cuatro elementos principales que son un convertidor de potencia, una máquina síncrona de motor permanente, sensores y un algoritmo de control.

Menciona (Mondal et al., 2017) en su investigación sobre motores son escobillas:

La falta de bobinados de campo y la ausencia de escobillas permiten que el motor de corriente continua sin escobillas se conmute electrónicamente. Esta es una ventaja significativa sobre el motor de corriente continua con escobillas ordinario porque la conmutación electrónica anula los efectos adversos de las chispas y el desgaste de las escobillas.

El principio de funcionamiento de los motores sin escobillas es el siguiente: el convertidor de energía convierte la energía de la fuente en una forma adecuada para impulsar el imán síncrono permanente, que a su vez convierte la energía eléctrica en energía mecánica. Sin embargo, a pesar de presentar significantes mejoras en desempeño contra motores DC tradicionales, los motores sin escobillas tienen la desventaja de la dificultad de control del flujo de velocidad y torque.

En general, los académicos definen el motor de corriente continua sin escobillas de la siguiente manera: solo el motor de corriente continua sin escobillas con forma de onda EMF trapezoidal o cuadrada se llama motor de corriente continua sin escobillas, y el motor de corriente continua sin escobillas de onda sinusoidal con fuerza electromotriz de fondo no se puede llamar motor de corriente continua sin escobillas, se denomina motor síncrono de imanes permanentes.

Por definición, un motor de corriente continua sin escobillas es un motor giratorio síncrono de tipo inversor autocontrolado, que puede considerarse como un sistema de control integrado electromecánico compuesto por un circuito de conmutación electrónica de potencia, un sensor de posición y el cuerpo del motor. La conmutación en un motor de corriente continua sin escobillas utiliza seis componentes de conmutación (transistores de potencia) en un inversor trifásico para impulsar simultáneamente dos fases en el motor de corriente continua sin escobillas, mientras que la tercera fase estará en estado flotante.

Como se mencionó antes los motores sin escobillas cuentan con sensores. Un sensor de efecto Hall puede ser encontrado dentro de estos motores. Los sensores de efecto hall miden campos magnéticos o corriente eléctrica, de esta manera es usado en los motores sin escobilla para determinar su posición y velocidad. El algoritmo del sensor de efecto hall es usado para detectar la posición del rotor y así hacer la conmutación en el inversor. Al energizar una bobina

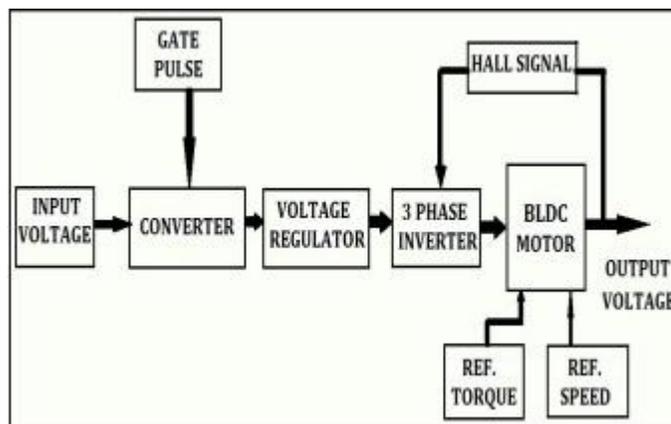


Ilustración 17 Diagrama de bloques de motor de corriente continua alimentado por salida del convertidor.

Fuente: (Mondal et al., 2017)

se crea un campo magnético, esto es lo que hará que el rotor se mueva. Al mismo tiempo, el sensor de efecto hall está operando como sensor de velocidad para obtener cualquier valor de error.

Los motores de corriente continua sin escobillas son usados en su mayoría en tamaños pequeños y medianos en aplicaciones como ser carros eléctricos e incluso drones. Su uso trae

ventajas como ser gran potencia específica y eficiencia térmica comparados con los motores de inducción de similares dimensiones. El rotor de un motor sin escobillas, como mencionado antes, consta de un imán permanente que crea un flujo magnético constante para controlar la velocidad máxima del motor. Cuando el voltaje de la fuerza electromotriz trasera (FEM) aumenta en proporción a la velocidad del motor y se acerca a la amplitud del voltaje de entrada, la amplitud de la corriente de fase llegará a cero. Al incrementar la corriente de fase del motor es posible incrementar su velocidad máxima sobrepasando su velocidad nominal, sin embargo, esto afectará directamente la respuesta de la velocidad del par. Debido a que el torque es inversamente proporcional a la velocidad, incrementar la velocidad del motor hará que su torque de salida disminuya. Ajustar su Angulo de fase hará que cambie la velocidad en el motor ya que cambia el momento en que la bobina se energiza correspondiente a la FEM trasera de la bobina.

Menciona (Mondal et al., 2017) en su investigación de motores sin escobillas:

El par del motor BLDC está influenciado por la forma de onda de la fem trasera. Aunque, idealmente, los motores BLDC deben tener una fem trasera trapezoidal y el par debe ser constante, en la práctica ese no es siempre el caso.

De acuerdo con el sistema de control de los vehículos eléctricos y la teoría básica de control de motores de corriente continua sin escobillas, es obvio que este tipo de vehículo use motores de corriente continua sin escobillas como imán permanente como su motor.

3.3.4.2 Controladores de motores sin escobillas

La estructura del algoritmo de control determina el tipo de controlador de motor sin escobillas y se dividen en dos categorías: fuente de voltaje y controladores basados en fuente de corriente. Para los vehículos eléctricos, la velocidad del vehículo debe cambiarse en cualquier momento y la magnitud del cambio de velocidad es relativamente grande. Por lo tanto, el controlador emite la solicitud más alta para el ajuste de velocidad del motor. Cuando el vehículo eléctrico lleva un objeto más pesado o realiza una operación de ascenso, la corriente de funcionamiento del motor de corriente continua sin escobillas aumentará en consecuencia. Por lo

tanto, el controlador también presenta los requisitos más altos para el ajuste de la corriente del motor. (Lee et al., 2017)

Incluso si se cambia el valor del punto de ajuste, el controlador aún se puede usar para devolver una respuesta al valor del punto de ajuste deseado. La etapa de planificación del controlador incluye el diseño del controlador PID y el diseño del controlador de lógica difusa. Con la ayuda del mecanismo de retroalimentación de un controlador PID se pueden reducir errores en el sistema y reducir oscilación. Un controlador PID nos ayuda a mejorar el tiempo de respuesta en un sistema. Pero se pueden encontrar significantes mejoras en un controlador Fuzzy-PID. Un sistema fuzzy hace uso de la lógica difusa, un sistema matemático que analiza variables analógicas en termino de variables lógicas continuas. Fuzzy-PID es un controlador que se utiliza para optimizar el trabajo del controlador PID cuando el punto de ajuste y la carga son dinámicos. En estos sistemas se busca mantener la estabilidad del sistema mediante la constante retroalimentación del sensor al controlador y el ajuste de potencia en la salida al motor. En la entrada el sistema PID recibe variables de error mientras que a la salida el sistema fuzzy consiste en tres salidas cuyos parámetros son obtenidos mediante el procesamiento de los datos en el sistema PID. (Jaya et al., 2017)

(Somwanshi et al., 2019) Menciona en su investigación sobre controladores de velocidad:

El controlador PID muestra un buen resultado al compararlo con el Fuzzy independiente. En el controlador difuso se diseñan reglas simples, mientras que en el controlador PID basado en difuso se pueden diseñar múltiples reglas para los tres controladores como proporcionales, integrales y derivadas, y muestra ganancias para hacer que la respuesta sea más rápida.

Para el diseño de un controlador de para motor sin escobillas hay tres funciones principales: una señal de modulación por ancho de pulso (PWM), un contador o temporizador y un módulo de comparación. El controlador digital enviara una señal PWM hacia el controlador del motor el cual usara esta señal como regulador de velocidad para controlar seis interruptores en un inversor de tres fases. A su vez el sensor de efecto hall está enviando una señal de

retroalimentación sobre la posición y la velocidad del motor. Tres interruptores, usualmente MOSFETs, se encuentran dentro de un inversor en arreglos de dos. Cada uno de estos inversores tienen control de una fase del motor. Estos interruptores son alimentados con corriente continua por lo que accionar estos interruptores de manera incorrecta podría ocasionar un corto circuito y dañar el sistema. El pulso PWM guía la secuencia de activación de estos interruptores para alimentar el voltaje en la entrada del motor. (Liu, 2019)

3.3.5 Interfaz y Comunicación inalámbrica

Con el progreso de la industria, ha aparecido la necesidad de comunicación a larga distancia, pero existen obstáculos para la comunicación, ya que la comunicación es a través de conductores eléctricos. Esta es la razón del nacimiento de la comunicación inalámbrica, que utiliza ondas electromagnéticas para transmitir información entre dos puntos sin necesidad de medios físicos. La forma de comunicación inalámbrica más utilizada son las ondas de radio. A través de la comunicación por ondas de radio, los datos se pueden transmitir desde unos pocos metros como Bluetooth hasta miles de kilómetros en la comunicación por radio utilizada en misiones espaciales. La comunicación por radio incluye radios de dos vías, como las que se utilizan para seguridad, teléfonos móviles y redes inalámbricas de Internet. Otros ejemplos de comunicación por radio

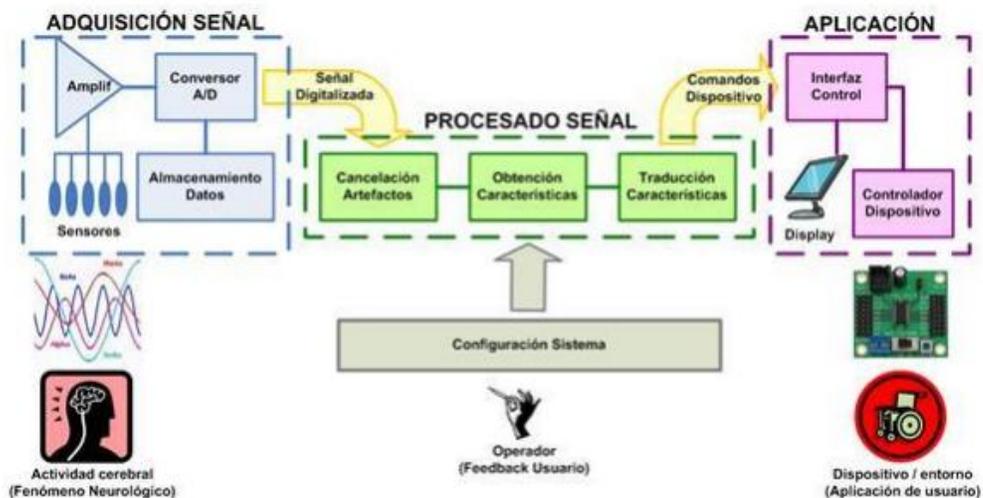


Ilustración 18 Modelo funcional genérico de interfaces cerebro-computador.

Fuente (Esparza Muñoz, José, 2020)

incluyen controles de tv, periféricos de computadora, señal de cable de televisión, teléfonos inalámbricos y GPS. (Esparza Muñoz, José, 2020)

El concepto de comunicación por radio fue introducido en la década de 1890 por Guglielmo Marconi. Las ondas de radio ya se conocían, pero no se habían considerado como método de comunicación. Originalmente fue desarrollado como un "telégrafo inalámbrico" hasta que apareció la palabra radio alrededor de 1920. Este término se siguió usando para referirse a la comunicación por radio hasta la aparición de tecnología como banda ancha móvil, bluetooth y wifi. Esta tecnología es usada ampliamente en la industria de la telecomunicación para la transmisión de datos y comunicación. (Falciasecca, 2010)

(Esparza Muñoz, José, 2020) Menciona en su investigación:

A diferencia de las LAN inalámbricas, están diseñadas para no requerir infraestructura alguna, o muy poca. Este protocolo está diseñado principalmente para dispositivos de bajo consumo, que requieren corto alcance de emisión, y que además se basan en transceptores¹² de bajo coste. Los dispositivos que incorporan este protocolo pueden comunicarse entre sí cuando se encuentran dentro de su alcance.

Para robots tele operados se hace uso de un sistema hombre-máquina para la interacción con el robot. Este sistema nos permite construir un canal de comunicación entre un usuario y una máquina para así interactuar entre sí. Un módulo muy usado para la comunicación entre hombre maquina es el módulo de bluetooth. Este módulo sirve como nexo entre un robot y el usuario ya que es capaz de tanto transmitir información o recibirla, lo que permite al usuario interactuar con el robot al tiempo que recibe retroalimentación del robot. El bluetooth es una red inalámbrica de área personal por radio frecuencia en la banda de 2.4GHz. Para poder comunicar dos dispositivos mediante bluetooth es necesario la confirmación de las dos terminales, por lo que nos brinda un canal de comunicación bastante seguro. Gracias a su gran ancho de banda, bluetooth permite la transmisión de datos de hasta 2MB/s en distancias hasta 800 metros de distancia. Es por eso por lo que de esta manera se puede enlazar el microcontrolador con una computadora para poder

así manejar el robot en una habitación incluso estando está completamente sellada. Esto nos brinda una gran ventaja, ya que al hacer uso del ozono es necesario estar aislado o usar equipo de bioseguridad ya que este es toxico para los seres humanos. (Tatar & Bayar, 2018)

IV. Metodología

Para este capítulo se detallará la metodología que se utilizará, exponiendo cada una de las distintas etapas para llevar a cabo los análisis y pruebas que se desarrollaran en el proyecto. También se expondrá el enfoque de la investigación, las variables independientes y dependientes, las técnicas y procedimientos aplicados y el cronograma de actividades a realizar para la elaboración de un generador de ozono con Inteligencia Artificial.

4.1 Enfoque

El Enfoque de este proyecto es de carácter cuantitativo, donde se empleará la metodología de estudio en V. En concordancia con esta metodología, se podrá implementar distintos sistemas como el mecánico, el de control y electrónico al generador de ozono para una desinfección optima y novedosa. Se harán distintas pruebas para comprobar algunas capacidades del robot cuando este en el campo.

Tabla # 1 Variables de Investigación

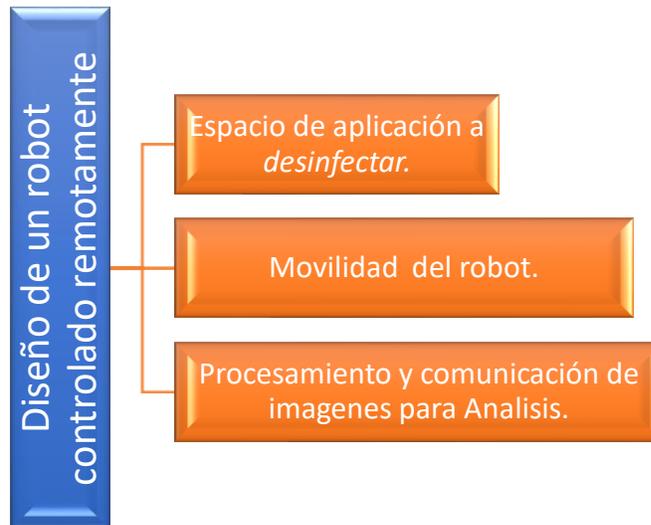
Fuente: Elaboración Propia.

Título Diseñar y Fabricar un generador de Ozono con IA.					
Problema	Objetivo General	Preguntas de Investigación	Objetivos Específicos	Variables Independientes	Variables Dependientes
¿Cómo generar y dispersar el gas ozono de forma eficiente?	Diseño y fabricación de un robot desinfectante e generador de ozono capaz de identificar personas y obstáculos.	1. ¿Qué efectos tiene la oxidación del ozono en el agua para combatir agentes patógenos?	1. Comparar las propiedades del ozono como agente oxidante.	Espacio de aplicación a desinfectar.	Diseño de un Robot controlado remotamente.
		2. ¿Qué tipos de estructuras robóticas son los más utilizados para la desinfección?	2. Diseñar un modelo CAD del prototipo de la estructura del robot		

			generador de ozono.	Movilidad del robot.	
		3.) ¿Qué recursos de inteligencia artificial son necesarias para detectar objetos y personas?	3.) Desarrollar distintos entornos de IA para la detección de objetos y rostros en el robot generador de ozono.		
		4.) ¿Qué opciones de control coexisten con la integración de Inteligencia Artificial en robots móviles?	4.) Desarrollar un sistema de control capaz de enlazarse al robot de manera remota mediante el uso de una red Wifi.	Procesamiento y comunicación de imágenes para análisis	
		5.) ¿Qué componentes son necesarios para la implementación de la inteligencia artificial para detectar objetos en una transmisión de video en vivo?	5.) Seleccionar las herramientas y componentes de visión artificial adecuadas para la detección de objetos y personas.		
		6.) ¿Qué motores son más eficientes para dar movilidad a este robot?	6.) Determinar qué tipo de motores ofrecen mejores ventajas al prototipo de robot.		

4.2 Variable de Investigación

Las variables de Investigación definen cada parámetro que varían dentro del proyecto, así en la siguiente imagen se tienen las variables dependientes y las independientes del generador de ozono con IA. La variable dependiente puede cambiar de valor por las variables



Fuente: Elaboración Propia.

independientes.

Para el diseño del generador de ozono. El espacio de Aplicación afecta directamente al uso de la energía que se esté utilizando, mientras más grande sea el volumen de aplicación, más ozono se ocupara generar, a la vez esto afecta directamente a la movilidad que tenga el robot, con una trayectoria controlada y eficaz dentro del volumen de espacio hay más probabilidad de poder desinfectar eficientemente. Dependiendo de la luminosidad y la comunicación que se tenga se vera la eficacia de los algoritmos neuronales aplicados al robot mediante la cámara y sea una interfaz amena para la persona que lo monitorea además del procesamiento nativo donde se ejecute.

4.3 Técnicas e Instrumentos Aplicados

El diseño del generador de Ozono con IA se realiza mediante el programa de SolidWorks, ya que se pueden obtener las pruebas y características necesarias que se acomoden al criterio de selección de materiales. Luego de analizar los distintos factores y de la selección de los materiales necesarios se fabrica el modelo pensando en la obtención de los distintos materiales en Honduras. También se diseñarán los componentes que sean necesarios dentro de la estructura.

Para el generador de ozono se utilizarán varios instrumentos tanto para diseñar los circuitos internos del robot y la eficacia del gas ozono para desinfectar. Para el diseño de los circuitos se implementará el software Proteus Professional y para medir la eficacia del generador se harán pruebas a determinada cantidad de agua midiéndose los niveles de PH y viéndose el efecto que estas tienen al momento de aplicarles ozono. Para la realización de redes neuronales se utilizarán dos entornos de desarrollo como ser Rapsbian para la Raspberry Pi, así como Anaconda Python para las pruebas de las redes neuronales, también se hará el uso de Motion Eye para el uso de la cámara.

4.4 Materiales

Se muestra la lista de materiales que se escogieron para las distintas partes del robot, así como las distintas opciones que había disponibles y que en base a los criterios y presupuesto se escogió la mejor opción para el proyecto.

Tabla 2 Materiales utilizados en el prototipo

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Controlador Principal

Familia	Gama	Rasgos distintivos
Arduino	Media	Gama Media
PIC16	Media	Gama Alta Mejorada
Raspberry pi 4	Alta	Gama Alta Mejorada

Motores DC

Modelo	Voltaje	Velocidad	Potencia
Motores DC	20 v dc	1700 rpm	2.83 kW

A58SW31ZY	12v dc	470 rpm	34 w
E30 – 400-G	24v dc	680 rpm	1.58 kw

Relé

	Voltaje	Amperios	Precio
Modulo Rele	5v	15-20 mA	65 lps
Módulo de 2 Rele	5v	15-20mA	100 lps
Estado Sólido	48v	30A	500 lps

Fuente de Alimentación.

Modelo	voltaje de salida	Amperios	precio
Baterías recargables amazonbasics	12 v	200 mAh	624.86 L
Baterías recargables RadioShack	5,12,24 v	850 mAh	180 L
Batería de Gel	12v	7 Ah	400 L
Batería de plomo Acido	12	10Ah	750

Estructura del Robot.

	Temperatura C	Descomposición T	Nivel de Corrosión
PVC	50 - 75	150 años	Bajo
Aluminio	100 - 150	10 años	Alto
Cristal	40 - 60	4000 años	Bajo

Estructura del Housing para placas de circuito.

	Temperatura. C	Descomposición. T
PLA	235	5 Años
TPU	210	5 Años
PET	235	1000 Años

Sensor de ozono.

	Rango pmm	voltaje	Precio	Dimensión
Orbisphere C1100	50	5 v	L. 150.00	35 x 15 mm
Sensor de Ozono MQ131 - V2	2	5v	L. 85.00	3.2 x 2.2 cm
PCE-FGD-O3	5 - 10	10 v	L. 100.00	50 x 30 mm

4.5 Metodología de Estudio

Para el desarrollo de este prototipo se usará la metodología V. Esta metodología fue seleccionada debido a que se enfoca en optimizar el proceso de diseño y desarrollo del proyecto permitiendo a la vez la retroalimentación de este y la pronta evolución conforme se van identificando deficiencias en este, permitiendo realizar una integración de los tres subsistemas de la ingeniería mecatrónica; la mecánica, la electrónica y la de control. Este balance permite diseñar un sistema mecatrónico generando un estudio individual, pero integrando sus componentes para una sincronía de la funcionalidad.

Etapa inicial. Requisitos del sistema

Diseñar un dispositivo capaz de desinfectar superficies de contacto mediante un generador de ozono en donde se logre integrar los sistemas que conforman la ingeniería mecatrónica, como ser un sistema electrónico, estructura y de control, cumpliendo con las Directrices de Calidad del Aire de la OMS.

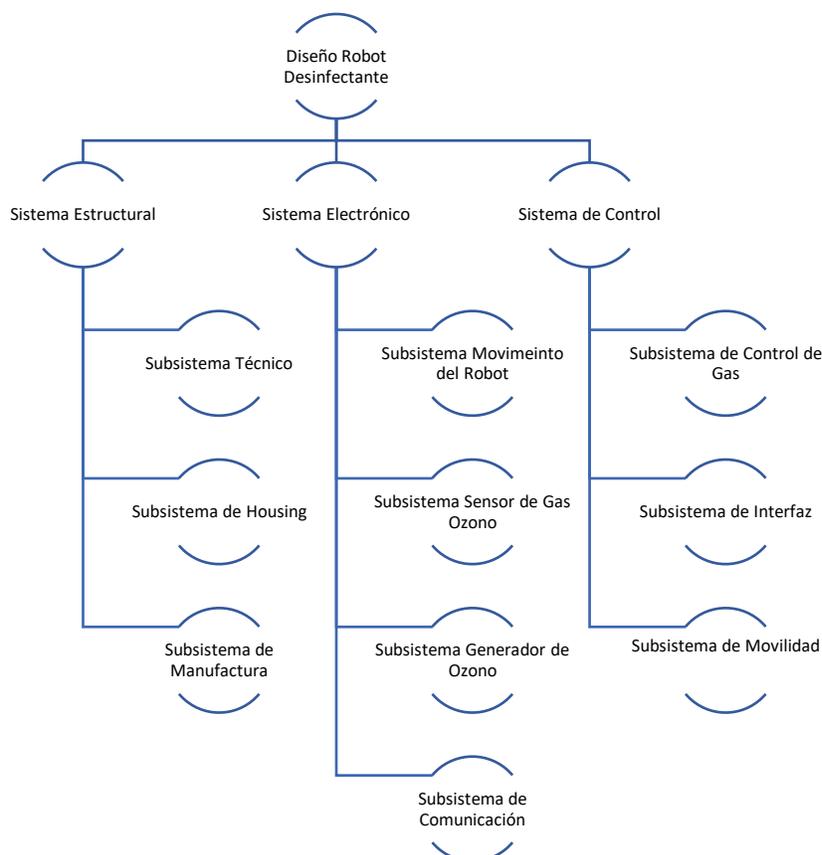


Ilustración 19. Niveles de los Sistemas y Subsistemas para el generador de Ozono con IA

Fuente: Elaboración propia.

Etapas 1 Nivel de Sistemas.

A. Sistema Estructural.

Se obtuvo un diseño base para la estructura del robot, el movimiento del robot y la generación de ozono dentro del robot. Se determinó cuáles son los materiales óptimos para la implementación e interacción con los demás componentes realizando simulaciones de resistencias y análisis de movimientos en Solidwork.

B. Sistema Electrónico.

Se obtuvieron los componentes necesarios para el manejo y procesamiento de datos enviados a través de los distintos sensores colocados en el robot, haciendo distintas pruebas para el envío correcto de datos y que se vean afectadas lo menos posible. Gracias al software Proteus Profesional se realizaron los circuitos para la funcionalidad de estos como ser motores eléctricos, sensores de gas ozono, fuentes de poder con alta tensión.

C. Sistema de Control

Se obtuvo por medio de distintos algoritmos digitales la implementación correcta de lecturas entre los sensores internos del robot, enviando y simplificando en lo más mínimo la pérdida de datos y haciendo posible la recepción de información con menor latencia entre un ordenador y con el microcontrolador. A la vez que se implementara una cámara por radiofrecuencia integrándola con IA para un mayor control del robot.

Etapas 2 Nivel de los Subsistemas.

A Subsistemas Estructurales.

Este fue conformado por tres partes principales:

1. Subsistema técnico: se diseñó el CAD de la estructura del robot realizando estudios por medio de una simulación que proporciona el software SolidWorks Simulation.
2. Subsistema de Housing: En este subsistema se definió que el material que se usará será PVC debido a que es fácil de conseguir, es fácil de imprimir y soporta buenas temperaturas, es un material muy dócil, fácil de mecanizar y mantiene un buen acabado con el espacio justo para las placas de circuitos y demás materiales.
3. Subsistema de Manufactura: En este subsistema se diseñó la estructura de dirección del robot por medio de relés de estado sólido.

B. Subsistema Electrónico.

Esta fue conformada por cuatro partes principales:

1. Subsistema Movimiento de robot: En este subsistema se implementaron los motores DC sin escobillas de 20v para el manejo del robot todos ellos implementando de manera correcta dentro de la estructura del robot.
2. Subsistema Sensor de Gas Ozono: En este subsistema se implementó el sensor de ozono conectándolo a la Raspberry pi 4 para procesar una lectura y mandarla al ordenador.
3. Subsistema Generador de Ozono: En este subsistema se implementa un generador de ozono, dando a la vez con todas las medidas de seguridad recomendadas para la realización del control de su potencia y el gas del ozono, en este subsistema también se hacen pruebas para comprobar la emisión de ozono y que verdaderamente esté produciendo ozono.
4. Subsistema de Comunicación: En este subsistema se diseña la comunicación entre el microcontrolador con la computadora al igual que la cámara con la computadora.

C. Subsistemas de Control.

Este fue conformado por tres partes principales:



Ilustración 20: Algoritmo de funcionamiento del generador de ozono.

Fuente: Elaboración Propia (2021)

1. Subsistema de Control de Gas: Para la interacción con el usuario se utilizará una interfaz en la que se puede observar la concentración del gas con la que sale al ambiente y el tiempo transcurrido en el que se está expulsando el gas.
2. Subsistema de Interfaz: Se diseñó un programa en el desarrollador de para poder realizar lecturas de concentración de gas ozono y controlar por medio de una red wifi el encendido y apagado del generador.
3. Subsistema de Movilidad: Se desarrolla un programa donde por medio de una raspberry se realiza una comunicación de para la realización de los movimientos del robot. Con las redes neuronales necesarias integradas a la cámara para la detección de personas y objetos.

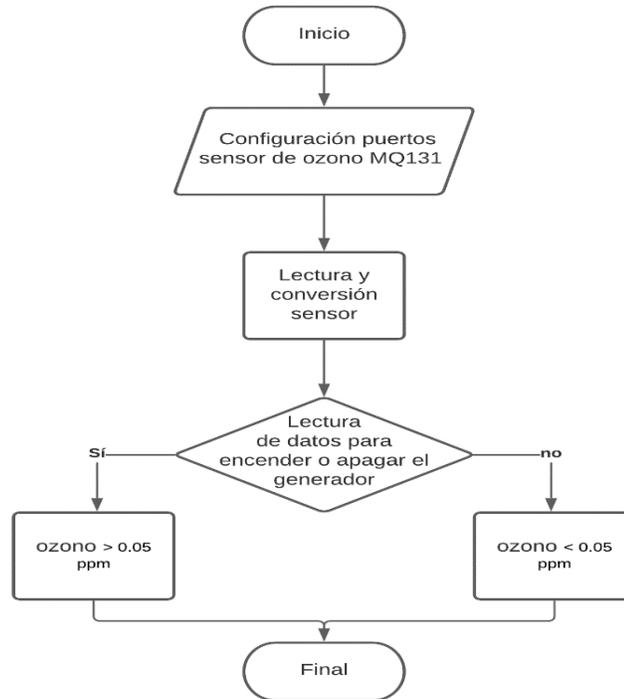


Ilustración 21: Algoritmo de funcionamiento del sensor de ozono.

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Etapas 3 Realización de las Partes.

Partes Estructurales

Se realizaron la estructura del robot, la estructura del Housing y la estructura de movimiento del robot por medio del software de Solidworks según el material seleccionado y se fabricó en lámina de PVC de 13 mm.

Partes Electrónicas

Se realizaron los diseños de las partes necesarias con sus componentes seleccionados verificando que estén en su funcionamiento normal.

Partes Control

Se realizó la interfaz tomando en cuenta que la lectura de datos era el correcto y si la recepción del mensaje era el ideal para cada sensor evaluando las distintas respuestas que estos ofrecían.

Etapas 4 Integración de las Partes.

Integración Partes Estructurales

Al integrar cada una de las partes mecánicas, se realizaron distintas pruebas para que el ensamblaje de los componentes se estableciera de una manera correcta y sin ningún inconveniente que afecte en la simulación del sistema. Se busca la solución óptima en las distintas relaciones que deben obtener dentro de la estructura y en el cual se asegurara un aislamiento eficaz, ya que el ozono es un oxidante poderoso y no puede afectar a los componentes internos del prototipo. Al mismo tiempo con la estructura de movimiento se verificó que estas estén acopladas debidamente y estas realicen el movimiento correcto.

Integración Partes Electrónicas

Se integraron cada uno de los componentes electrónicos para su uso ya colectivo y puedan interactuar entre sí, por ello, se implementó un sistema para poder monitorear y simplificar las distintas señales que producen estos sensores y haya un mayor control de cada uno de ellos, también se evaluaron la reacción de cada uno de los componentes al ozono, ya que el ozono al ser un gas muy oxidante, sin el correcto material estos pueden sufrir interferencia que afecten a la vida útil del sensor y no exista una buena comunicación colectiva de cada uno de los sensores. Se integra el conexionado del sensor de ozono y los motores responsables del movimiento del robot con el microcontrolador Raspberry.

Integración Partes de Control

Se diseñó la interfaz en la cual exista una comunicación óptima entre lo que son los sensores y los actuadores para que el interfaz entre usuario y máquina fueran completas sin pérdidas de datos diseñando una aplicación móvil para poder monitorear estos datos en tiempos de funcionamiento cuando no exista contacto con el robot. También se integró la cámara dentro del robot haciendo pruebas de monitorio del entorno.

Etapas 5 Integración de los Subsistemas.

Integración de los Subsistemas Estructurales.

Integración Subsistema técnico

Se verificó que la estructura del robot no sufriera desgastes por medio de pruebas de presiones, que aseguren su perfecto funcionamiento.

Integración Subsistema Housing

Se verificó que el material escogido para la estructura del housing soporte buenas presiones de fuerza a la vez que el ozono no provoque corrosión en las mismas y no haya interferencias con los demás componentes.

Integración de Manufactura.

Se verificó que los módulos que se escogió para la estructura de dirección de robot fuera el adecuado.

Integración de subsistema Electrónico

Integración Subsistema Movimiento de Robot.

Se verificó que las conexiones en la base del motor estén en óptimo funcionamiento y que los motores soporten las cargas estimadas a las que serán sometidos con todas las estructuras internas y externas del robot.

Integración Subsistema Sensor de Gas Ozono.

Se comprobó que las conexiones del sensor de ozono están en un óptimo funcionamiento con la Raspberry pi 4 para procesar lecturas y que sea mostradas en la computadora.

Integración Subsistema Generador de Ozono.

Se verificó el sistema de seguridad del generador de ozono, ya que trabaja a altas tensiones por su proceso de generación, se hacen pruebas de flujo de ozono para poder comprobar que esté asegurado su estructura dentro del robot y no haya posibilidades de fallas dentro de ella.

Integración Subsistema de Comunicación.

Se comprobó que el subsistema de comunicación funcionara de una forma adecuada comprobando la conexión para una comunicación óptima y estable. A la vez se comprobó el uso correcto de la cámara.

Integración de Subsistemas de Control.

Integración Subsistema Control del Gas.

Se verificó el conexionado del microcontrolador con el sensor de ozono para que haya una correcta lectura de esta y se esté trabajando de forma eficiente, a la vez asegurar que el diseño de la placa electrónica sea puesto de manera segura verificando su conexión.

Integración Subsistema de Interfaz.

Se verificó que en la comunicación haya una correcta conexión con los sensores y pueda verificarse que los datos que se envían por medio de wifi en la aplicación sean los correctos.

Integración de Movilidad de Robot.

Se verificó que el programa desarrollado para la comunicación RF entre el robot y el control sea el óptimo para el control de este asegurando que el diseño de los módulos electrónicos sea la más idónea.

Etapas 6 Integración de los Sistemas.

Integración Sistema Estructural.

Se integró toda la estructura física del robot con todos sus procesos mecánicos correspondientes y así observar el comportamiento del sistema mecánico con todos sus subsistemas integrados evaluando el funcionamiento y las respuestas que ofrece este sistema de acuerdo con los objetivos establecidos

Integración Sistema Electrónico.

Se integran todas las placas necesarias del sistema de acuerdo con los subsistemas establecidos para su funcionamiento y se conectan todos los cables para empezar la transmisión

de datos entre toda la estructura del robot y verificando que se están enviando y recibiendo datos en la forma correcta.

Integración Sistema Control

Se integran los algoritmos de programación en el cual se comunican lo que es el interfaz del usuario con las señales de los sensores con una Raspberry Pi 4, para que muestre los datos del sensor gas y también obteniendo esas lecturas implementadas en el robot y en cualquier dispositivo móvil por medio de la computadora y teniendo un sistema de movimiento de robot por medio de un control remoto en el ordenador para el uso de este.

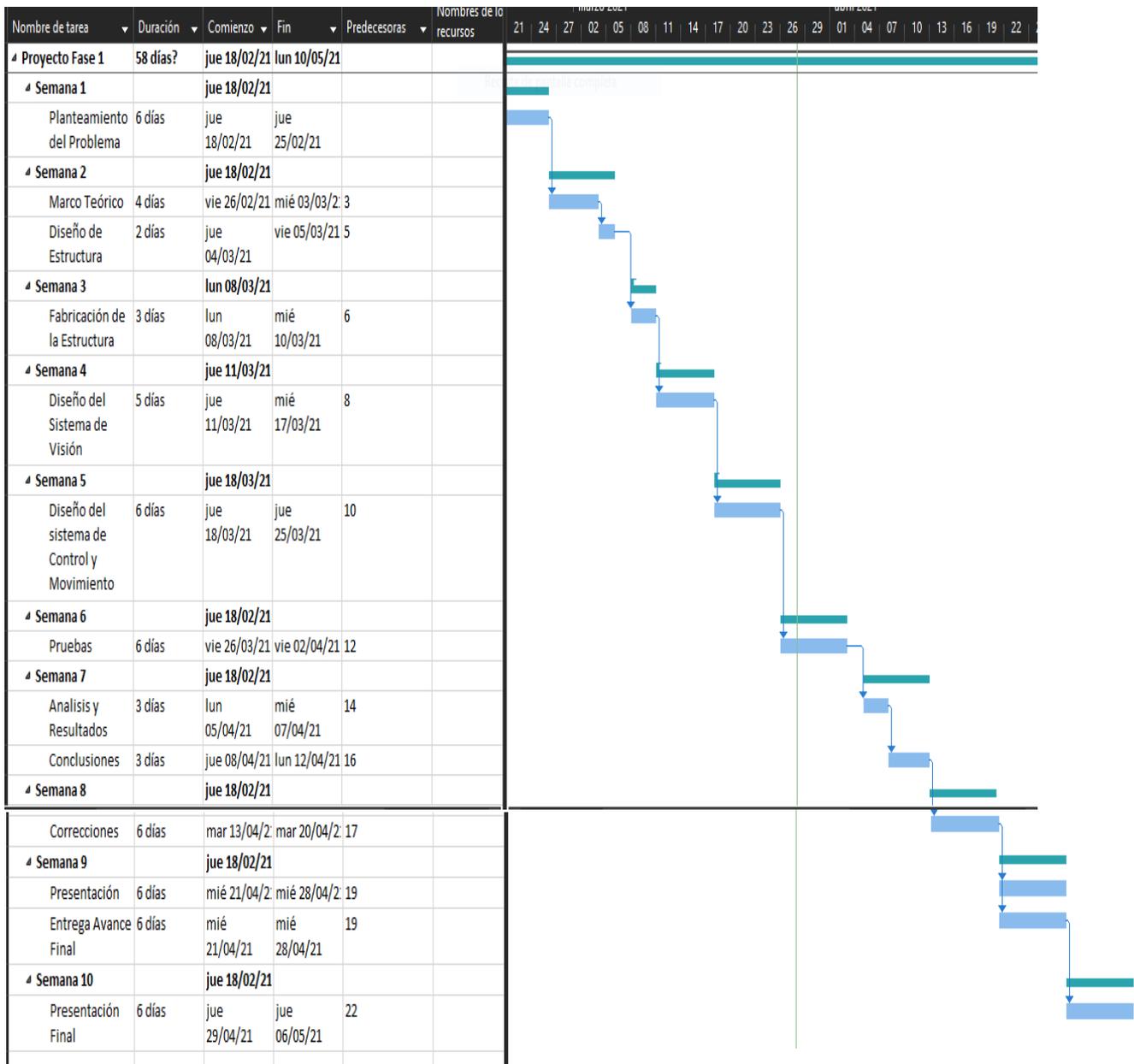
Resultado del Prototipo: Final del Ciclo.

Se diseñó un prototipo funcional para la desinfección de lugares cerrados demostrando la producción de ozono para la desinfección con todas las normas de seguridad necesaria, creando un diseño CAD de Robot Desinfectante en el simulador de SolidWorks, su diseño electrónico en el simulador de proteus y se desarrolló una interfaz con el usuario.

4.6 Metodología de Validación

Se realizaron distintas pruebas después de la fabricación del robot y se determinaron cada uno de los factores que hacen que el proyecto sea un éxito al desarrollo final. Este robot desinfecta espacios cerrados y agua si se requiere y en el cual es capaz de manipularlo obteniendo imagen de buena calidad y con IA integrado para volverlo más eficiente y novedoso respecto a los métodos tradicionales.

4.7 Cronograma de Actividades



V. Análisis y Resultados

En este capítulo se analizarán y discutirán el proceso de fabricación del robot, así como el comportamiento de cada uno de los distintos circuitos, algoritmos y componentes implementados en el robot interpretando el resultado de cada uno de ellos.

5.1 Análisis y sustento del Marco Teórico

En el desarrollo del marco teórico se establecieron puntos trascendentales para la investigación, tales como el tema de seguridad del robot, así como como la generación de ozono, detección de personas y objetos. Dada la complejidad de lo que puede llegar a ser integrar cada uno de estos sistemas es de mucho cuidado poder seguir los pasos necesarios para integrar estos sistemas y se consiguió siguiendo los pasos de la metodología. Surgieron muchas preguntas tales como ¿Realmente sirvió lo que se investigó? ¿Qué problemas surgieron de que no se sustentan en la teoría? ¿Son efectivos usar los componentes y algoritmos que se utilizan para este proyecto? Son muchas las preguntas que se hacen respecto a lo que se leyó y se investigó. Sin lugar a duda la teoría ayudo a entender mejor lo que se estaba haciendo con el robot, así como la importancia de poder realizar estudios de software para lograr que el prototipo estuviera más sustentando en su teoría.

Para la exitosa fabricación de este proyecto fue necesario aclarar algunos conceptos mencionados en el marco teórico, estos conceptos son los siguientes:

- Motores DC
- Microcontroladores
- Modelado 3D
- Fabricación aditiva

Para la fabricación de la estructura se usaron dos materiales los cuales fueron PVC y PLA. En el control electrónico y movimiento se usó un controlador el cual fue una Raspberry. Este ofrecía gran versatilidad en sus aplicaciones y brindaba muchas opciones para la implementación de sistemas.

Para complementar el desarrollo de este prototipo se utilizó múltiples softwares como ser proteus profesional para probar y esquematizar los circuitos, AutoCAD para poder realizar

múltiples pruebas de resistencias y movimientos, así como los entornos de desarrollo para la lógica algorítmica tales como Anaconda y Thonny Python. También se usó en menor medida Excel para tabular datos y obtener una gráfica expresada en los resultados. Todo ello para profundizar más en el desarrollo de este prototipo.

Siguiendo los pasos de la metodología se va a realizar cada una de las pruebas y mostrar los resultados de manera simple y eficaz.

5.2 Generación de Ozono

Siguiendo las normas establecidas para producir ozono, además de la responsabilidad y seguridad que debe tener en cuenta para operar un robot que genere ozono, los materiales y el voltaje necesario son importantes para producir este gas de forma remota en cualquier lugar. Por lo cual existen varios componentes que ocupan un aislamiento como el reactor donde existe alta potencia, así como una ventilación adecuada dentro de la estructura del robot para que no exista sobrecalentamiento de los distintos componentes eléctricos internos. Por ello se debe de estudiar y evaluar cada uno de los distintos escenarios que se pueden presentar en las pruebas de este prototipo.

5.2.1 Transformador y reactor del generador de Ozono

Para comprender como se forma el ozono basta colocar un transformador de alta potencia y con sus salidas ir acercando sus cables hasta que se vea el efecto corona que produce. El efecto

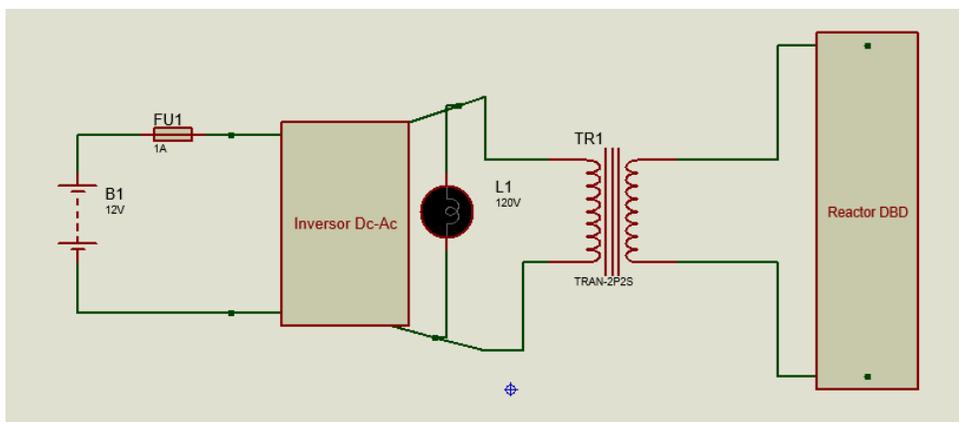


Ilustración 22 Fuente y diagrama eléctrico generador de ozono

Fuente: Elaboración Propia (2021)

corona sucede en muchos ámbitos de la electricidad, con este fenómeno es como se obtiene el ozono que se ocupó, pero tiene una desventaja y es que puede llegar a ser muy inestable. Por

ello es por lo que es más utilizado el DBD que además de producir ozono de manera constante también es más silenciosa que la descarga de corona. Para comprender eléctricamente como se forma ozono por estos métodos es mejor analizarlo gráficamente con el siguiente circuito

EL generador necesita el que transformador le entregue la potencia requerida para producir el ozono, en el diagrama anterior para lograr que no se requiera conexión por medio de cable externo, mediante una batería de 12 V y un inversor se puede obtener el voltaje requerido para entregarla al generador, a la vez de alimentar los demás componentes y controladores que se quieran dentro de la estructura del robot. A la vez que se conecta la bomba dentro de los 120 V AC para entregarle correctamente el flujo de aire dentro de la barrera dieléctrica, cabe destacar que la barrera dieléctrica utilizada para este proyecto es de cerámica.

Para generar ozono básicamente se ocupa de 2 factores principales tales como el transformador de potencia, así como el reactor con sus respectivos electrodos explicados anteriormente. Dado que el transformador de potencia genera alto voltaje, es necesario aislarlo para asegurarse que no interfiera con los demás componentes dentro del robot. Para este prototipo se está utilizando un transformador con voltaje de entrada de 110 V AC con una salida que varía entre $8,0 \pm 0,5$ kV AC con un tamaño de 147 x 60 x 40 mm.



Ilustración 23 Transformador de potencia

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Este transformador va conectado mediante los cables de su salida con un reactor que anteriormente se le llams electrodos. Estos electrodos están conectados a cada cable de la salida del transformador y así esta alimenta a las mallas interna y externas del reactor. Este punto es importante ya que aquí es donde se realiza la descarga DBD para la producción de ozono, mientras más sea la potencia suministrada al reactor más es la producción de ozono hacia el ambiente. Para el prototipo se usará un reactor que produce 3g/h con una medida del reactor de

220 x 35 mm y un peso aproximado de 511 g. Para una óptima producción se colocó también una pequeña bombita que envía un pequeño flujo de aire, dado que para este proyecto el reactor es de tipo DBD (Descarga de Barrera Dieléctrica) el ozono se genera dentro de los electrodos y así con un flujo de oxígeno levemente ligero se expande de manera más rápida y eficaz al espacio que se desea purificar.



Ilustración 24 Reactor y bomba de aire conectados al transformador.

Fuente: Elaboración Propia (2021).

Como se ha dicho anteriormente el proceso de creación de ozono no es proceso complicado como tal, siguiendo todas las normas que establecen organizaciones como la OMS y muchos otros organismos que regulan las normas sanitarias de los países no debe existir algún problema que interfiera en el generador de ozono. Como se ha descrito repetidamente en la sección de ozono, al ser un gas muy oxidante lo convierte en un compuesto bactericida y viricida que elimina cualquier agente patógeno ya sea en el aire o en el agua.

5.2.2 Monitorización de Ozono con sensor MQ131

Para llevar a cabo este prototipo es importante monitorear los niveles de ozono en el ambiente. Dado que este gas puede producir diferentes irritaciones dependiendo de la reacción que tenga cada persona en su sistema, producir altos niveles de ozono dentro de un entorno no es lo más recomendable posible, y aunque el ozono se puede desintegrar relativamente rápido en el ambiente, los residuos aún pueden ser perjudiciales para la salud de algunas personas, por ello se decidió que monitoreando los niveles de ozono del robot recibiera algunas señales que tanto como el propio robot como el operario del mismo pueden ejecutar. Para llevar a cabo esta

medición se utiliza un sensor de ozono disponible en el mercado llamado Sensor de Ozono MQ131. Un sensor de alta disponibilidad en el mercado internacional y muy práctico para la implementación en el robot. utilizándose exclusivamente para medir el ozono en el ambiente que tiene salida tanto analógica como digital.

Se sabe que los sensores que tienen salidas analógicas tienen una variación de voltaje dentro del rango que se le permita, en donde la gran mayoría varía entre 3.3-5 V DC y aunque en todos los sensores ese es el principio de funcionamiento que existe, hay una diferencia que las distingue y es la interpretación de códigos para mostrar la magnitud base del sensor. Este sensor en especial tiene librerías y bibliotecas que expresa cada uno de esos valores e interpreta esa variación de voltaje para expresarlo en ppm (partes por millón) o en ppb (partes por billón) así como todas las medidas que utilizan para medir el ozono. Uno de los parámetros importantes para comprender el comportamiento del sensor es su sensibilidad que esta tiene en su funcionamiento.

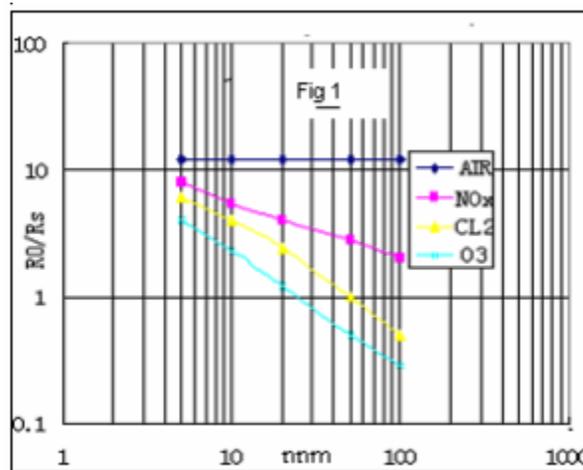


Ilustración 25 Sensibilidad del sensor MQ131

Fuente: (MQ131 Datasheet.Pdf, n.d.)

Como se puede ver en la ilustración anterior se muestran las características típicas de sensibilidad del sensor MQ131. Algo característico es la relación de resistencias R_s/R_o donde R_s representa la resistencia de diferentes gases y R_o representa la resistencia del sensor de ozono en 60 ppm.

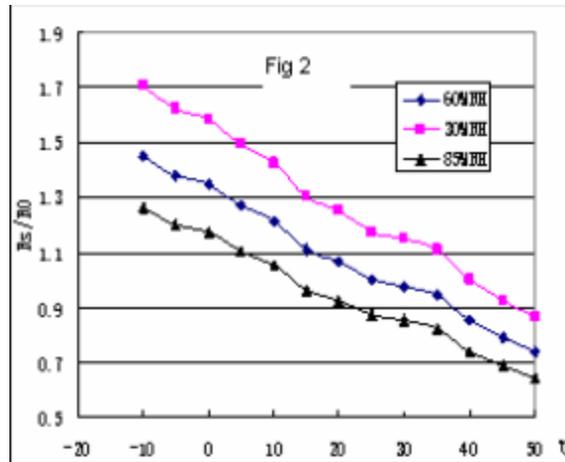


Ilustración 26 Influencia de la temperatura y humedad del sensor MQ131

Fuente: (MQ131 Datasheet.Pdf, n.d.)

En la ilustración anterior se muestran las características de temperatura y humedad típicas en el ambiente. Con la relación E_s/R_o explicado anteriormente todas estas pruebas se realizaron en ambientes normales de temperatura y humedad.

5.2.3 Lectura de datos sensor MQ131

Para monitorear los niveles de ozono que se produce en el ambiente se conecta el

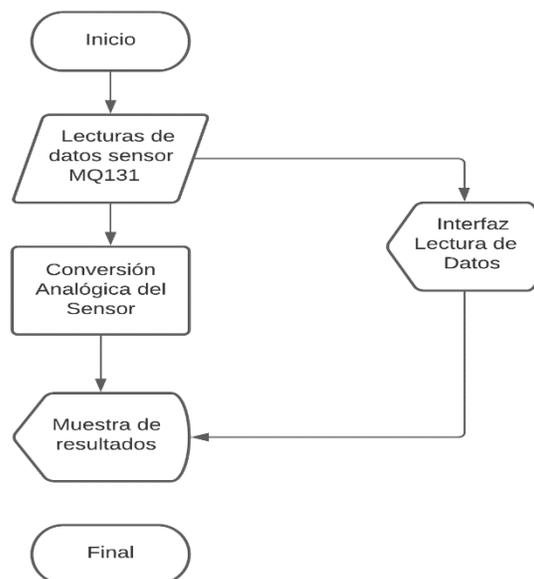


Ilustración 27 Ilustración 8 Flujograma lectura sensor MQ131 Fuente: elaboración Propia (2021)

sensor a los microprocesadores para este proyecto. El microcontrolador principal donde se conecta los motores y la cámara USB es la Raspberry Pi 4, debido a que las entradas y salidas

de la raspberry pi 4 tiene un máximo de 3.3 V, no es suficiente para alimentar el circuito del módulo del sensor MQ131, por lo cual la raspberry pi 4 es el centro principal de operaciones y donde se encuentran alojados todos los algoritmos neuronales del robot. EL ATmega conocido normalmente con aplicaciones de Arduino envía esas señales para alimentar los módulos tanto digitales como analógicas, en este caso para el módulo de MQ131. Para realizar las pruebas de funcionamiento de lectura del sensor se utiliza un pequeño programa con sus respectivas librerías de Arduino y con diferentes tiempos de medición se ve el comportamiento del sensor gráficamente con sus variables, analizando si hay cambios significativos mientras este encendido el generador de ozono.

Para mantener una ozonización apta y sin riesgos para la salud humana, se obtuvieron en un periodo de tiempo, magnitudes físicas captadas por el sensor de ozono MQ131 con el fin de poder comprobar el comportamiento del sensor en el ambiente, a la vez de verificar un funcionamiento óptimo del sensor y de como este se comporta en un periodo de tiempo prolongado y analizar cada uno de los datos que se obtienen del sensor. Luego de iniciar el interfaz para ver los valores del sensor se realizaron pruebas en diferentes cuartos de un apartamento.

```
Calibracion en progreso...
Calibracion hecha!
R0 = 67266672.00 Ohms
Tiempo para calentar = 17 s
Leyendo...
Concentracion O3 : 0.01 ppm
Concentracion O3 : 9.91 ppb
Concentracion O3 : 0.02 mg/m3
Concentracion O3 : 20.94 ug/m3
```

Ilustración 28 Interfaz de monitorización del sensor MQ131

Fuente: Elaboración Propia (2021)

La primera habitación fue el baño, el cual media 2.1m x 1.1m 3.1m equivalente a 7.161 m³; se inició con el proceso de desinfección, la prueba se basaba no en saber la eficacia del ozono en el ambiente, al contrario, se basaba en analizar el comportamiento del sensor respecto al tiempo, con la siguiente tabla se ve el comportamiento que tuvo el sensor a lo largo de 18 minutos.

Medición con el sensor de ozono	
Tiempo	Medida
1 min	0.01 ppm
2 min	0.01 ppm
3 min	0.01 ppm
4 min	0.01 ppm
5 min	0.02 ppm
6 min	0.02 ppm
7 min	0.02 ppm
8 min	0.02 ppm
9 min	0.03 ppm
10 min	0.03 ppm
11 min	0.03 ppm
12 min	0.03 ppm
13 min	0.03 ppm
14 min	0.03 ppm
15 min	0.04 ppm
16 min	0.04 ppm
17 min	0.05 ppm
18 min	0.05 ppm

Tabla 3 Interfaz de monitorización del sensor MQ131.

Fuente: Elaboración Propia (2021).

Con los datos obtenidos se obtienen comportamientos muy interesantes, el sensor mantiene comportamientos constantes durante 3 minutos aproximadamente, eso quiere decir que el ozono es un gas que vuelve a su estado original de forma rápida. Otra observación importante es que al momento de generar ozono se estuvo en un lugar de forma estática y ello conlleva a que no hay mucho flujo de ozono en el ambiente al producirse en un solo lugar. Para una mejor representación se mostrará la siguiente grafica con los datos de la tabla anterior.

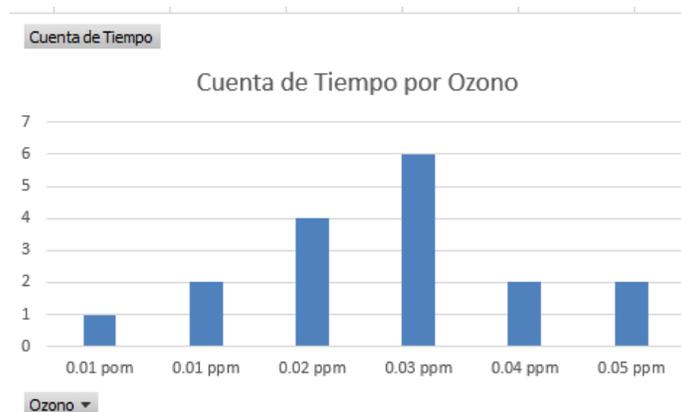


Ilustración 29 Gráfica de monitorización del sensor MQ131.

Fuente: Elaboración Propio (2021).

En la ilustración anterior se ve gráficamente los datos tabulados en la prueba, si se ve con atención la magnitud que estuvo mayor tiempo de forma constante fueron las 0.03 ppm con un total de 6 minutos, le siguen los demás, pero con un rango menor.

Se hizo una prueba en el mismo baño, pero con los datos a la inversa, es decir, el tiempo en el que el ozono tarda en descomponerse, se recuerda que estas lecturas son por parte del sensor, lo cual son valores aproximados que se obtienen a partir de los valores analógicos que esta tiene.

Medición para observar el tiempo de desintegración del ozono con el sensor MQ131	
Tiempo	Medida
1 min	0.05 ppm
2 min	0.05 ppm
3 min	0.04 ppm
4 min	0.04 ppm
5 min	0.03 ppm
6 min	0.03 ppm
7 min	0.03 ppm
8 min	0.02 ppm
9 min	0.02 ppm
10 min	0.01 ppm
11 min	0.01 ppm
12 min	0.01 ppm
13 min	0.01 ppm
14 min	0.01 ppm
15 min	0.01 ppm
16 min	0.01 ppm
17 min	0.01 ppm
18 min	0.01 ppm
19 min	0.01 ppm
20 min	0.01 ppm
21 min	0.00 ppm

Tabla 4 Tiempo Desintegración del ozono con el sensor MQ131. Fuente: Propio.

Se realizo una segunda prueba de medición con el sensor MQ131 en un espacio de diferente medida para que se logre ver el comportamiento del ozono respecto al sensor MQ131, se obtuvo datos con algunas curiosidades representadas en las siguientes tablas:

Medición con el sensor de ozono Lugar 2	
Tiempo	Medida
1 min	0.00 ppm
2 min	0.01 ppm
3 min	0.01 ppm
4 min	0.02 ppm
5 min	0.01 ppm
6 min	0.02 ppm
7 min	0.03 ppm
8 min	0.03 ppm
9 min	0.03 ppm
10 min	0.04 ppm
11 min	0.04 ppm
12 min	0.04 ppm
13 min	0.05 ppm

(a)

Disipación del Ozono con el sensor MQ131	
Tiempo	Medida
1 min	0.05 ppm
2 min	0.05 ppm
3 min	0.05 ppm
4 min	0.05 ppm
5 min	0.04 ppm
6 min	0.03 ppm
7 min	0.03 ppm
8 min	0.03 ppm
9 min	0.02 ppm
10 min	0.02 ppm
11 min	0.02 ppm
12 min	0.01 ppm
13 min	0.01 ppm
14 min	0.01 ppm
15 min	0.01 ppm
16 min	0.01 ppm
17 min	0.01 ppm
18 min	0.00 ppm

(b)

Tabla 5 Pruebas con el sensor de ozono MQ131. Fuente: Propio

Como se puede observar en las tablas 5a como es un espacio menor, el cual media 2.2m x 1.2m x 2.4m equivalente a 6.336m³; el tiempo en que tarda en superar la barrera de los 0.05 ppm se ve reducido indicando una alta penetración del ozono en el espacio en el que se esté aplicando, sin embargo, en la tabla 5b, la desintegración de ozono se lleva a mayor tiempo, pero debido a varios factores, entre ellos se encuentra: La ventilación del espacio en que se aplica, las fugas que puede existir en el espacio en que se aplica. Por ello se recomienda el uso de ventilación y abrir absolutamente todas las puertas que puede existir en el entorno en que se aplique el ozono.

Para que se observe el comportamiento del ozono con diferentes espacios, se probó en un espacio significativamente más grande que los anteriores, 4.8m x 3.2m x 3.1m equivalente a 47.616 m³, en donde también se pueden observar unos cambios bastante significativos, debido a lo que se observó en la prueba, se decidió medir con un intervalo de tiempo de 2 min.

Prueba #3 con el sensor MQ131	
Tiempo	Medida
1 min	0.01 ppm
3 min	0.01 ppm
5 min	0.01 ppm
7 min	0.01 ppm
9 min	0.01 ppm
10 min	0.02 ppm
12 min	0.02 ppm
14 min	0.02 ppm
16 min	0.03 ppm
18 min	0.03 ppm
20 min	0.04 ppm
22 min	0.04 ppm
24 min	0.04 ppm
26 min	0.04 ppm
28 min	0.05 ppm

(a)

Prueba #3 Desintegración del Ozono con el sensor MQ131	
Tiempo	Medida
1 min	0.05 ppm
3 min	0.05 ppm
5 min	0.04 ppm
7 min	0.04 ppm
9 min	0.04 ppm
10 min	0.04 ppm
12 min	0.04 ppm
14 min	0.03 ppm
16 min	0.03 ppm
18 min	0.03 ppm
20 min	0.03 ppm
22 min	0.02 ppm
24 min	0.02 ppm
26 min	0.02 ppm
28 min	0.01 ppm
30 min	0.01 ppm
32 min	0.01 ppm
34 min	0.01 ppm
36 min	0.01 ppm
38 min	0.01 ppm

(b)

Tabla 6 Prueba 3 medición de ozono con el sensor MQ131

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Algo característico y común en las tres pruebas es el prolongado tiempo en el que se encuentra en 0.01 ppm, esto debido a la sensibilidad del sensor, cabe aclarar que la OMS recomienda que el uso en el que un ser humano puede estar expuesto al ozono no debe superar las 0.05 ppm en un tiempo no mayor de 8 horas, lo que significa que realmente el tiempo en el que ya se puede estar en el lugar desinfectado es menor al que se mide con el sensor.

5.2.4 Desinfección del ambiente y el agua con el ozono

Una de las preguntas que más se hace al momento de entrar con el entorno del generador de ozono es ¿Realmente Desinfecta el ozono? ¿Cómo saber si el ozono purifica el aire y el ambiente? Para poder responder estas preguntas se deben realizar pruebas empíricas que se verifique los cambios y reacciones químicas que suceden en el momento que el ozono entra en contacto con el ambiente. Para poder realizar estas pruebas se hará mediante el agua. La mayor aplicación del ozono históricamente ha sido purificar y desinfectar el agua, muchas empresas embotelladoras de agua realizan estas técnicas para vender sus productos, por lo cual hay antecedentes de que el ozono para el tratamiento de líquidos es efectivo.

Para realizar estas pruebas de tratamiento con el ozono, se usa unas tiras reactivas para tratamiento de agua. Estas tiras reactivas de la empresa Insight Expert miden diferentes

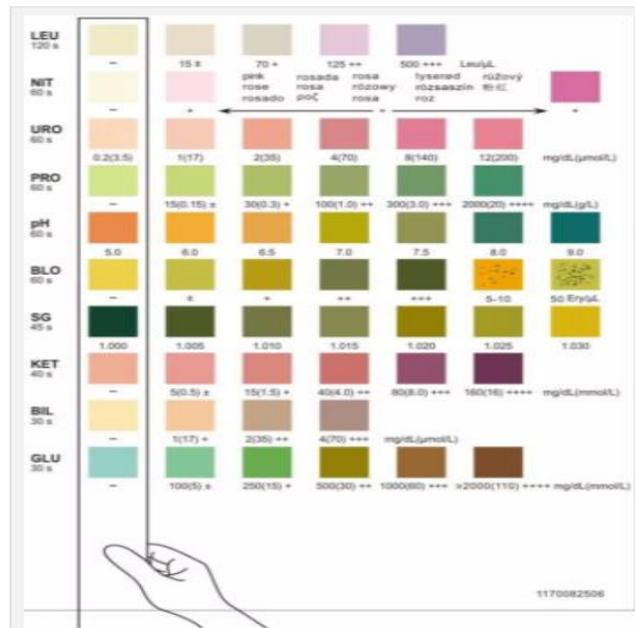


Ilustración 30 Parámetros que miden las tiras reactivas 11

Fuente: («Mission Urinalysis», s. f.)

magnitudes tales como pH, proteína, leucocitos, nitrito, etc. Estas tiras reactivas manejan diferentes magnitudes, pero los datos más relevantes que se ocupan son el pH y las magnitudes que manejan los minerales y que afectan al desarrollo de microorganismos dentro del agua.

5.2.5 Prueba Ozono en el agua

Para esta prueba lo que se hizo es medir mediante una cinta reactiva y del agua del grifo los niveles de pH en una pana de agua, antes de insertar ozono en el agua se hizo una medición de pH mostrando los pasos con las siguientes imágenes.

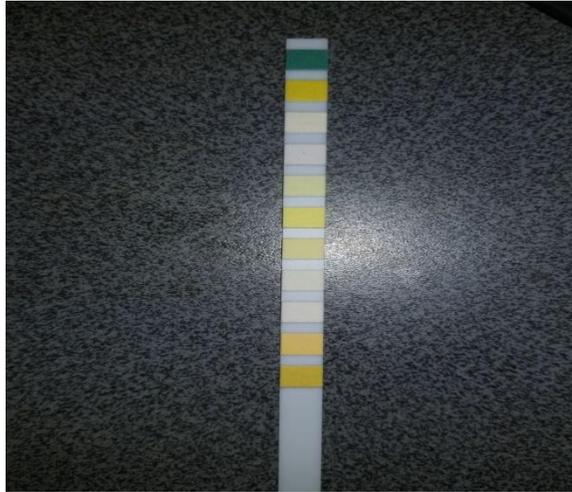


Ilustración 31 Tira reactiva antes de ser introducida al agua.

Fuente Elaboración propia (2021)

Como se puede observar en la imagen, en su punto base, la tira reactiva presenta sus valores normales sin ser afectados. Ahora al medir el pH en el agua antes de insertar el ozono se obtiene:



Ilustración 32 Tira reactiva insertada en el agua midiendo el pH. Fuente: Propio.

Como se puede observar, la tira reactiva está midiendo los niveles de reacciones del agua sin insertar ozono dentro de su pana, luego de 3 minutos se obtiene:

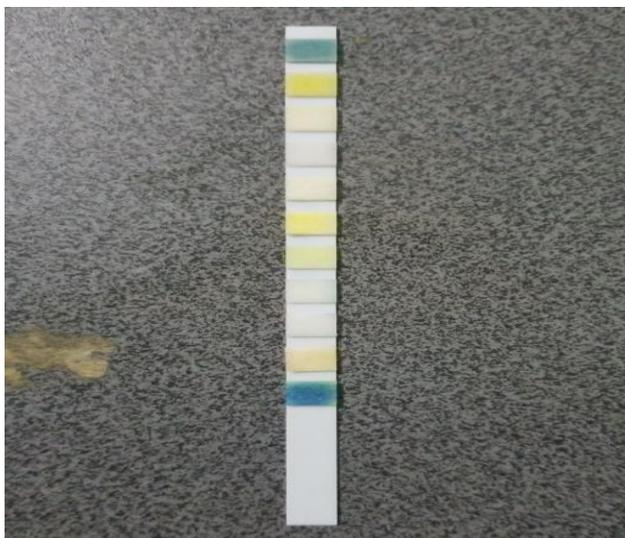


Ilustración 33 Resultado del pH en el agua sin insertar el ozono. Fuente: Propio.

Como resultado y con el diagrama de resultado de las tiras de pH presentadas anteriormente se obtiene que el pH, de penúltima posición en la tira un resultado de $\text{pH} = 6$, hay que recordar que el pH se mide entre 0 y 14 siendo 0 lo más ácido posible y 14 lo más alcalino posible. Ahora insertando ozono a la misma bandeja de agua se comprobarán los resultados.

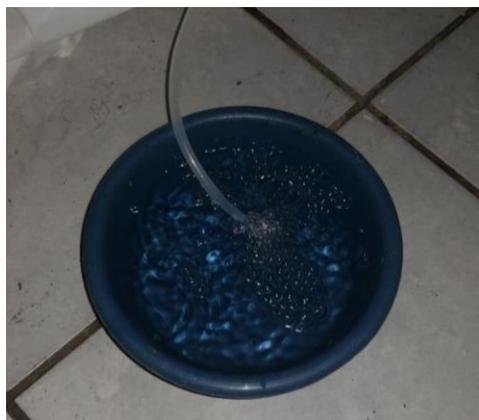


Ilustración 34 Agua ozonizada con su tira de pH nueva. Fuente Propio.

Para la 2 parte de la prueba al encender el ozono durante 10 minutos se esperará los resultados de la tira reactiva para ver si sus valores respecto a la primera parte cambian o se mantienen de igual forma. Dando como resultado:

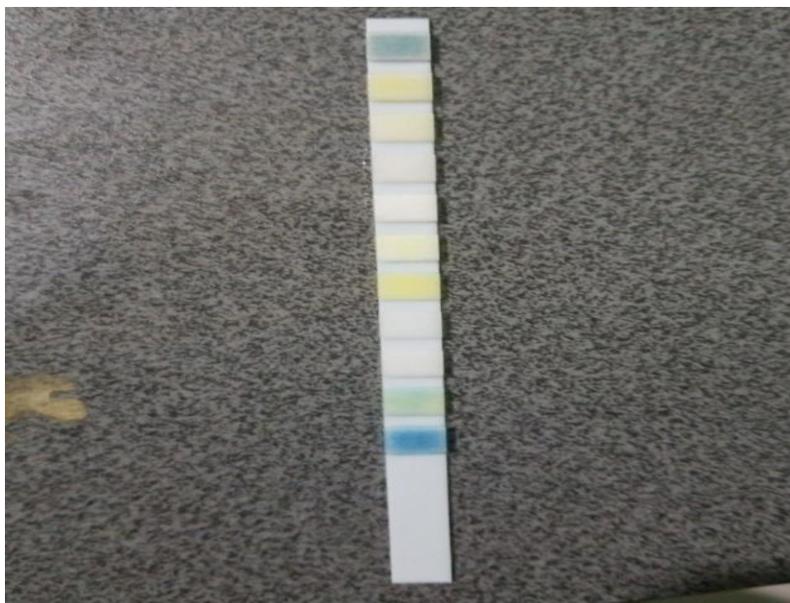


Ilustración 35 resultado Tira reactiva después de ser ozonizada. Fuente: Propio.

Como se puede ver, la penúltima parte de la tira reactiva corresponde al pH, luego de 10 minutos ingresándole ozono al agua de forma constante y de acuerdo con las indicaciones para medir sus resultados siguiendo los pasos correctos se obtiene que el pH = 7, en comparación a la primera parte que el pH = 6.

Tabla 7 Pruebas hechas con las tiras reactivas en determinados tiempos

Tiempo	Ph antes de ozono	Ph despues de ozono
3 min	6	6
5 min	6	6
10 min	6	7

Como se ve en la tabla anterior la base de pH siempre estuvo en 6, es decir el agua tenía cierto grado de acidez, es un pH estándar en el agua potable por los minerales y los factores que conllevan, pero después de 10 minutos se ve los efectos del ozono en donde su factor oxidante hace que los líquidos se vuelvan más alcalinos y llegando a su forma neutral que es 7 se observan los efectos oxidantes del ozono lo que lleva a pensar lo mismo para el ozono en el ambiente.

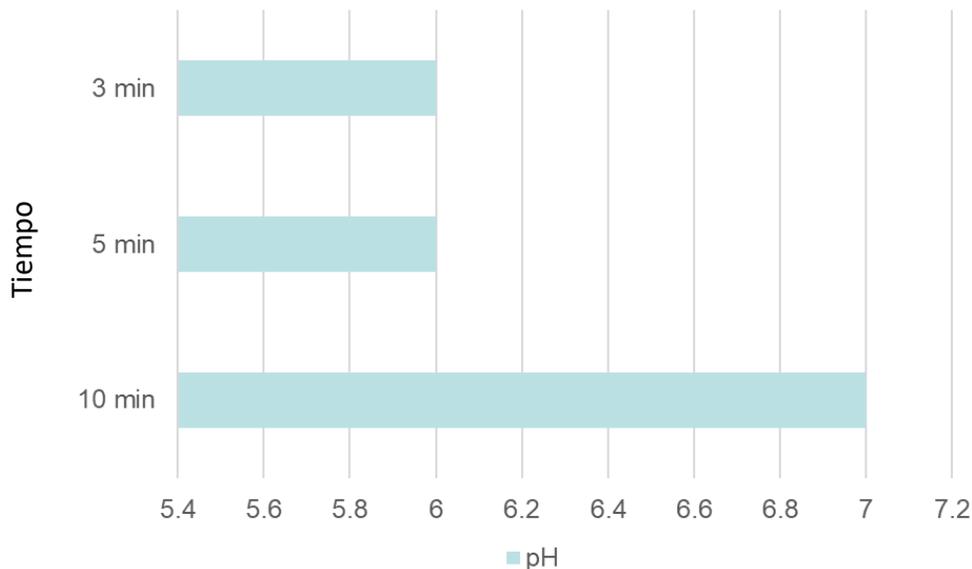


Ilustración 36 Gráfica Tira reactiva después de ser ozonizada. Fuente: Propio.

Como conclusión de esta prueba se obtiene que realmente el ozono si tiene un efecto cuando reacciona tanto con el agua como el ambiente, y en ese sentido los resultados son los esperados porque al ser el ozono un purificador y teniendo un uso desinfectante, con el pH se confirma que el agua se volvió de ser acida a ser neutral con la tendencia de llegar a ser alcalina, que va de acuerdo con sus propiedades oxidativas y comprobándose dichos resultados en esta prueba.

5.3 Desarrollo Entorno de Inteligencia Artificial

Una característica principal de este proyecto es la implementación de redes neuronales tanto para el análisis de imágenes como para el control de actuadores y sensores. La Inteligencia artificial en la última década tiene un impulso importante y en que cada día más desarrolladores se están uniendo. Para la implementación en este proyecto se utilizaron distintas redes neuronales, tanto para analizar las imágenes y detectar objetos, así como el reconocimiento sencillo de personas para activar actuadores internos en el robot. EL lenguaje de programación más utilizado en esta investigación es Python y en menor medida Lenguaje C++. Python es el lenguaje por excelencia utilizado para el machine learning y uno de los que más utilizados mundialmente por los programadores.

5.3.1 Entornos de Desarrollo para Inteligencia Artificial

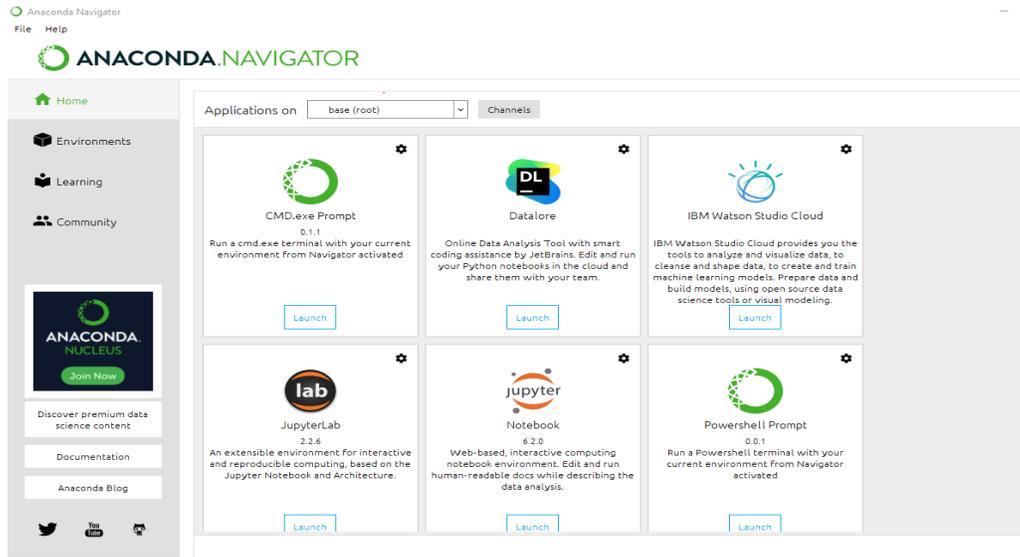


Ilustración 37 Entorno de Desarrollo Anaconda. Fuente: Propio

Para desarrollar una red neuronal de uso aplicable a un ordenador o a un microordenador primero se implementa un entorno de desarrollo. Existen muchos sistemas operativos que manejan distintos programas para crear un entorno de desarrollo. Dentro del programa de desarrollo están todas las librerías y paquetes necesarios para correr los algoritmos que se desarrollan y correr redes neuronales en un ordenador o microprocesador. Para esta investigación se utilizaron varios IDE y entorno de desarrollo. Para el ordenador donde se maneja la detección de objetos en tiempo real se utiliza Anaconda, un programa ampliamente utilizado y con buena documentación para desarrollos científicos de machine learning. Dentro de Anaconda existen muchas IDE tanto para Python como para cualquier otro programa y dentro de ella se pueden crear los entornos de desarrollo con los comandos dentro de su ventana de terminal.

5.3.2 Detección de rostros

Uno de los objetivos para este proyecto es la detección de personas mediante un cámara conectado al microcontrolador principal, para ello dentro del pequeño pero potente microcontrolador se utiliza las librerías de opencv y el lenguaje Python para detectar rostros en tiempo real. Existen hoy muchas formas de poder detectar las caras, en este caso se utiliza un algoritmo muy utilizado de opencv como lo es el algoritmo de Viola & Jones. Este es un algoritmo especializado en la detección de caras, reconocimiento facial, así como detección de personas.

Para ello guarda un archivo XML que contiene el código fuente de la estructura de personas humanas, muy importante para tener en cuenta al correr el programa.

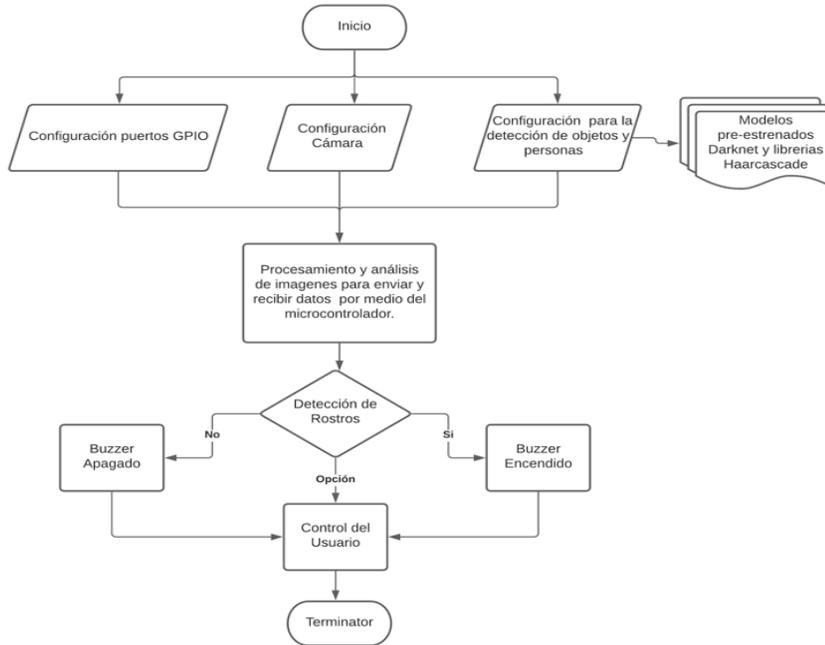


Ilustración 38 Algoritmo detección de rostros y objetos

Fuente: elaboración propia (2021)

Para ejecutar este script primero se debe instalar las librerías necesarias y todos los paquetes necesarios para no tener problema alguno, a la vez que se debe mantener actualizado la Raspberry pi para que la biblioteca de librerías no tenga problemas en ejecutarse.

```

pi@raspberrypi:~$ sudo apt-get update
Hit:1 http://archive.raspberrypi.org/debian buster InRelease
Hit:2 http://raspbian.raspberrypi.org/raspbian buster InRelease
Reading package lists... Done
pi@raspberrypi:~$ sudo apt-get upgrade
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
Calculating upgrade... Done
The following packages were automatically installed and are no longer required:
  arduino-core avr-libc avrdude binutils-avr extra-xdg-menus gcc-avr libftdii
  libhidapi-libusb0 libjna-java libjna-jni libpng-tools librxtx-java
Use 'sudo apt autoremove' to remove them.
0 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 0 not upgraded.
pi@raspberrypi:~$ pip3 install opencv-contrib-python==4.1.0.25
Looking in indexes: https://pypi.org/simple, https://www.piwheels.org/simple
Requirement already satisfied: opencv-contrib-python==4.1.0.25 in ~/.local/lib/p
python3.7/site-packages (4.1.0.25)
Requirement already satisfied: numpy>=1.16.2 in /usr/lib/python3/dist-packages (
from opencv-contrib-python==4.1.0.25) (1.16.2)
pi@raspberrypi:~$
  
```

Ilustración 39 Instalación de librería opencv en Python

Fuente: Elaboración propia (2021)

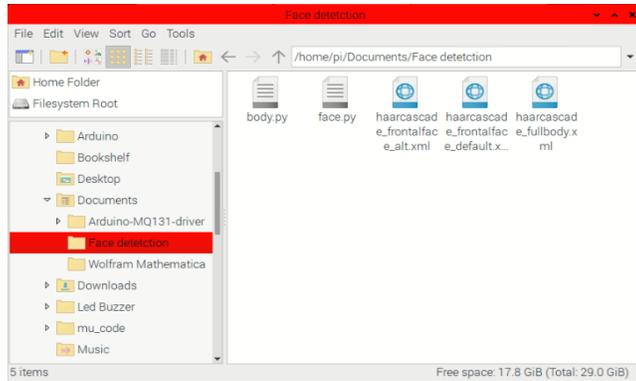


Ilustración 40 Archivos Haar para detección de rostros y cuerpos

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Para la ejecución de este código en el microcontrolador, también es necesario los archivos haar que mantienen modelos entrenados para reconocimiento facial, detección facial y partes completas del cuerpo, así como también la posibilidad de entrenar los propios modelos para detección de objetos. Teniendo en consideración todo lo dicho lo anteriormente se está lista para ejecutar el script.

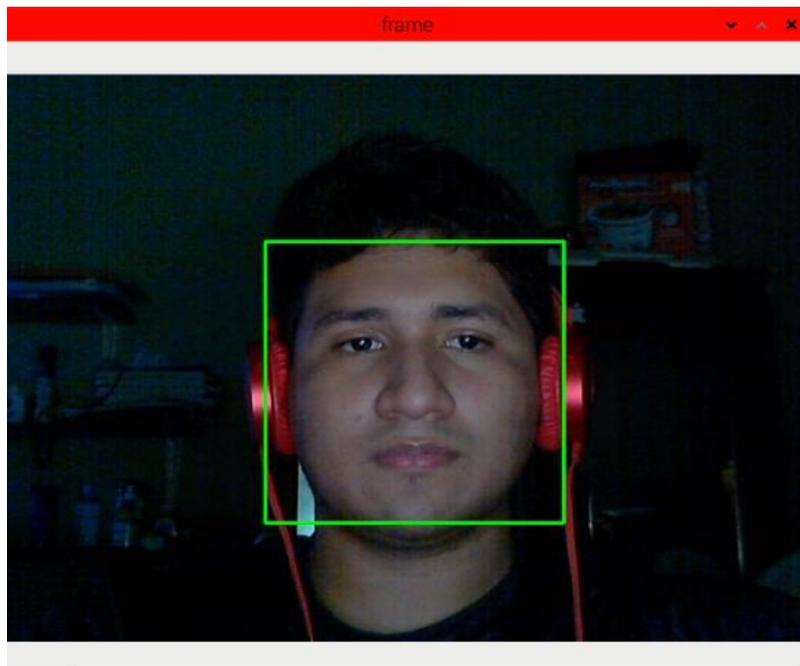


Ilustración 41 Prueba detección de rostro

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Como se ve, el script se ejecutó correctamente en la cámara y la detección de los rostros funciona perfectamente, ahora con el mismo script se ve que tal es la detección del rostro desde un ángulo más alejado.

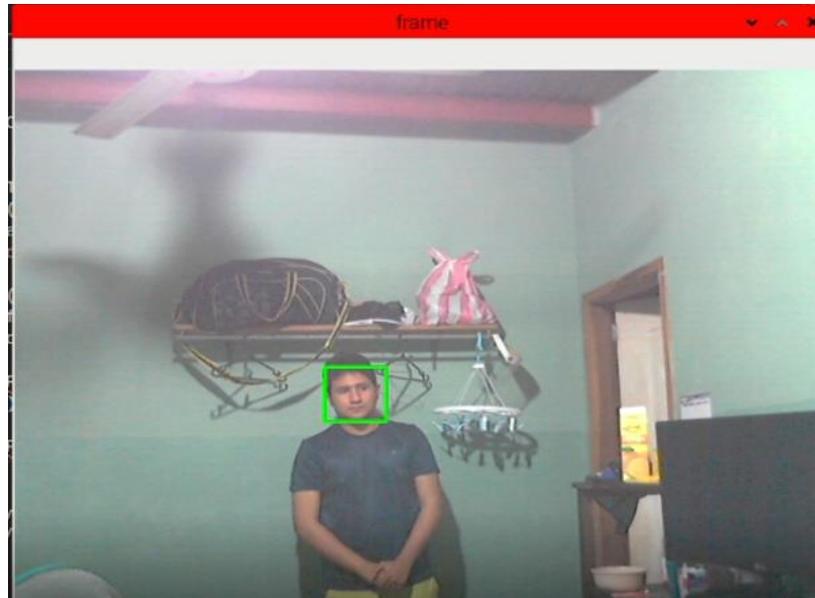


Ilustración 42 Detección de rostro con mayor distancia

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Como se ve en la imagen, la detección de rostro a pesar de la distancia reacciona y reconoce bien los algoritmos y tiene poca o nada interferencia al momento de la detección del rostro. Ahora al hacer una prueba con los anteojos puestos se ve si existe alguna interferencia en el reconocimiento del rostro.

Como se ve el algoritmo reacciona bien, aunque se tengas gafas y una luminosidad alterada en el rostro, lo cual da como resultado que es un algoritmo útil al momento de ponerla a trabajar en sitios que otros algoritmos no pudiesen detectarlo con mayor exactitud. Ahora, aunque con un objeto en frente ¿Es capaz de detectar el rostro atrás de algún obstáculo? En la siguiente prueba se ve a que volumen de obstáculo al algoritmo de detección de rostros se dificulta y se obstruye la visibilidad entre el rostro y la cámara de forma que no se le permite detectar el rostro al algoritmo, representando en la siguiente imagen el problema.

Ahora, como se hace la detección de rostros ¿Qué análisis conlleva la detección de rostros? Para realizar un análisis de cómo funciona este algoritmo por medio del software Matlab se hizo

un análisis de los puntos que resalta esta red neuronal y como a partir de ahí hace seguimiento de rostros a partir del procesamiento de imágenes.

Como se muestra en la siguiente imagen, la detección de puntos es lo que detecta el algoritmo de Viola & Jones, algoritmo que se creó para identificar lo que es la estructura de la cara del ser humano. Gracias a la Tecnología esto se puede utilizar para el análisis de video con un procesamiento más efectivo, donde se puede calcular la variación y el porcentaje de error de este algoritmo para la detección de rostros.

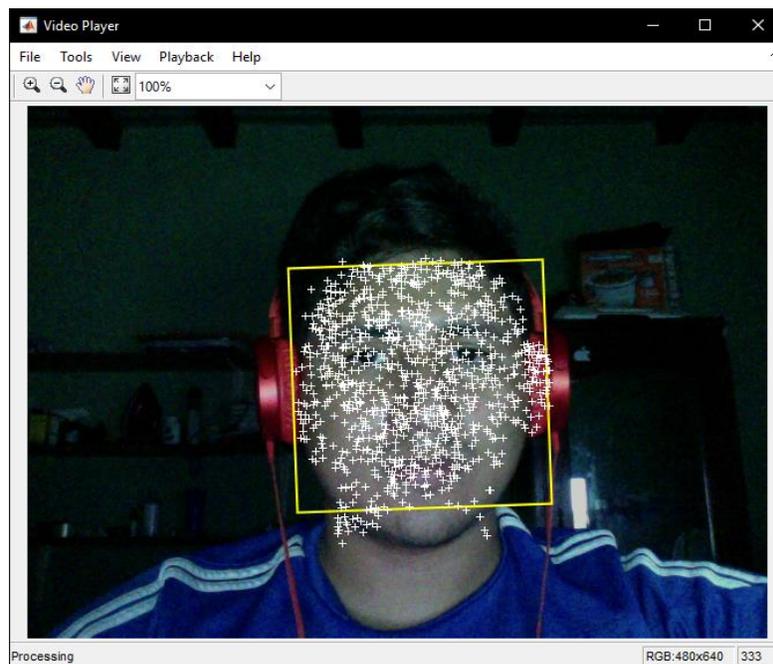


Ilustración 43 Análisis Algoritmo de Viola & Jones puntos que detectan la estructura física de la cara

Fuente: Elaboración Propia (2021)

5.3.3 Detección de Objetos

Para la detección de obstáculos existen otros algoritmos y otras librerías que, aunque siguen un patrón de entorno de desarrollo parecidos a otros son un poco más difíciles de implementar. Para este caso se utiliza la librería de Tensorflow, y se utiliza un modelo pre entrenado en el cual predeterminadamente guarda los objetos que se le han metido de forma neutral, con objetos que se encuentra de forma abundante en los medios. Gracias a estas tecnologías, aunque llevan un peso de red neuronal donde el CPU y el GPU juega un papel

primordial, es una gran ventaja tanto para ser implementados dentro de un robot como de forma general, dando lugar a muchas posibilidades.



Ilustración 44 Prueba detección de objetos con tensorflow y yolov4

Fuente: Elaboración propia (2021)

Como se puede ver en la imagen, el algoritmo para la detección de objetos corre y funciona bien cuando no existe interferencia entre el la cámara y la computadora, claramente diferencia a lo que es una persona, así como una laptop y el refrigerador, así con otros objetos pre entrenados se puede utilizar este algoritmo para la implementación en un robot.

Dentro de Tensorflow existe un algoritmo muy utilizado para la investigación y la clasificación de imágenes como es YOLO, este es un algoritmo de detección de objetos con modelos pre- estrenados que nos ayudan a identificar imágenes y si se quiere hacer un detector de objetos de forma más específica y con artículos que más específicos con este modelo se puede entrenar el algoritmo y se obtienen buenos resultados. Existen diferentes versiones de YOLO para esta investigación se escogió la de YOLOv4 ya que esta ha sido una de las más estudiadas y usadas en el mundo y en comparación con las demás obtienen más velocidad(Bochkovski et al., 2020).

Dependencias necesarias de Tensorflow para la ejecución de Yolov4:

- Opencv
- Numpy
- Google Colab (Si se desea ejecutar en la nube)
- PIL
- IO

- Html
- Time
- Matplotlib

Los resultados en que se apliquen estos algoritmos dependen en gran medida de la capacidad que tenga nativamente ya sea el ordenador o el controlador.

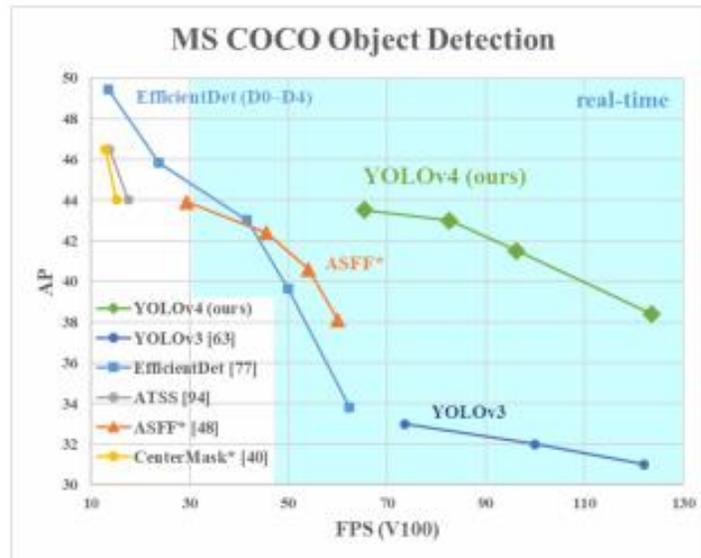


Ilustración 45 Comparación de YOLOv4 frente a otros algoritmos de última generación.

Fuente: (Bochkovskiy et al., 2020).

Se puede observar dentro de la investigación de (Bochkovskiy et al., 2020) el algoritmo de YOLOv4 mejora notablemente a su predecesora y a otros algoritmos para la detección de objetos, por ello se decidió utilizar este algoritmo en esta investigación con modelos pre-entrenados.

Sin embargo, una de las limitaciones que se obtuvo es la capacidad nativa del ordenador, en una computadora que se aplicó el algoritmo la imagen corría entre 0.5 a 1 FPS lo cual ocasionaba que el procesamiento de la imagen no sea la adecuada, al momento de aplicárselo al controlador corría entre 4-5 FPS, ¿Porque este cambio brusco?

Esto es debido en gran manera al formato en que se aplique el entorno, hay entornos que se han creado que van dirigidos hacia móviles y dispositivos IOT, por ello, se decidió implementar

la detección de objetos mediante la nube por medio de la plataforma Google Colab en donde se entrega de forma gratuita GPU y CPU y aunque no corrían los FPS de forma fluida, aumentaban el tiempo de respuesta que ejecutar el programa nativamente en un ordenador, siempre utilizando YOLOVv4.



Ilustración 46 Falla al detectar objetos

Fuente: Elaboración propia (2021)

Como se ve en la imagen, el robot, al pasar de forma rápida y cuando existe una interferencia en la red ya sea por lentitud en el transporte de paquetes o falta de conectividad pues en el transcurso de segundos a milisegundos no se muestra nada en la imagen cuando en realidad si debe el robot detectar algunos objetos que se mire con el entrenamiento. Para poder manejar estos algoritmos se requiere un procesador potente con un GPU y CPU de buen rendimiento ya que si no se cuenta con una buena tasa de transferencia los FPS bajan a valores inclusive menor que 1 lo cual hace que la detección de objetos y el procesamiento de imágenes sea muy lenta y sea insostenible para el proyecto.

Se obtiene como resultado en la prueba de detección de objetos que el mejor entorno de aplicación es mediante Tensorflow con el algoritmo YOLOVv4 que ha sido estudiada ampliamente en varias investigaciones y que se obtienen buenos resultados en las condiciones que se exigen y

teniendo mediante una cámara un algoritmo de detección de objetos dentro del prototipo robótico.

5.3.4 Monitorización Procesador Central

Para Mantener aun mayor control sobre el procesador central existen muchas facilidades los cuales se presentan para poder monitorear su rendimiento, así como su banda ancha, temperatura, estado y muchas otras aplicaciones que se obtienen con el Internet de las cosas, para ello se utilizó el software de código libre Cayenne, esta es una plataforma en el cual se puede monitorear magnitudes Internas del procesador, es de gran ayuda por ejemplo para ver el funcionamiento interno del robot así como si queremos implementar alguna aplicación sin necesidad de ingresar remotamente al procesador central. Es una de las grandes ventajas se obtiene con IOT.

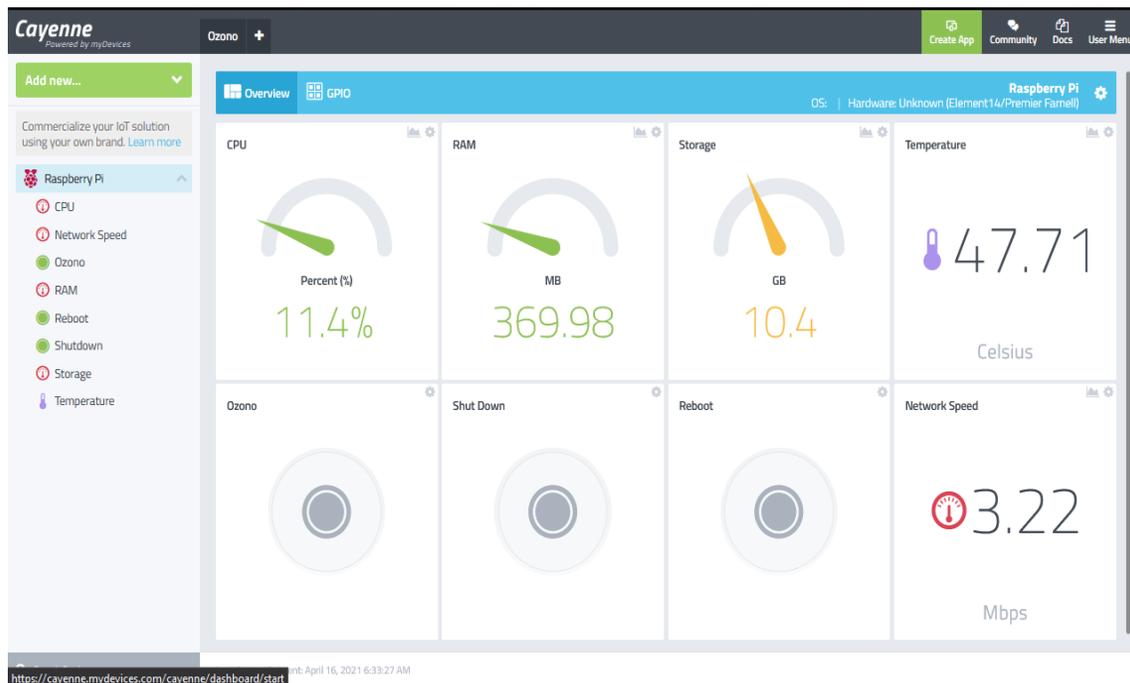


Ilustración 47 Monitorización y funcionamiento del procesamiento central

Fuente: Elaboración propia (2021)

Como se puede observar en la ilustración hay diferentes porcentajes que se pueden observar cómo ser la memoria RAM que se está consumiendo en el momento, así como el CPU que se está utilizando en ese instante y el almacenamiento del que dispone el procesador central

en la utilización del robot. A la vez se puede observar la temperatura y la velocidad del internet para enviar y recibir datos. Una implementación importante es que se pueden observar la disponibilidad de puertos GPIO para entradas/ salidas analógicas y digitales sin necesidad de conectarse remotamente a ella. Se pueden configurar configuraciones de rangos por si se quiere mantener informado si existe algún valor que no se quiere que exceda y así un mundo de bastantes posibilidades y del por qué se eligió este procesador central.

5.4 Diseño de la estructura

Se comenzó el diseño del robot mediante modelado 3D con la ayuda del software de diseño asistido por computadora Fusion360 y posteriormente se procedió a realizar simulaciones y estudios en el software SolidWorks. Para el desarrollo de este modelo, primero fue necesario la selección de componentes que irían dentro de sí para así saber primer el tamaño necesario. Segundo se debió tomar en cuenta cuanto sería la carga que este debía soportar para poder así escoger el material. Por último, debido a que se estaba trabajando con ozono que es un agente oxidante, fue necesario hacer una minuciosa selección de materiales resistentes a la corrosión de la cual elegir el material final. La manufactura final se hizo en lámina de PVC de 13mm que ofrecía la rigidez necesaria para soportar el robot, al mismo tiempo que resistencia a la corrosión al no ser un metal. El proceso de fabricación fue mediante chapa, se recortaron en lamina cada pared de la estructura y estos fueron asegurados con pegamento especial para PVC, tornillos y final

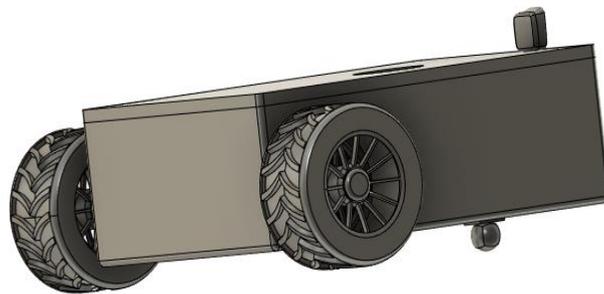


Ilustración 48 Modelo 3D del robot. Fuente: Propia

mente recubierto en masilla para tapar imperfecciones. Una vez ensamblado fue pintado para darle una mejor apariencia. Se tomo en cuenta en el diseño la fabricación de llantas, pero debido a su alto costo y su alta disponibilidad en el mercado, se optó por adquirirlas ya que presentaban un costo mucho menor.

5.4.1 Diseño de las llantas

A pesar de haber adquirido las llantas fabricadas, todavía era necesario hacer una modificación para que estas pudiesen acoplarse perfectamente a los motores y así dar movimiento al robot. Se adquirieron llantas de goma que eran capaces de soportar el peso del robot y la fuerza de los motores. Se compraron de goma ya que serían sólidas y no sufrirían deformación por el peso, aparte no tendrían problemas por fugas de aire. Ya que el terreno sobre el cual caminaría el robot era plano no era necesario que las llantas tuviesen muchos atributos como ser todo terreno. A estas llantas se les fabrico un eje de acero. Se uso acero ya que para el



Ilustración 49 Llantas terminadas del robot.

Fuente: Propio

tamaño necesario estas brindaban la mejor rigidez a un bajo costo. Seguido de esto se soldaron a las llantas mediante un adaptador de mayor diámetro ya que el eje de la llanta era superior al necesario para acoplarlo al taladro.

5.4.2 Chasis

Para el diseño del chasis se optó por una forma sencilla de fabricar que ofreciera la función necesaria, contener los elementos del robot. Por eso se diseñó una estructura cuadrada. Con la medida de los componentes, se modelaron réplicas de los componentes para poder así

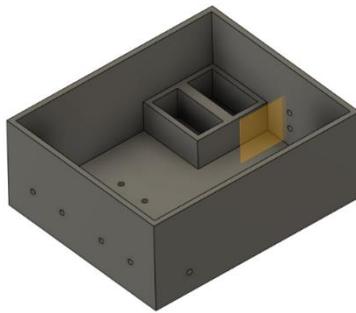


Ilustración 50 Diseño interno del chasis.

Fuente: Propio

acomodarlos dentro del modelo de la estructura y hacer un chasis que contuviera dentro de sí el robot en el menor espacio posible. De esta manera se ahorraría peso y, sobre todo, material en la fabricación de dicha estructura.

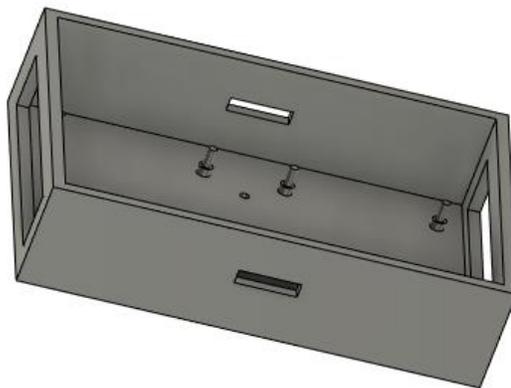


Ilustración 51 Caja para controladores de motor.

Fuente: Propio

Posteriormente se procedió a diseñar las partes necesarias para poder asegurar en su lugar cada componente del robot. Se comenzó por el soporte de la batería que se puede apreciar en la Figura 29 donde calzan dos baterías de 12V que serían la fuente de poder de los sistemas de electrónicos.

Con las baterías del sistema electrónico en su lugar ahora sería necesario asegurar el sistema electrónico, quien sería el encargado de comunicar al usuario con el robot. Para este se

diseñó una caja donde se pudieran encajar con precisión los componentes sin necesidad de tornillos u otras partes metálicas que pudieran ocasionar algún tipo de interferencia o problema con el sistema electrónico.

Una vez diseñada la caja de los microcontroladores era tiempo de diseñar una caja para asegurar los controladores. Estos serían los que se encargaran del movimiento del robot mediante motores de taladros.

Para estos componentes era necesario dejar suficiente espacio no solo para los controladores sino

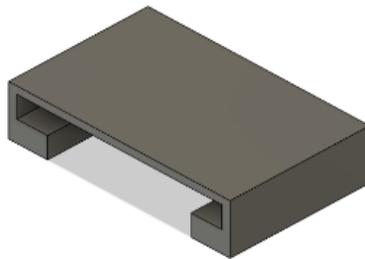


Ilustración 52 Acople para batería de taladro. Fuente: Propio

para los cables, ya que, al estar conectados a motores, estos llevarían alta potencia por lo que sería necesario de un cable da alto calibre que pudiera soportar dicha potencia. Para poder dar esta potencia a los motores también era necesario de unas baterías. Estas baterías estarían

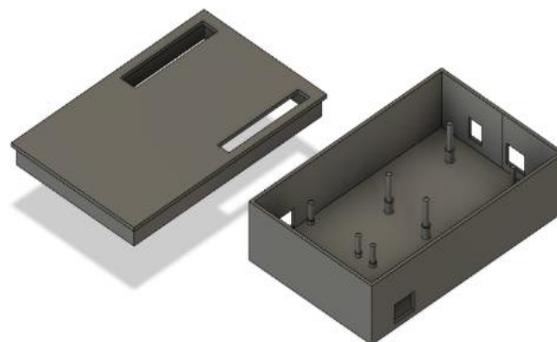


Ilustración 53 Diseño de la caja de microcontroladores. Fuente: Propio

separadas del sistema para evitar pérdidas o desbalance. Se usaron baterías de 20v ya que serían capaces de dar más potencia que las de 12v, y ya que venían con los taladros, fue necesario diseñar un adaptador para asegurar los cables a ellas. Con estos adaptadores diseñados solo

quedaba un componente por modelar y era el más importante, la caja para la cámara. Ya que la cámara es un dispositivo tan delicado y de tanta importancia para el proyecto este debía de ir bien asegurado, y al ser el único que iría a la intemperie y no al interior del robot, debía estar bien protegido. Por eso la caja que contendría la cámara lleva el doble de espesor que los demás componentes (4mm vs 2mm).

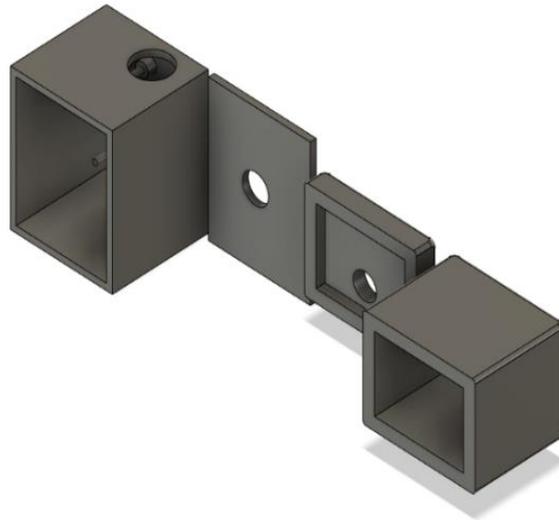


Ilustración 54 Caja para Cámara FPV. Fuente: Propio

Esta se divide en dos partes debido a que la cámara cuenta con un lente y un transmisor que se verá más adelante. En una caja irá colocada lo que es el lente, esta será la parte que irá expuesta en el exterior del robot, por lo que es la que presenta un mayor espesor en sus paredes. Y la segunda llevará el transmisor, que estará conectado a la computadora.

Todos estos modelos fueron fabricados mediante manufactura aditiva en una impresora 3D con material de elección PLA. Debido al material y su diseño estos componentes eran bastante livianos lo que ofrecían una gran ventaja al reducir las cargas en el robot opuesto a otros materiales como un metal.

Finalmente, para proteger todos los componentes internos se fabricó una tapadera que encajara perfectamente sobre el robot, fabricada también de lámina de PVC de 13mm. Al trabajar con bastantes componentes electrónicos, puede ocasionar una pequeña alza en la temperatura interna, es por eso por lo que al diseñar la estructura se tomó en cuenta esto y se dejó dos entradas de aire. Cada una de estas entradas mide 120mm y cuenta con un ventilador de 12v con una velocidad de 1700rpm.



Ilustración 55 Tapadera terminada.
Fuente: Propio

5.5 Simulaciones

Ya que se trabajó con componentes electrónicos se encontró un pequeño inconveniente, estos se calientan. Afortunadamente al momento de probarlos ninguno presentaba temperaturas considerables, por lo que se despreció el calentamiento de los componentes electrónicos, excepto por un componente.

El transmisor de video de la cámara opera a temperaturas relativamente altas. Este opera hasta 85°C lo cual es realmente considerable en contraste con los demás componentes que tan solo se calentaban un par de grados sobre la temperatura ambiente.

Es por eso por lo que se condujo un estudio de calentamiento sobre esta pieza previo a la fabricación de su contenedor, ya que estos serían fabricados en plástico, y al operar a tan altas temperaturas podría ocasionar un inconveniente como ser la deformación de dicho contenedor. Se realizó el estudio de calentamiento electrónico dentro de la recámara del transmisor. Este estudio simula lo que viene siendo una carga térmica dentro de un determinado espacio, simulando los componentes que operarían dentro de dicho espacio.

Así se puede ver qué efectos tendrá el uso de estos componentes en base a los parámetros de funcionamiento del espacio.

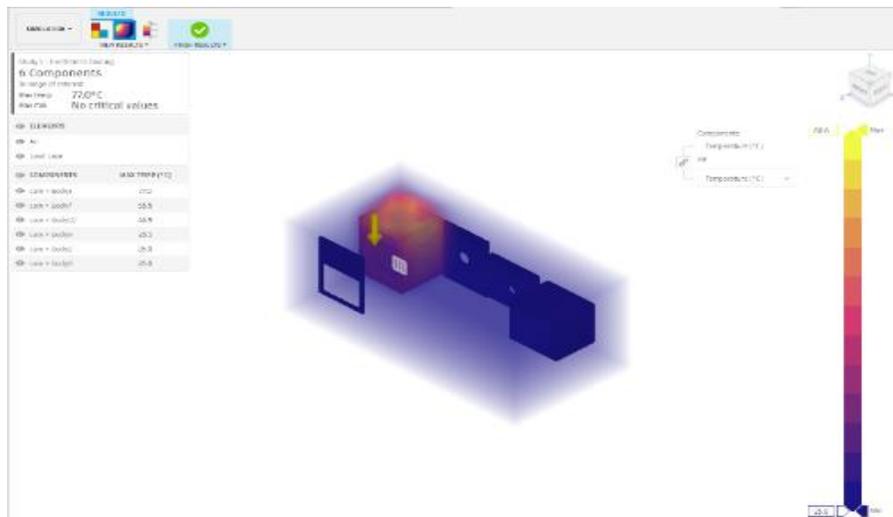


Ilustración 56 Análisis de calentamiento de recámara del transmisor de video.

Fuente: Propio

Como se puede ver en la ilustración 56, solo en el contenedor del transmisor se realizó el estudio ya que es el que presentaba una temperatura alta considerable. Aquí se puede ver como la temperatura máxima que llegó el transmisor fue de 80°C según lo medido, lo cual en la simulación representa un nivel medio de calor. Al ser el contenedor fabricado en PLA esto representa apenas la media de temperatura que el contenedor será capaz de soportar; el PLA soporta temperaturas de más de 100°C al ser su punto de fusión entre 190-220°C.



Ilustración 57 transversal del contenedor del transmisor. Fuente: Propio

Como se aprecia en la sección transversal del contenedor, el efecto de la temperatura en la estructura es baja y no causa ninguna deformación debido al derretimiento. Pero, tomando en cuenta la estructura cerrada con la que se trabaja, este podría interferir con los componentes electrónicos cercanos. La estructura deber ser cerrada ya que, si el ozono que se están utilizando en el ambiente llegase a entrar en contacto los componentes internos, estos podrían sufrir corrosión y dañarse. Es por eso por lo que se colocó una entrada de aire alejada del generador; esto permitirá colocar un ventilador que, de un flujo de aire hacia el interior de la estructura, y otro que saque el aire caliente por el lado opuesto.

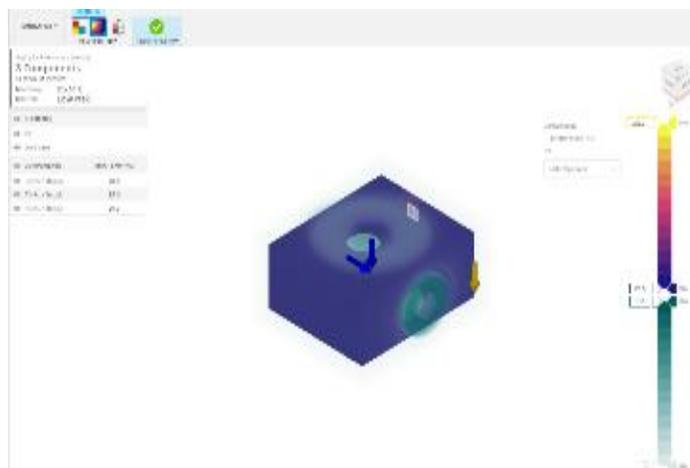


Ilustración 58 análisis de flujo de aire. Fuente: Propio.

Se realizó la simulación de flujo de aire para determinar el efecto de la temperatura sobre la estructura. Como se puede apreciar en la simulación, los ventiladores que se usaron en el robot ofrecen una gran ventaja al no solo mantener el flujo de aire en la estructura, sino también ayudar con la carga térmica ocasionada por el transmisor de la cámara. De esta manera se mantiene una temperatura amigable a los componentes electrónicos, así como reducir la temperatura del transmisor y así mejorar su funcionamiento. Mediante el análisis de resultados de las simulaciones se puede concluir que la carga térmica del sistema representa un riesgo bajo y el enfriamiento está funcionando de manera óptima.

5.6 Sistema de control

Para funcionar como cerebro del robot se escogió el microcontrolador Raspberry Pi 4 ya que este ofrece una amplia variedad de aplicaciones y cuenta con gran versatilidad. Este servirá como interfaz entre la computadora y el robot. La manera en que el robot funcionará será la siguiente:

La Raspberry se conecta mediante el uso de VNC server a la computadora para así poder usar la computadora como interfaz para el usuario. De esta manera se puede hacer uso del teclado, mouse y pantalla de la computadora para hacer uso de la Raspberry de manera remota. EL VNC

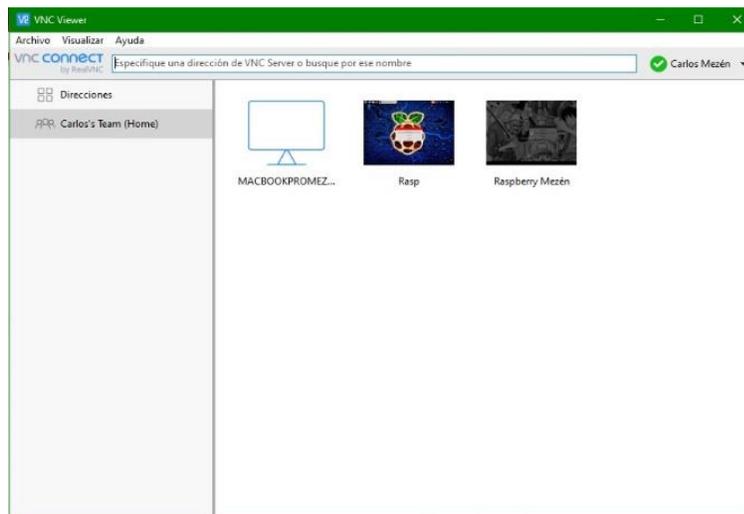


Ilustración 59 Captura del VNC Server. Fuente: Propio

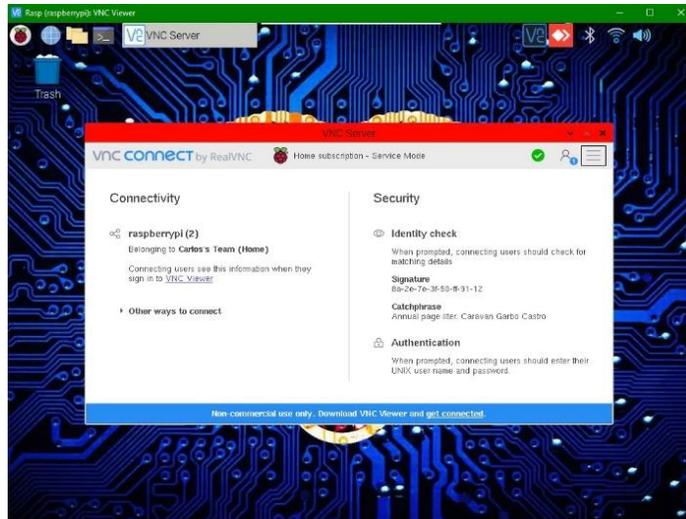


Ilustración 60 Captura de pantalla de la Raspberry conectada a la computadora. Fuente: Propio

server es un software libre que nos permite enlazar la computadora a la Raspberry de manera remota a través de WIFI y así mandarle las instrucciones al robot.

Dentro de la estructura se encuentra la Raspberry Pi junto con los componentes electrónicos que dan movimiento al robot incluyendo los puentes H, un sensor de ozono y el inversor que alimenta el generador de ozono y la Raspberry Pi. Asimismo, el transmisor de la cámara ira dentro del robot para estar protegido, este se alimentará mediante la batería de 12v.

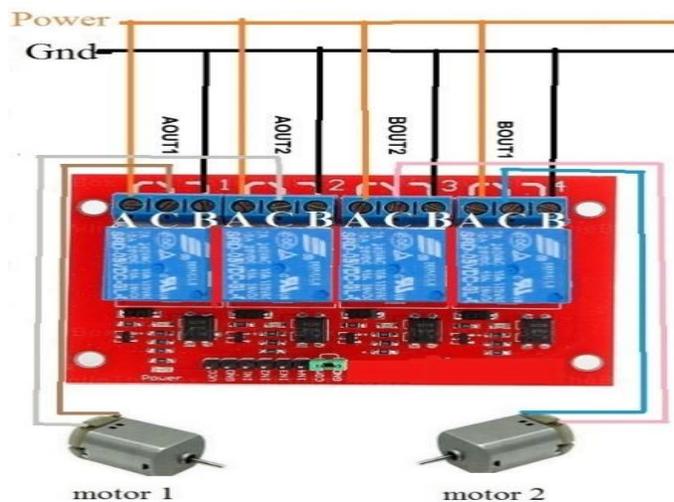


Ilustración 61 Diagrama de conexión de motor con puente H de relevadores. fuente: Amirante. 2012

5.7 Sistema de movimiento

Hubo un par de inconvenientes en este sistema debido a que la carga del robot provocaba tensión en los motores al momento de arrancar. Originalmente se había optado por el uso de controladores de puente H de 40A, pero estos fallaron. Estos controladores contaban con control de velocidad mediante el uso de PWM lo cual permitiría maniobrar el robot mejor en espacios pequeños. Debido a que se estaba usando un teclado para el control del robot, esto limitaba el control. Esto se debe que al ser botones solo existía la posibilidad de leer dos estados: presionado o no presionado. Por lo tanto, no se tenía una variable de entrada que se pudiese relacionar con el PWM. Por lo que el robot solo podría encender sus motores o apagarlos.

Por lo que la única manera que se podría usar el PWM será para hacer un arranque suave. Esto podía seguir siendo usado ya que al momento de arrancar es cuando el robot ocupa más corriente, y así se podría limitar la fuerza con la que empezaría el arranque y proteger los controladores. Debido a una falla técnica al momento de realizar pruebas estos controladores fallaron debido a un cortocircuito que quemo el controlador. Con poco tiempo para obtener nuevos controladores y en con menos recursos, se diseñaron nuevos puentes H. Estos se

```
#!/usr/bin/env python
import curses
import pyfirmata
import time
import serial
import RPi.GPIO as GPIO
from time import sleep
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(16, GPIO.OUT)

# Initiate communication with Arduino
board = pyfirmata.Arduino('/dev/ttyUSB0')
print("Communication Successfully started")
pin1 = board.get_pin('d:9:o')
pin2 = board.get_pin('d:8:o')
pin3 = board.get_pin('d:7:o')
pin4 = board.get_pin('d:6:o')
pin5 = board.get_pin('d:5:o')
def main(letra):
    while True:
        curses.halfdelay(1)
        key = letra.getch()
        #print key
        if key == 113:
```

Ilustración 62 Captura de configuración de control en la Raspberry. Fuente: Propio

diseñaron bajo el mismo principio de funcionamiento, haciendo uso de dos relevadores para el cambiar el sentido de giro y un set de Mosfets para controlar la velocidad.

Se empleo el módulo de mosfet IRF520 ya que este cuenta con un circuito de mosfet ya ensamblado en una pcb listo para ser usado junto con un microcontrolador. Esto ofrecía una gran ventaja ya que no será necesario el diseño y fabricación de un circuito de control para un mosfet. Este permitía operar un motor controlando la velocidad mediante una señal PWM. Pero estos módulos solo permitían controlar la velocidad del motor, era necesario un paso más para poder lograr el cambio de giro. Para esto se empleó un módulo de cuatro relevadores lo que permitiría controlar el sentido de giro mediante el microcontrolador.

Estos relevadores nos permitirían cambiar el sentido de giro controlando el sentido en que la corriente eléctrica fluye. Inicialmente se haría uso de motores sin escobillas ya que estos ofrecían muchas más ventajas al proyecto, lastimosamente dada la disponibilidad se optó por usar taladros DC que brindaban tanta fuerza y velocidad como un motor sin escobillas. Esto se puede ver como una ventaja, ya que diseñar un controlador para un motor DC es menos tedioso que un controlador para un motor sin escobillas, de igual manera un motor sin escobillas ofrece ventajas como ser mayor fuerza y velocidad y mejor control que un motor DC. Asimismo ofrecen

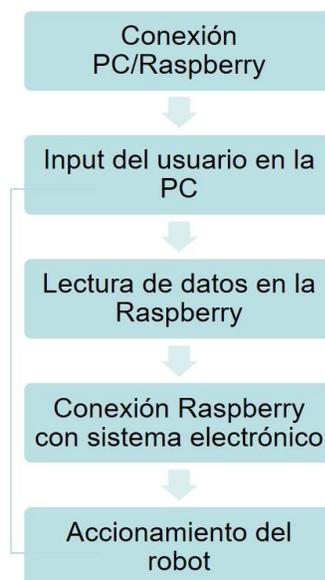


Ilustración 63 Algoritmo de control del robot. fuente: Propio

mayor vida útil que un motor DC. Debido al alto consumo de estos motores en ocasiones estos podían crear picos de corriente de electricidad. Esto ocasiono que los mosfet se dañaran frecuentemente, ya que los motores corrían, en ocasiones, 9A de corriente continua; mientras que los mosfet soportaban solamente 6A. Por esto, para la protección del sistema, se optó por el uso de fusibles en la entrada para prevenir una sobrecarga. Asimismo, se eliminó el uso del mosfet para el control de velocidad, ya que, como antes mencionado, no era posible controlar la velocidad del robot constantemente ya que no se tenía un variable de entrada la cual relacionar con la velocidad. Al arrancar el robot los motores jalaban altos niveles de corriente lo que hacía que los mosfet se quemaran y quedaba completamente parado el robot. Ya que solo se usarían botones, usar solamente relevadores seguiría funcionando bien.

Como se puede ver en la ilustración 62 se corre el código curses para la lectura del teclado. Se declaran cinco pines ya que cuatro son usados para controlar los relevadores del puente H y el ultimo es usado para activar el generador de ozono mediante un relevador de estado sólido. Usar este relevador de estado sólido permite controlar la cantidad de ozono que será generada. De esta manera se reduce de acuerdo con la concentración en el ambiente.

Como se puede ver en la ilustración 63, la estructura del código es bastante sencilla. Cada una de las teclas se identifica mediante un numero como una matriz numérica. Luego se hace uso de la condicional elif para elegir la acción que hará el controlador. Para el control del generador se hace use de la tecla E y para el control de movimiento se hace uso de las teclas de dirección. Para el visualización y manejo del robot se hizo uso de la terminal de las Raspberry. En ella se ejecuta el programa curses el cual permitía el uso del teclado en la terminal de la Raspberry Pi e indicaba la dirección en que estaba corriendo el robot según la tecla que se presionaba.

5.7.1 Sistema eléctrico

Para poder soportar la carga eléctrica del robot se usó un total de cuatro baterías. Estas se distribuyeron de la siguiente manera:

- Una batería de 20V para cada motor
- Una batería de 12v para el sistema de visión

- Una batería de 12v para el sistema electrónico

La razón para el uso de cuatro baterías es que se deseaba un funcionamiento estable y a su vez que nos ofreciera una larga duración. Cada motor cuenta con su propia batería ya que la tensión que se crea en ocasiones es un poco alta, lo que podía ocasionar un daño si solo se usase una batería. Al mismo tiempo esto disminuiría su tiempo de uso drásticamente. El sistema de



Ilustración 64 Captura de la terminal de control de la Raspberry. Fuente: Propio

visión necesitaba su batería aparte ya que este consume bastante energía, como se mencionó antes, este se calienta mucho. Esto se debe al alto consumo de energía, eso podía ocasionar problemas con el sistema electrónico ya que se podía sobrecargar.

En la otra batería se encontraba conectado el inversor que alimentaba el generador de. Este hace uso de corriente AC por lo que era necesario el inversor, pero consume poca potencia, por lo que no representa una gran carga en el sistema. Al mismo tiempo, en este inversor podía ser conectado el adaptador de corriente que daría vida a la Raspberry Pi. Debido a la baja potencia consumida por el generador es posible usar en armonía con el sistema electrónico. Las baterías que se usaron eran de dos tipos diferentes.



Ilustración 65 baterías de gel de 12v. Fuente: Propio

Las baterías de 20V era de iones de litio, se usó estas ya que eran proveídas con los taladros que se usaron como motores. Las baterías de 12v por otro lado, eran de gel ya que estas se pueden encontrar ampliamente en el mercado a un precio accesible. Una ventaja de las baterías de gel es su tamaño y su peso. Ofrecen gran carga eléctrica sin necesidad del aportar mucho peso al robot.



Ilustración 66 Robot terminado. Fuente: Propio

5.8 Resultados

Como se puede observar en la ilustración 66 el prototipo del robot se fabricó con éxito. Se puede apreciar los sistemas trabajando en conjunto. Tiene dos llantas en la parte trasera en la cual están acoplados dos motores.

De esta manera tiene suficiente potencia para mover el robot, y este se puede mover en diferente dirección simplemente cambiando el sentido en que los motores giran. En la parte de enfrente se encuentra una sola llanta (llanta loca) la cual se mueve libremente, de esta forma el robot gira sin restricciones y esta sirve de soporte frontal.

En la parte frontal se encuentra el generador de ozono, como se mencionó, antes este debe estar lo más cercano posible a la zona en la que se usara debido a su inestabilidad química. Aquí mismo se encuentran dos cámaras. El motivo para usar dos es que visualizar la cámara que usa la Raspberry en la red neuronal crea gran tensión en la red por lo que no se ve claramente el video en la computadora, sin embargo, esto no afecta el funcionamiento de la red neuronal. Simplemente, se usa una segunda cámara para visualizar la inteligencia artificial funcionando directamente en la computadora. En la parte superior e izquierda se encuentran dos agujeros que funcionaron perfectamente enfriando el robot. En general el robot presentaba gran estabilidad al moverse lo cual fue realmente satisfactorio, ya que representa un proyecto terminado con éxito.



Ilustración 67 Parte Frontal del Robot. Fuente: Propio

5.9 Discusión

Sistemas robóticos Tele operados

En esta investigación se echa un vistazo a una investigación muy generalizada acerca del diseño de robots tele operados. En esta se discute los sensores muy comúnmente usados, así como diferentes diseños de robot tele operados, tanto tripulados como no tripulados. También se menciona las diferentes interfaces usuario-robot. En la investigación que se realizó, se discute más a fondo el diseño de la interfaz robot-usuario tanto como el diseño del robot. También se tomó una dirección en la aplicación de este robot, la cual es la desinfección (Cerón Correa, 2005).

Design of small mobile robot remotely controlled by an android operating system via Bluetooth and NFC communication

En esta investigación se habla acerca de la creación de un robot conectado a lo que se llama popularmente Internet of things, para ser usado en aplicaciones educativas. En este se usa la inteligencia artificial y un algoritmo de seguimiento para visualizar el movimiento del robot en un mundo virtual de la misma manera que lo hace en la vida real. El proyecto se asemeja en que al igual que este robot se hace uso de una cámara con inteligencia artificial para percibir el entorno del robot, a diferencia de este robot no se usa para calcular su posición relativa y proyectarla sino para detectar objetos y así cambiar las instrucciones que el robot sigue. (Kim et al., 2017)

The preliminary of Design and movement of remotely operated vehicle (ROV)

En esta investigación se ve un enfoque en el diseño de un robot tele operado cuya aplicación es en el agua. Cuenta con puntos similares a esta investigación como ser, un robot tele operado y su material de fabricación siendo un material a base de fibra de cristal. Este robot usa como material una base de PVC y su enfoque es su uso en la tierra. (Manullang et al., 2020)

Performance evaluation of brushless DC Motor drive for three different types of MOSFET based DC-DC converters.

En esta investigación se hace un estudio acerca del rendimiento de tres diferentes mosfet para el diseño de controladores para motores DC sin escobillas. Si bien los motores sin escobillas

presentan más ventajas frente a motores DC con escobillas, adquirirlos es un poco complicado y su precio es bastante elevado. Es por eso por lo que en esta investigación se ha hecho uso de motores DC con escobillas, y diseñado una manera de controlarlos que soporten la carga que este robot representa. (Mondal et al., 2017)

Analysis of firefighting skill with a teleoperated robot

En esta investigación se hace un estudio acerca del impacto de robots tele operados para reemplazar la fuerza humano en desastres naturales donde se presenta un riesgo que una persona esté presente debido a la delicadeza de la situación. En esta investigación se hace uso del mismo principio, reemplazar la fuerza humana por un robot tele operado para protegernos. Ya que el ozono es toxico para el ser humano, el robot reemplaza a este (el ser humano) para realizar la tarea de desinfección de un área. (Tamura et al., 2020)

EnviDron – A drone that purifies air

En esta investigación se hace un proyecto parecido al este solo que, con enfoques diferentes, en este caso, por medio de un robot que purifica el aire, pero por medio de un dron ¿Qué ventajas y desventajas conlleva esto? ¿Es más efectivo que un robot móvil terrestre tele operado? Estas preguntas solo se contestan evaluando los resultados de cada proyecto, tiene sus ventajas y desventajas el tipo de robot que se utiliza, por ejemplo, en lugares estrechos este robot tiene las de ganar porque no impactaría con las paredes, cosa que un dron es más difícil manejarlo desde afuera sin ver, pero el alcance del dron con el ozono sería más esparcido lo cual hace que sea una ventaja, por ello la propuesta de los dos proyectos es muy interesante con sus pro y contras pero un gran aporte al uso de estos robot tele operados a distancia (Parvatekar et al., 2018)

Tabla 8: Costos del proyecto

Camara FPV	\$25.99
Recibidor FPV	\$27.99
Taladros Inalambricos DC (2)	\$139.98
Relevadores 30A	\$20.65
Raspberry Pi 4	\$99.97
Relevador Estado Solido AC	\$9.99
Enchufe de 3 salidas	\$8.99

Generador de ozono	\$25.74
Bomba de aire	\$15.09
Llantas de Goma	\$99.13
Estructura de Robot	\$74.34
Bateria de gel	\$47.99
Camara web	\$27.47
Total	\$622.67
Total (HNL)	HNL 15069.99

VI. Conclusiones

1. Se comprobó el efecto oxidante del ozono en el agua mediante pruebas de pH, demostrando que el ozono mediante sus propiedades oxidantes tiene características bactericidas lo que lo hace un desinfectante eficaz.
2. Se diseñó un prototipo de robot mediante las herramientas CAD y se fabricó usando lamina de PVC con 13 mm de grosor y con dimensiones aproximadas de 57.6 cm x 46.8 cm x 28.8 cm, asimismo se fabricaron contenedores para sus componentes internos mediante manufactura aditiva.
3. Se implementó un programa de detección de objetos y rostros en tiempo real con algoritmo de YOLOVv4 y Viola & Jones instalado en el microcontrolador central y en la nube para verificar su rapidez al momento de clasificar imágenes con la capacidad nativa del sistema y se diseñó un sistema electrónico para el control de movimiento del robot.
4. Se implementó un sistema de conexión remota entre la computadora y la Raspberry PI mediante el programa de VNC server con accesibilidad desde cualquier lugar del mundo y con las credenciales necesarias para la seguridad del servidor en la nube para el control del robot por medio del IOT.
5. Se implementó un sistema de visión remota mediante una conexión de radio frecuencia por medio una cámara USB inalámbrica capaz de usar Inteligencia artificial para la detección de objetos y rostros con el ordenador y un alcance aproximado en los rangos de 5-15 m a la redonda con obstáculos.
6. Se implementaron motores DC de taladros con una potencia de 95 W controlados por un microcontrolador central mediante módulos de relés SS con 30 A de capacidad que brindaban la fuerza y velocidad necesaria para la movilidad y estabilidad del robot.

VII. Recomendaciones

Se recomienda la implementación de IA con buenos procesamiento de memoria, ya sea con el fin de aplicarlo en un ordenador de gama media-alta, así como en un microprocesador como las Raspberry Pi con el fin de obtener buenos FPS en el video de salida.

Asimismo, se recomienda la implementación de motores Brushless ya que presentan mejor desempeño tanto en su manejo como en su control.

Referencias

- Balan, K., Santora, M., Faied, M., & Carmona-Galindo, V. D. (2020). Study of evolution by automating hardy weinberg equilibrium with machine learning techniques in TensorFlow and keras. *2020 Advanced Computing and Communication Technologies for High Performance Applications (ACCTHPA)*.
<https://doi.org/10.1109/accthpa49271.2020.9213202>
- Bennett, M., Williams, T., Thames, D., & Scheutz, M. (2017). Differences in interaction patterns and perception for teleoperated and autonomous humanoid robots. *2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*.
<https://doi.org/10.1109/iros.2017.8206571>
- Brown, C. o, Breinan, E. M., & Kear, Bernanrd H. (1982, April). *Methods for fabricating articles by sequential layer deposition*.
<https://patentimages.storage.googleapis.com/ca/f4/0b/37f596f4934f56/US4323756.pdf>
- Cerón Correa, Alexánder. (2005). Sistemas robóticos teleoperados. *Ciencia E Ingeniería Neogranadina, 15*, 62–72. <https://doi.org/10.18359/rcin.1255>
- Cui, D., Gao, X., Guo, W., & Dong, H. (2016). Design and stability analysis of a wheel-track robot. *2016 3rd International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE)*. <https://doi.org/10.1109/icisce.2016.200>
- Daniel, G., Soto, V., Emilio, J., Delgado, D., González, Y., & Arturo, G. (n.d.). *Diseño mecatrónico de un robot móvil*. <https://www.mecatronica.net/emilio/CapLibros/2016-Cap30-Libro-IMEM.pdf>
- Esparza Muñoz, José. (2020). Desarrollo de un sistema de comunicación bluetooth para interfaces cerebro-computador. *Upct.es*. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10317/7927>

- Falciasecca, G. (2010). Marconi's early experiments in wireless telegraphy, 1895. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 52, 220–221. <https://doi.org/10.1109/map.2010.5723274>
- Hao, J., & Ho, Tin Kam. (2019). Machine learning made easy: A review of scikit-learn package in python programming language. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 44, 348–361. <https://doi.org/10.3102/1076998619832248>
- Holzinger, A., Langs, G., Denk, H., Zatloukal, K., & Müller, H. (2019). Causability and explainability of artificial intelligence in medicine. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 9. <https://doi.org/10.1002/widm.1312>
- Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J., Schwartz, L. H., & Hugo. (2018). Artificial intelligence in radiology. *Nature Reviews Cancer*, 18, 500–510. <https://doi.org/10.1038/s41568-018-0016-5>
- Jaworski, N., & Andrushchak, N. (2017). *A method of nanoporous anodic aluminum oxide structure modeling based on bezier curves generation.*
- Jaya, A., Purwanto, E., Fauziah, M. B., Murdianto, Farid Dwi, Prabowo, G., & Rusli, Muhammad Rizani. (2017). Design of PID-fuzzy for speed control of brushless DC motor in dynamic electric vehicle to improve steady-state performance. *2017 International Electronics Symposium on Engineering Technology and Applications (IES-ETA)*. <https://doi.org/10.1109/elecsym.2017.8240399>
- Juarez, M. A., Vazquez, G., Sosa, J. M., Martinez, P. R., & Garcia, F. (2016). Analysis and design of resonant inverter for ozone generation. *2016 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC)*. <https://doi.org/10.1109/ropec.2016.7830644>

- Kaushal, Rajesh Kumar, Panda, Surya Narayan, & Kumar, N. (2020). An IoT based approach to monitor and replace batteries for battery operated vehicle. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 993, 012119. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/993/1/012119>
- Kim, J. U., & Ro, M. (2019). Attentive layer separation for object classification and object localization in object detection. *2019 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. <https://doi.org/10.1109/icip.2019.8803439>
- Kim, K.-R., Jeong, S.-H., Kim, W.-Y., Jeon, Y., Kim, K.-S., & Hong, J.-H. (2017). Design of small mobile robot remotely controlled by an android operating system via bluetooth and NFC communication. *2017 14th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI)*. <https://doi.org/10.1109/urai.2017.7992864>
- Kirkman, D. M., Der, V., & Campbell, R. I. (2019). DEVELOPMENT OF A METHOD OF ADDITIVE MANUFACTURING BY MATERIAL EXTRUSION ALONG THREE-DIMENSIONAL CURVES. *South African Journal of Industrial Engineering*, 30. <https://doi.org/10.7166/30-3-2264>
- Lauretti, C., Cordella, F., Guglielmelli, E., & Zollo, L. (2017). Learning by demonstration for planning activities of daily living in rehabilitation and assistive robotics. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 2, 1375–1382. <https://doi.org/10.1109/lra.2017.2669369>
- Lee, C.-C., Chiou, G.-J., Chen, J.-Y., Tung, Y.-C., & Juang, F.-S. (2017). Implementation of a novel brushless DC motor controller. *2017 12th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*. <https://doi.org/10.1109/iciea.2017.8283102>

- Li, H. (2020). Analysis of porosity in welding of titanium alloy. *2020 3rd International Conference on Electron Device and Mechanical Engineering (ICEDME)*.
<https://doi.org/10.1109/icedme50972.2020.00116>
- Liu, Z.-S. (2019). Design and research of permanent magnet brushless DC direct drive hub motor. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 644, 012009.
<https://doi.org/10.1088/1757-899x/644/1/012009>
- Lu, H., Li, Y., Chen, M., Kim, H., & Serikawa, S. (2017). Brain intelligence: Go beyond artificial intelligence. *Mobile Networks and Applications*, 23, 368–375.
<https://doi.org/10.1007/s11036-017-0932-8>
- Lurzhenko, M., Demchenko, V., Korab, M., Galchun, A., Kondratenko, V., Anistratenko, V., Litvinenko, Y., Kolisnyk, R., Iurzhenko, M., & Demchenko, V. (2017). Welding and welded joints of the heat-resistant plastics. *2017 IEEE International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering (YSF)*.
<https://doi.org/10.1109/ysf.2017.8126610>
- M, T. J., & Camps, A. (2021). Guglielmo Marconi: The pioneer of wireless communications. *Ieee.org*. <https://doi.org/10.23919/EUMC.2009.5296358>
- Manullang, S., Pusaka, A., & Setiawan, A. (2020). The preliminary of design and movement of remotely operated vehicle (ROV). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 557, 012006. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/557/1/012006>
- Masi, I., Wu, Y., Hassner, T., & Natarajan, P. (2018). Deep face recognition: A survey. *2018 31st SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images (SIBGRAPI)*.
<https://doi.org/10.1109/sibgrapi.2018.00067>

- Melancon, A.-A. (2020). What's wrong with drones? Automatization and target selection. *Small Wars & Insurgencies*. <https://doi.org/10.1080/09592318.2020.1743486>
- Mertz, L. (2018). The many textures of robotics: Flexible materials that conform to and interact with the human body may mean better outcomes for patients. *IEEE Pulse*, 9, 12–17. <https://doi.org/10.1109/mpul.2018.2833067>
- Miseikis, J., Caroni, P., Duchamp, P., Gasser, A., Marko, R., Miseikiene, N., Zwilling, F., de Castelbajac, Charles, Eicher, L., Fruh, M., & Fruh, H. (2020). Lio-a personal robot assistant for human-robot interaction and care applications. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 5, 5339–5346. <https://doi.org/10.1109/lra.2020.3007462>
- Mondal, S., Nandi, A., Mallick, I., Ghosh, C., & Giri, A. (2017). Performance evaluation of brushless DC motor drive for three different types of MOSFET based DC-DC converters. *2017 Devices for Integrated Circuit (DevIC)*. <https://doi.org/10.1109/devic.2017.8074019>
- Obed D'souza, Rueben, Shettigar, Y., Byndoor, P., Parswajinan, C., Ramnath, B., Hilary, I., Ram, N., & Mayandi, A. (2018). Investigation of Mechanical properties of Aluminium reinforced Fly ash with CNT Related content Experimental Analysis on the Mechanical Properties of Glass-Epoxy composite with Fly ash as a filler material Investigation of Mechanical properties of Aluminium reinforced Fly ash with CNT. *IOPScience*, 390. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/390/1/012032>
- Paredes, S., Ramirez, J., & Durán, G. (2020). Hemispheric cooperation for competitiveness and prosperity on a knowledge-based economy. *Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.379>

- Paúl, E., & Roberto, A. (2018). Construcción de módulos con bluetooth, motores y sensores utilizando Arduino MEGA para el Laboratorio de Microprocesadores de la ESFOT. *Epn.edu.ec*. <https://doi.org/T-TET/0352/CD 9273>
- Peña Uriarte, Dabi. (2019). Diseño e implementación de coche teledirigido mediante arduino. *Addi.ehu.es*. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10810/32243>
- Popic, S., Krnjajic, T., Doslic, S., & Todorovic, Branislav M. (2019). Implementation of NETCONF client in C++ programming language for software defined networks. *2019 27th Telecommunications Forum (TELFOR)*. <https://doi.org/10.1109/telfor48224.2019.8971071>
- Queralta, J. P., Taipalmaa, J., Can Pullinen, Bilge, Sarker, V. K., Gia, N., Tenhunen, H., Gabbouj, M., Raitoharju, J., & Westerlund, T. (2020). Collaborative multi-robot search and rescue: Planning, coordination, perception, and active vision. *IEEE Access*, 8, 191617–191643. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3030190>
- Rame, R., Purwanto, A., Djayanti, S., & Andriani, Y. (2021). A catalytic ozonation reactor design for reuse large scale industrial wastewater: laundry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 623, 012086. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/623/1/012086>
- Raschka, S., & Mirjalili, V. (2021). Book review. *International Journal of Knowledge-Based Organizations*, 11. <https://www.igi-global.com/pdf.aspx?tid%3D267132%26ptid%3D254262%26ctid%3D17%26t%3Dpython+machine+learning%3A+machine+learning+and+deep+learning+with+python%2C+sci+kit+learn%2C+and+tensorflow+2%2C+third+edition%26isxn%3D>

- Ruscitti, A., Tapia, C., & M, R. N. (2020). A review on additive manufacturing of ceramic materials based on extrusion processes of clay pastes. *Cerâmica*, 66, 354–366. <https://doi.org/10.1590/0366-69132020663802918>
- Sabanovic, S., Milojevic, S., Asaro, P., & Francisco, M. (2015). Robotics narratives and networks [History]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 22, 137–146. <https://doi.org/10.1109/mra.2014.2385564>
- Schiehlen, W. (2019). From cybernetics to mechatronics: Seven decades of interdisciplinary engineering. *Proceedings in Applied Mathematics & Mechanics*, 19. <https://doi.org/10.1002/pamm.201900108>
- Schmaus, P., Leidner, D., Kruger, T., Schiele, A., Pleintinger, B., Bayer, R., & Lii, N. Y. (2018). Preliminary insights from the METERON SUPVIS justin space-robotics experiment. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3, 3836–3843. <https://doi.org/10.1109/lra.2018.2856906>
- Sokol, Y., Kulichenko, V., Tomashevskiy, R., & Makhonin, M. (2018). Analysis of influence of the design of the discharge chamber on the ozone generator parameters. *2018 IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*. <https://doi.org/10.1109/elnano.2018.8477441>
- Somwanshi, D., Bundele, M., Kumar, G., & Parashar, G. (2019). Comparison of fuzzy-pid and PID controller for speed control of DC motor using LabVIEW. *Procedia Computer Science*, 152, 252–260. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.05.019>
- Talpasanu, I., & Talpasanu, A. (2019). *Mechanics of mechanisms and machines* (I. Talpasanu & A. Talpasanu, Eds.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429398308>
- Tamura, Y., Amano, H., & Ota, J. (2020). Analysis of firefighting skill with a teleoperated robot. *ROBOMECH Journal*, 7. <https://doi.org/10.1186/s40648-020-00177-y>

- Tarokh, M., & Ho, Huy Dang. (2019). Kinematics-based simulation and animation of articulated rovers traversing uneven terrains. *Robotica*, 37, 1057–1072. <https://doi.org/10.1017/s0263574718001431>
- Tarongi, J. M., & Camps, A. (2010). Radio Frequency Interference detection algorithm based on spectrogram analysis. *2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. <https://doi.org/10.1109/igarss.2010.5651848>
- Tatar, G., & Bayar, S. (2018). FPGA based Bluetooth controlled land vehicle. *2018 International Symposium on Advanced Electrical and Communication Technologies (ISAECT)*. <https://doi.org/10.1109/isaect.2018.8618830>
- Tian, D., & Huang, Z. (2018). Design of brushless direct current motor control system based on DSP. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 186, 012048. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/186/5/012048>
- Wachter, J., Mikut, R., & Buse, F. (2019). Modeling and force control of a terramechanical wheel-soil contact for a robotic manipulator used in the planetary rover design process. *2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. <https://doi.org/10.1109/iros40897.2019.8967900>
- Wang, W., & Siau, K. (2019). Artificial intelligence, machine learning, automation, robotics, future of work and future of humanity. *Journal of Database Management*, 30, 61–79. <https://doi.org/10.4018/jdm.2019010104>
- Wei, X. (2018). The application and development of artificial intelligence in smart clothing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 320, 012017. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/320/1/012017>

- Wheatley, A., & Hervieux, S. (2020). Artificial intelligence in academic libraries: An environmental scan. *Information Services & Use*, 39, 347–356. <https://doi.org/10.3233/isu-190065>
- Wu, T.-F., Yu, Li.-C., & Chen, J.-W. (2019). Design and implementation of ozone generators with area-graph method to model DBD chamber - IEEE conference publication. *IEEE*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8797186>
- Yang, C., Luo, J., Liu, C., Li, M., & Dai, S.-L. (2019). Haptics electromyography perception and learning enhanced intelligence for teleoperated robot. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 16, 1512–1521. <https://doi.org/10.1109/tase.2018.2874454>
- Yu, K.-H., Beam, A. L., & Kohane, I. S. (2018). Artificial intelligence in healthcare. *Nature Biomedical Engineering*, 2, 719–731. <https://doi.org/10.1038/s41551-018-0305-z>
- Yuan, D., Wang, Z., Ding, C., He, Y., Whiddon, R., & Cen, K. (2016). Ozone production in parallel multichannel dielectric barrier discharge from oxygen and air: the influence of gas pressure. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 49, 455203. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/49/45/455203>
- Zhao, Z.-Q., Zheng, P., Xu, S.-T., & Wu, X. (2019). Object detection with deep learning: A review. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 30, 3212–3232. <https://doi.org/10.1109/tnnls.2018.2876865>
- Abdykadyrov, A. A., Korovkin, N. V., Mamadiyarov, M. M., Tashtay, Y., & Domrachev, V. N. (2020). Practical Research of Efficiency of the Installation Etro-02 Ozonizer Based on the Corona Discharge. *2020 International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/REEPE49198.2020.9059150>

- Artificial Intelligence. (2018). In T. Boobier, *Advanced Analytics and AI* (pp. 37–52). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119390961.ch2>
- Astudillo, G. D., Garza-Castanon, L. E., & Minchala Avila, L. I. (2020). Design and Evaluation of a Reliable Low-Cost Atmospheric Pollution Station in Urban Environment. *IEEE Access*, 8, 51129–51144. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2980736>
- Bochkovski, A., Wang, C.-Y., & Liao, H.-Y. M. (2020). YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection. *ArXiv:2004.10934 [Cs, Eess]*. <http://arxiv.org/abs/2004.10934>
- Brandenburg, R. (2017). Dielectric barrier discharges: Progress on plasma sources and on the understanding of regimes and single filaments. *Plasma Sources Science and Technology*, 26(5), 053001. <https://doi.org/10.1088/1361-6595/aa6426>
- Choudhury, B., Portugal, S., Mastanaiah, N., Johnson, J. A., & Roy, S. (2018). Inactivation of *Pseudomonas aeruginosa* and Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in an open water system with ozone generated by a compact, atmospheric DBD plasma reactor. *Scientific Reports*, 8(1), 17573. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36003-0>
- Fitria, S., Nawawi, Z., Sidik, M. A. B., Jambak, M. I., Yuniarti, D., Kurnia, R. F., & Buntat, Z. (2019). The Effects of Different Electrode Holes on Ozone Generation. *2019 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS)*, 181–185. <https://doi.org/10.1109/ICECOS47637.2019.8984580>
- Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence. *California Management Review*, 61(4), 5–14. <https://doi.org/10.1177/0008125619864925>

- Harikrishnan, J., Sudarsan, A., Sadashiv, A., & Ajai, R. A. S. (2019). Vision-Face Recognition Attendance Monitoring System for Surveillance using Deep Learning Technology and Computer Vision. *2019 International Conference on Vision Towards Emerging Trends in Communication and Networking (ViTECoN)*, 1–5.
<https://doi.org/10.1109/ViTECoN.2019.8899418>
- Junlin, Y., Kai, F., & Kaipeng, W. (2019). Intelligent Recognition Mobile Platform Based on STM32. *2019 IEEE 3rd International Conference on Circuits, Systems and Devices (ICCS)*, 153–157. <https://doi.org/10.1109/ICCS.2019.8842923>
- Kamel, N., Mostefa, B., Amar, T., & Said, N. (2018). Experimental study of a dual discharge ozone generator for water treatment. *2018 International Conference on Electrical Sciences and Technologies in Maghreb (CISTEM)*, 1–8.
<https://doi.org/10.1109/CISTEM.2018.8613537>
- Kolek, J., Jakubowski, T., & Balcerak, M. (2017). Impact of voltage shape on efficiency of ozone generation. *2017 19th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'17 ECCE Europe)*, P.1-P.10.
<https://doi.org/10.23919/EPE17ECCEEurope.2017.8099087>
- Mahmood Hamad Al-Shammari, S., Mustafa, S. A., & Kane, A. M. (2019). Evaluation the Ozone Treatment To Control the Infection of Saprolegniasis in *Cyprinus carpio* L. *Journal of Physics: Conference Series*, 1294, 062049. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1294/6/062049>
- Manjunath, S. N., Sakar, M., Katapadi, M., & Geetha Balakrishna, R. (2021). Recent case studies on the use of ozone to combat coronavirus: Problems and perspectives.

Environmental Technology & Innovation, 21, 101313.

<https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101313>

Mazankova, V., Manduchova, I., Mierna, J., Krcma, F., & Trunec, D. (2017). Study of O₂ and O₃ surface reactions in ozonizer. *2017 International Conference on Electromagnetic Devices and Processes in Environment Protection with Seminar Applications of Superconductors (ELMECO & AoS)*, 1–3.

<https://doi.org/10.1109/ELMECO.2017.8267736>

MQ131 Datasheet.pdf. (n.d.).

Ren, X., & Chen, Y. (2019). How Can Artificial Intelligence Help With Space Missions - A Case Study: Computational Intelligence-Assisted Design of Space Tether for Payload Orbital Transfer Under Uncertainties. *IEEE Access*, 7, 161449–161458.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2951136>

Río Segade, S., Vilanova, M., Giacosa, S., Perrone, I., Chitarra, W., Pollon, M., Torchio, F., Boccacci, P., Gambino, G., Gerbi, V., & Rolle, L. (2017). Ozone Improves the Aromatic Fingerprint of White Grapes. *Scientific Reports*, 7(1), 16301.

<https://doi.org/10.1038/s41598-017-16529-5>

Sai, U. B., Sivanagamani, K., Satish, B., & Rao, M. R. (2017). *Voice controlled Humanoid Robot with artificial vision*. 4.

Saxena, S., & Neogi, S. G. (2020). A Framework for Insight Finder by Object Detection Mechanism. *2020 8th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO)*, 417–420.

<https://doi.org/10.1109/ICRITO48877.2020.9198009>

Taylan, O. (2017). Modelling and analysis of ozone concentration by artificial intelligent techniques for estimating air quality. *Atmospheric Environment*, *150*, 356–365.

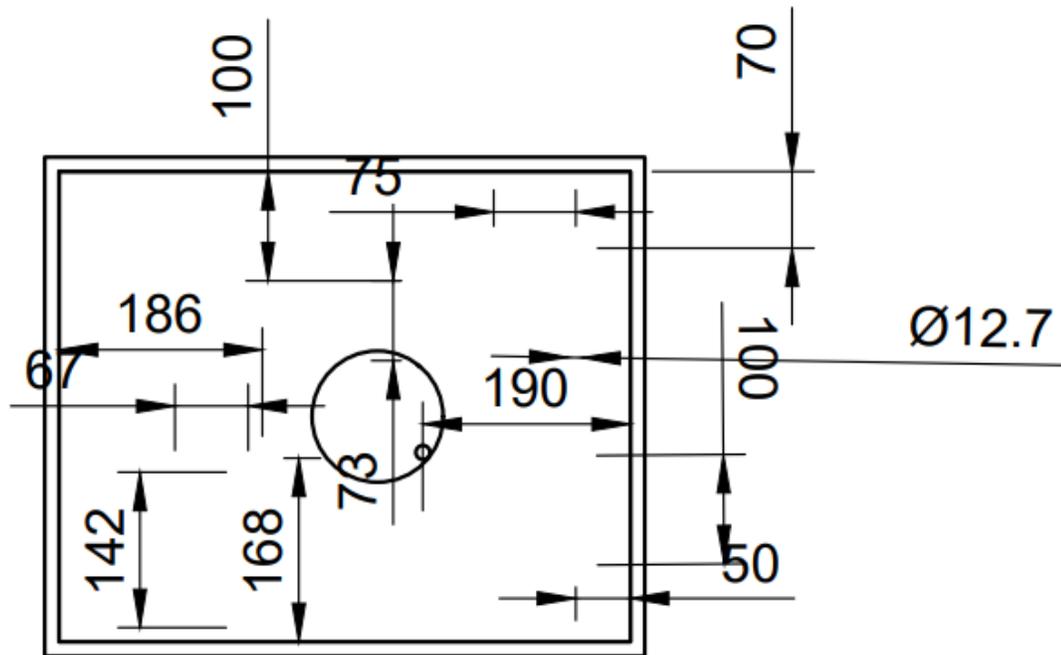
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.11.030>

Vaishya, R., Javaid, M., Khan, I. H., & Haleem, A. (2020). Artificial Intelligence (AI) applications for COVID-19 pandemic. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical*

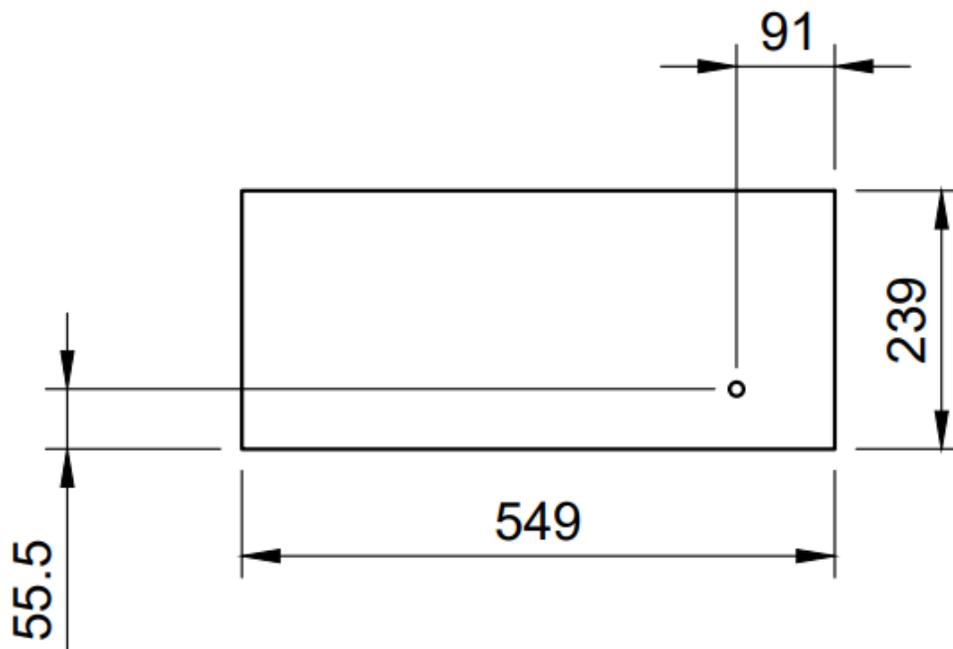
Research & Reviews, *14*(4), 337–339. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.04.012>

ANEXOS

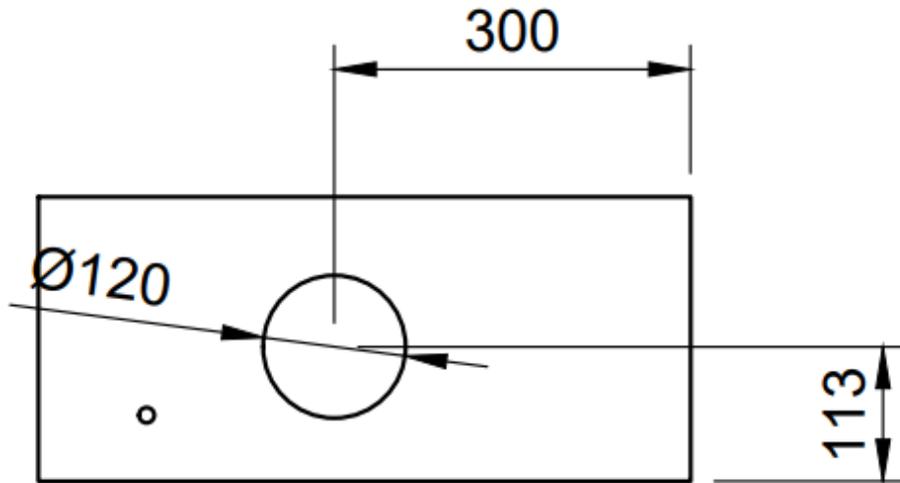
Vistas de la estructura



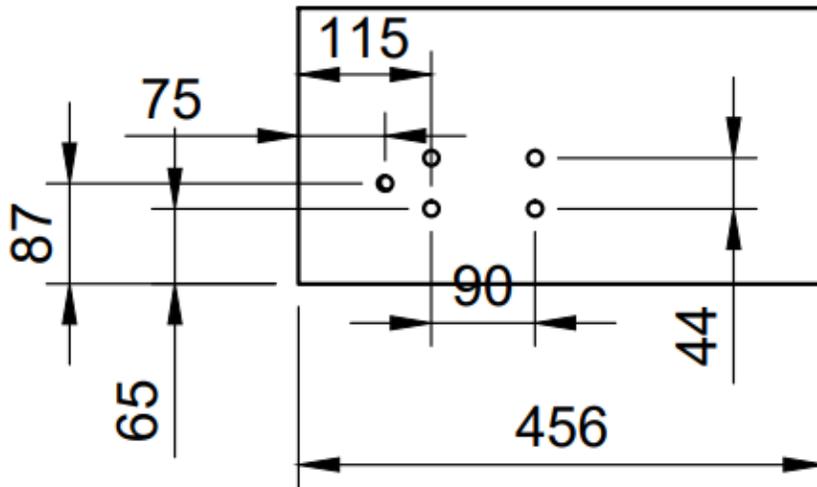
Anexo1: Vista superior del plano de la estructura.



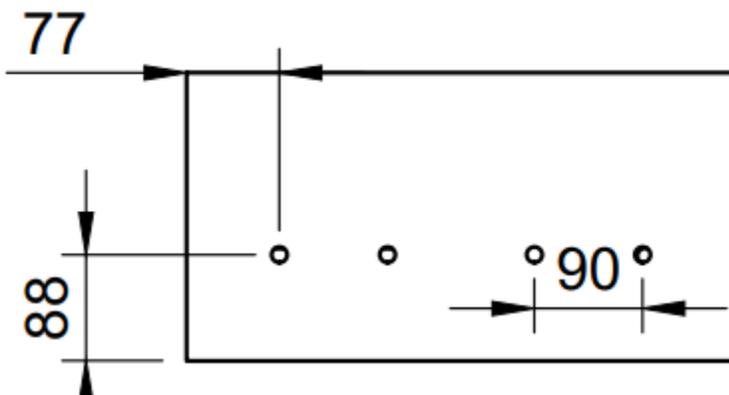
Anexo 2: Vista lateral derecha del plano de la estructura



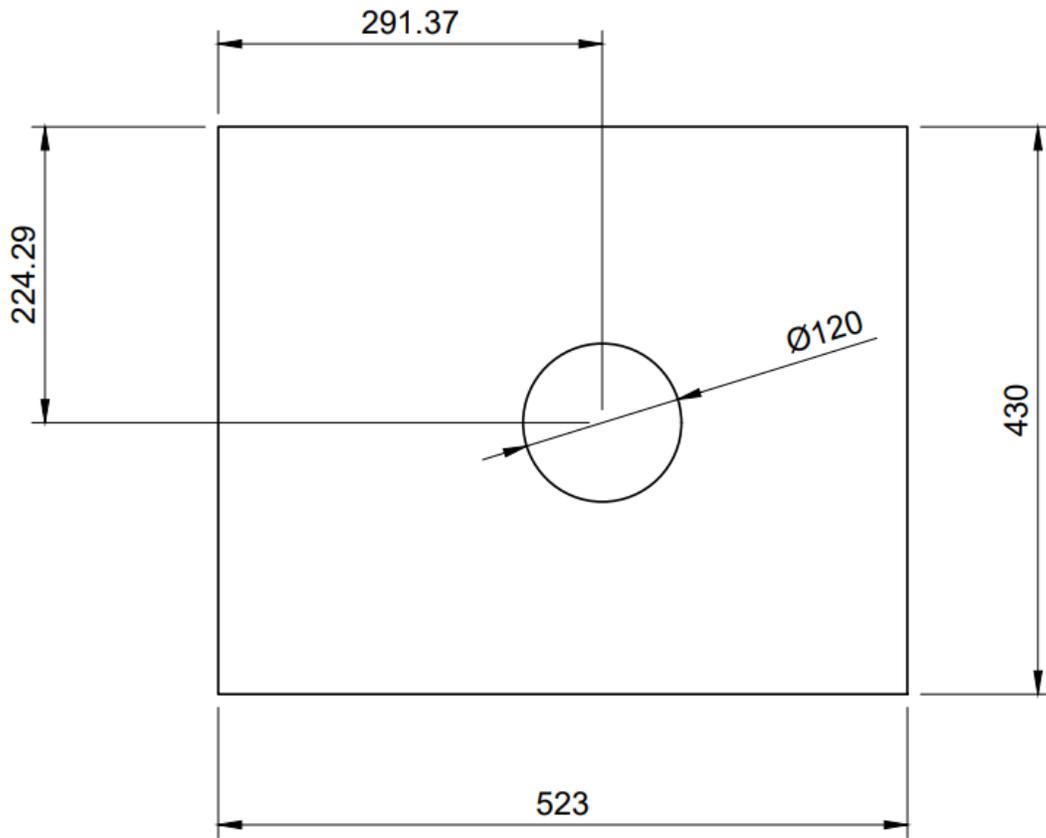
Anexo 3: Vista lateral izquierda del plano de la estructura.



Anexo 4: Vista frontal del plano de la estructura.

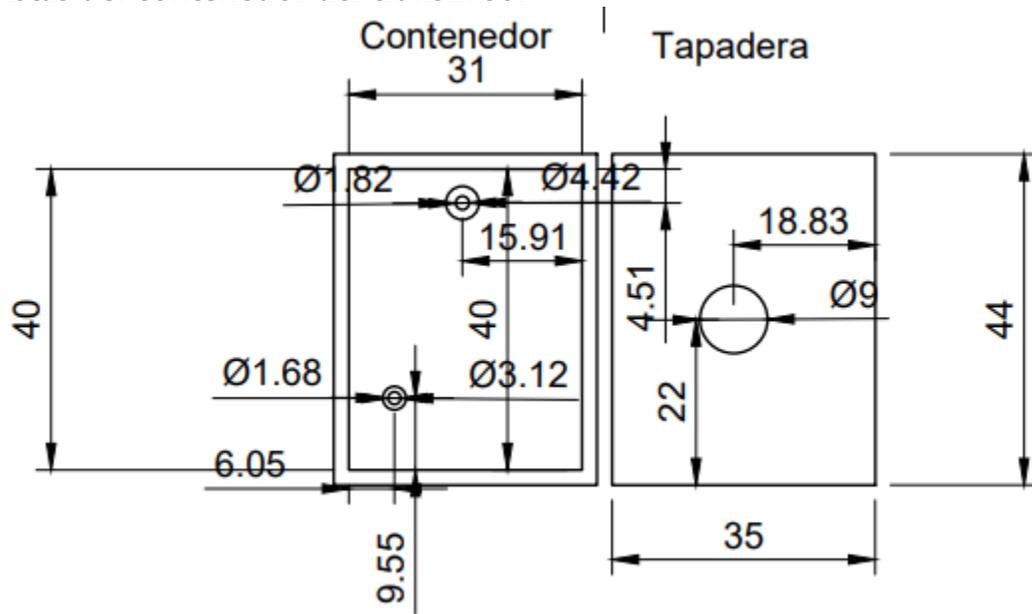


Anexo 5: Vista trasera del plano de la estructura



Anexo 6: Plano de la tapadera de la estructura.

Vistas del contenedor del transmisor

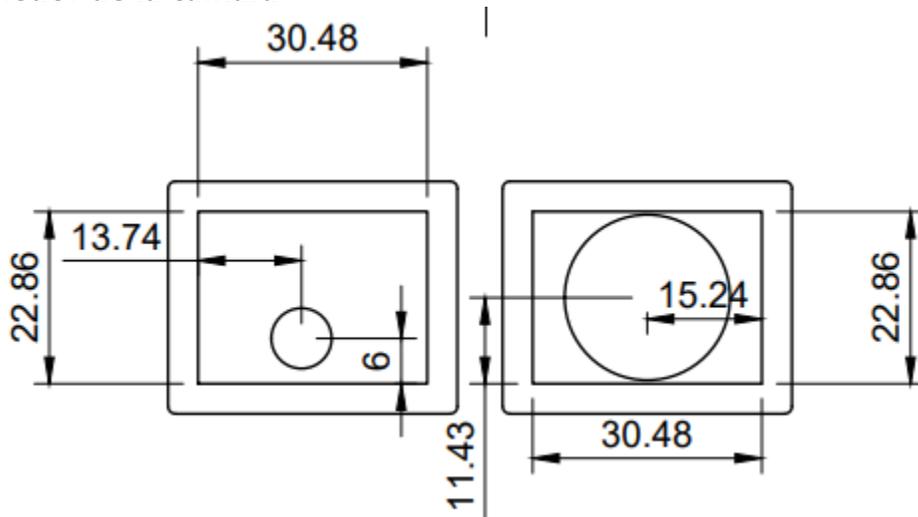


Anexo 7: Vista superior del plano del contenedor del transmisor de video.

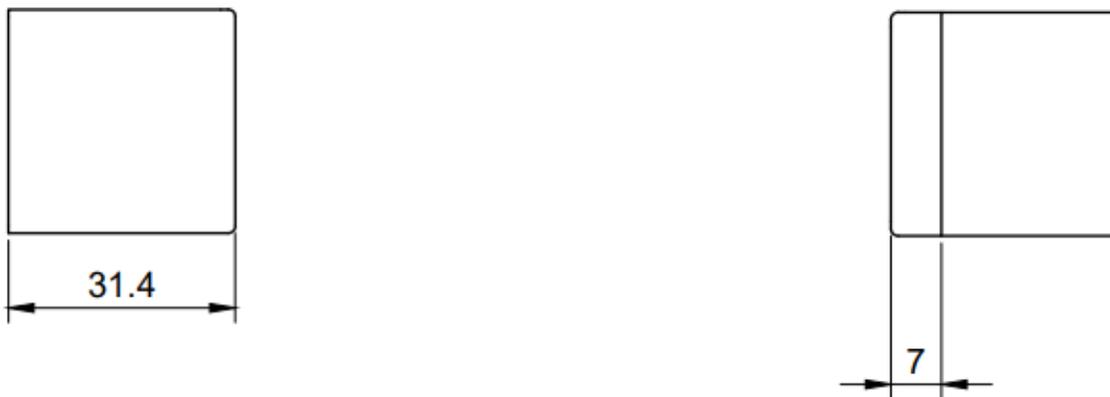


Anexo 8: Vistas laterales del plano del contenedor del transmisor de video.

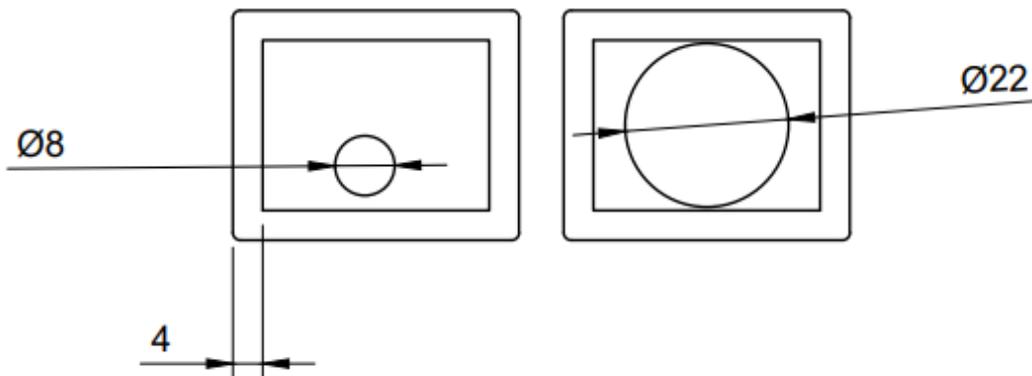
Contenedor de la cámara



Anexo 9: Vista superior del plano del contenedor de la cámara.

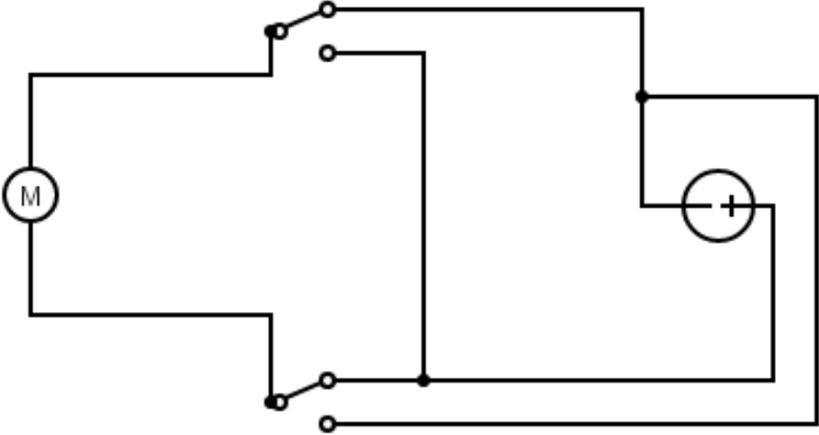


Anexo 10: Vistas laterales del plano del contenedor de la cámara.



Anexo 11: Espesor de las paredes del contenedor de la cámara y medida de los agujeros.

Diagrama de Conexión de los motores DC



Anexo 12: Diagrama de conexión de los motores.