

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA**



TESIS

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN GENERADOR DE
OZONO PORTÁTIL PARA LA DESINFECCIÓN DE AMBIENTES
EN TIEMPOS DEL COVID-19, AÑO 2021”**

**PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

PRESENTADO POR:

**Bach. YAEL OSMAR JIMENEZ MUÑIZ
Bach. JULIO DALENS VARGAS**

**TACNA-PERU
2022**

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

TESIS

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN GENERADOR DE OZONO PORTÁTIL PARA LA DESINFECCIÓN DE AMBIENTES EN TIEMPOS DE COVID-19, AÑO 2021”

Tesis sustentada y aprobada el 07 de marzo del 2022; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE: Mag. ANÍBAL JUAN ESPINOZA ARANCIAGA

SECRETARIO: Mag. MARKO JESUS POLO CAMACHO

VOCAL: Mag. MARCO ANTONIO COLOMA YUNGANINA

ASESOR: Mag. MARÍA ELENA VILDOSO ZAMBRANO

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Yael Osmar Jimenez Muñiz, en calidad de bachiller de la Escuela de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 72632775

Yo Julio Dalens Vargas, en calidad de bachiller de la Escuela de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 41858465

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada:

“Diseño y construcción de un generador de ozono portátil para la desinfección de ambientes en tiempos de covid-19, año 2021”

La misma que presento para optar el:

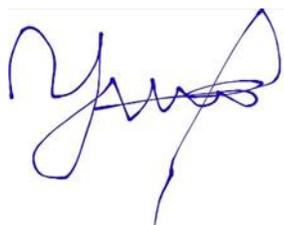
Título Profesional de Ingeniero Electrónico

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a la universidad y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 07 de Marzo del 2022



Bach Yael O. Jimenez Muñiz
DNI: 72632775



Bach. Julio Dalens Vargas
DNI: 41858465

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis abuelos paternos (+) , a mis abuelos maternos, a mi madre que me aguantó todas las noches de veladas y me acompañó en este proceso, a mi padre que dio la opción de estudiar en la universidad, a mis primos que me dieron rienda suelta con las cosas que quería hacer, a mis amigos que me apoyaron de diferentes formas y sobre todo a mis mascotas las que me dieron fuerzas para seguir adelante con todas las cosas que me pasaron en la vida, aunque ya no están conmigo siempre los recordaré en el fondo de mi corazón

Yael

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de tesis de mis estudios universitarios con tanto esfuerzo y respeto a mi padre, madre y toda mi familia, en especial a mi ser querido a mi hijo Stip, durante todos estos años ustedes fueron mi aliento de vida a seguir adelante, y siempre con la compañía de DIOS nuestro creador.

JULIO

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Privada de Tacna y a los catedráticos de la facultad de Ingeniería electrónica por brindarnos conocimientos y la oportunidad de desarrollarnos profesionalmente para cumplir con nuestras metas y aspiraciones.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JUGADOS.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1 Descripción del problema.....	18
1.2 Formulación del problema.....	19
1.2.1 Problema General	19
1.2.2 Problemas específicos.....	19
1.2.3 Justificación e importancia.....	19
1.3 Objetivos.....	20
1.3.1 Objetivo General.....	20
1.3.2 Objetivos Específicos	20
CAPITULO II: MARCO TEORICO	21
2.1 Antecedentes de Estudio	21
2.1.1 A nivel internacional	21
2.1.2 A nivel nacional	22
2.2 Bases teóricas	24
2.2.1 Los ozonificadores.....	24
2.2.2 Recomendaciones sobre el generador de ozono.....	25
2.2.3 El ozono	27
2.2.4 Mecanismo de desinfección de ozono.....	30
2.2.5 Toxicidad y límites de exposición al ozono	32

2.3	Definición de conceptos básicos	33
2.3.1	Descarga en barrera dieléctrica (DBD).....	33
2.3.2	EPA (Environmental Protection Agency).....	33
2.3.3	Lámparas para efecto corona.....	33
2.3.4	Método Yodométrico.	33
2.3.5	Arco eléctrico.....	33
2.3.6	Efecto corona.	34
CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO		35
3.1	Tipo y diseño de investigación	35
3.1.1	Tipo de investigación.....	35
3.1.2	Diseño de investigación.....	35
3.2	población y/o muestra de estudio.....	35
3.2.1	Muestra de estudio	35
3.3	Operacionalización de variables.....	35
3.4	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	36
3.3.5	Técnicas de recolección de datos.....	36
3.3.6	Materiales e instrumentos para la recolección de los datos	37
3.5	Procesamiento y análisis de datos	39
3.5.1	Recopilación de los datos.....	39
3.5.2	Preparación de datos.....	39
3.5.3	Procesamiento / limpieza de datos	40
3.5.4	Interpretación de datos	40
3.5.5	Análisis de datos	40
CAPITULO IV: RESULTADOS		41
4.1	Diseño metodológico del proyecto	41
4.2	Descripción del sistema	41
4.3	Diseño del circuito de potencia	42
4.3.1	Cálculo del transformador.....	42

4.3.2	Potencia del transformador.....	43
4.3.3	Selección de núcleo	43
4.3.4	Cálculo de densidad	43
4.3.5	Cálculo de la sección de conducción secundaria.....	44
4.3.6	Calculo de intensidad de corriente primaria	44
4.3.7	Cálculo de numero de voltios por cada espira	44
4.3.8	Número de espiras en bobinado primario y secundario	45
4.3.9	Cálculo de la inducción magnética del núcleo	46
4.3.10	Seccion de las ventanas del bobinado primario	46
4.3.11	Sección de la ventana del bobinado secundario	46
4.4	Sistema de control	47
4.5.1	Microcontrolador Arduino UNO	48
4.5.2	LCD (Pantalla de cristal líquido)	49
4.5.3	Módulo I2C: Protocolo de comunicación.....	50
4.5.4	Sensor de ozono MQ131.....	50
4.5.5	Módulo Bluetooth HC-05 Arduino	51
4.5.6	Módulo de relé BS401	52
4.5.7	Osciloscopio.....	53
4.6	programación del Arduino	55
4.6.1	Código de programación del Arduino.....	56
4.7	Implementación del módulo ozonificado.....	60
4.7.1	Circuito de control: Variación de la tensión.....	63
4.7.2	Prueba de generación de ozono.....	65
	Cálculo del tiempo de ozonificación del ambiente seleccionado.....	67
CAPITULO V: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....		69
5.1	Pruebas de operatividad del módulo	69
5.1.1	Análisis de resultados.....	69
5.2	determinación del punto de operación de flyback.....	70

5.2.1	Análisis de resultado	70
5.2.2	análisis de resultados	74
5.3	Niveles de ppm de ozono en el ambiente seleccionado	74
5.3.1	Análisis de resultados.....	75
5.3.2	Análisis de resultados.....	77
5.3.3	Análisis de resultados.....	78
	CONCLUSIONES.....	79
	RECOMENDACIONES.....	80
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
	ANEXOS	84

ÍDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites de exposición al ozono	32
Tabla 2. Operacionalización de variables	36
Tabla 3. Especificaciones técnicas del relé BS401	53
Tabla 4. Valores medidos en el flyback.....	64
Tabla 5. Valores de los coeficiente	66
Tabla 6. Índice de tiempo de ozonificación (min/m ³)	67
Tabla 7. Cálculo de R2	72
Tabla 8. Valores de exposición de ozono que no exceden la norma de la FDA ..	75
Tabla 9. Valores de exposición de ozono que no exceden la norma de la EPA ..	76
Tabla 10. Valores de exposición de ozono que no exceden la norma de la NIOSH y la OSHA.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general de un generador de ozono	24
Figura 2. Lámpara de efecto corona	25
Figura 3. Generador eléctrico de ozono portátil	27
Figura 4. Efectos biológicos y terapéuticos del ozono.....	29
Figura 5. Mecanismo de desinfección del ozono.	31
Figura 6. Diseño de circuito de potencia en Proteus	42
Figura 7. Diagrama de control en el simulador proteus.....	47
Figura 8. Diagrama de bloques de sistema de control	48
Figura 9. Placa de desarrollo de Arduino uno	48
Figura 10. Pantalla LCD 16x2.....	49
Figura 11. Módulo I2C Protocolo de comunicación.....	50
Figura 12. Sensor de ozono MQ131	51
Figura 13. Hardware de bluetooth del HC05.....	51
Figura 14. Relé Electromagnético BS401	52
Figura 15. Osciloscopio portátil de 2 canales HANTEK	54
Figura 16. Diagrama de flujo del sistema.....	55
Figura 17. Instalación de los módulos y la fuente en el módulo del Arduino UNO	59
Figura 18. Tabla de librerías en Arduino.....	59
Figura 19. Código de compilación de Arduino.....	60
Figura 20. Mesa de trabajo con los componentes electrónicos.....	60
Figura 21. Transformadores para las pruebas con el flyback.....	61
Figura 22. Transistor de pruebas D1403.....	61
Figura 23. Circuito simple para hacer pruebas.....	62
Figura 24. Armado de la parte de control.....	62
Figura 25. El módulo de trabajo para la parte de control.....	63

Figura 26. Gráfica frecuencia (kHz) vs voltaje (Kv) en el flyback.....	65
Figura 27. Realizando pruebas con el sensor de O3	69
Figura 28. Equipo de ozono	70

RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo descontaminar en tiempos del SARS-Cov 2, determinados ambientes habitados por seres humanos, mediante la construcción de un módulo generador portátil de ozono, lo cual conlleva a disminuir el riesgo de obtención de enfermedades entre un grupo poblacional. Esto presentará nuevas alternativas para desinfección en ambientes controlados y no controlados. La metodología seguida para el diseño y la implementación del generador de ozono portátil permitió construir un prototipo de 2000 mg O₃/h utilizando el micro-controlador ARDUINO UNO y el software libre de programación ARDUINO IDE. Una vez diseñado las diferentes etapas del generador de ozono, se realizó la simulación su simulación utilizando el software electrónico Proteus. Las pruebas de simulación permitieron verificar los parámetros calculados para cada elemento del sistema. Luego, se procedió a implementar el módulo generador de ozono, se generó el código fuente mediante el software ARDUINO IDE. Efectuada la programación con el Arduino IDE, se produjo la compilación del Arduino UNO. Finalmente con los resultados obtenidos de la prueba de operatividad y de la medición de los niveles de exposición al ozono menores a 0,10 ppm de O₃, se pudo verificar que la propuesta del módulo generador de ozono cumplía con los objetivos establecidos.

Palabras clave: SARS- Cov 2; Dispositivo Portátil; Ozono; flyback y Desinfección de ambientes.

ABSTRACT

The objective of this thesis work is to decontaminate in times of SRAS-CoV-2, certain environments inhabited by human beings, through the construction of a portable ozone generator module, reducing the risk of obtaining diseases among a population group. This will present new alternatives for disinfection in controlled and uncontrolled environments.

The methodology followed for the design and implementation of the portable ozone generator allowed the construction of a 2000 mg O₃/h prototype using the ARDUINO UNO microcontroller and the ARDUINO IDE free programming software. Once the different stages of the ozone generator were designed, the simulation was carried out using the Proteus electronic software. The simulation tests allowed verifying the parameters calculated for each element of the system. Then, the ozone generator module was implemented. The source code was generated using the ARDUINO IDE software. Once the programming was done with the Arduino IDE, the compilation of the Arduino UNO was produced.

Finally, with the results obtained from the operability test and the measurement of the levels of exposure to ozone less than 0.10 ppm of O₃, it was possible to verify that the proposal for the ozone generator module met the objectives established.

Keywords: SRAS-CoV-2; Portable device; Ozone; fly back; Disinfection of environments.

INTRODUCCIÓN

Las zonas contaminadas en todo el mundo son un foco infeccioso de distintas enfermedades las cuales no solo les hacen un daño a los seres humanos también a los animales y al ecosistema en general.

El avance tecnológico permite mejorar el estilo de vida de la población. La aparición de la pandemia del SRAS-CoV-2 puso en evidencia que el sistema público de salud de nuestro país no estuvo preparado para enfrentarlo, ocasionando una alta mortandad.

La necesidad de mantener los ambientes de trabajo y los hogares desinfectados, van a contribuir en disminuir el efecto del virus SARS- Co V2 en el control de la pandemia en nuestro país. Por ello, decidimos contribuir en la solución de la problemática en que se encuentra la salud pública nuestro país, proponiendo el diseño y la implementación de un módulo generador de ozono de fácil construcción y de bajo costo, que permita desinfectar pequeños ambientes.

La organización de este trabajo de tesis es la siguiente: El capítulo I: Planteamiento del problema, examina la problemática durante la pandemia del SARS- Co V2 del uso de equipos generadores de ozono, para desinfectar ambientes de trabajo. El capítulo II: Marco teórico, analiza los antecedentes de las investigaciones nacionales e internacionales que tributarán por el desarrollo de nuestro trabajo de tesis. Luego se desarrolla los fundamentos teóricos de nuestra investigación. El capítulo III: Marco metodológico, contiene el tipo y diseño de la investigación y la aplicación de variables, así como las técnicas para recolección de datos y del procesamiento y análisis de datos. El capítulo IV: Resultados, presenta el desarrollo de la metodología para diseñar e implementar un generador de ozono, así como los resultados obtenidos por cálculo matemático y por simulación electrónica. El capítulo V: Discusión de resultados, presenta el análisis de los resultados obtenidos de las pruebas de operatividad practicadas al módulo generador de ozono y de las mediciones de los niveles de ppm en el ambiente seleccionado.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

(oms, 2020) En diciembre del 2019, en Wuhan, China, fue el centro de un brote de enfermedades respiratorias de causas desconocidas. Los enfermos expresaron en los diferentes nosocomios con diagnósticos de neumonía de origen no conocida. La limitada higiene e ineficientes medidas de bioseguridad en los mercados del comercio de alimentos, han permitido que los virus se transmitan a humanos. Durante la epidemia del SRAS-CoV-2, la rápida propagación global se vio favorecida por el desconocimiento inicial en relación al manejo de los pacientes contagiados y el tránsito aéreo mundial. El 30 de enero, se habían diagnosticado alrededor 9.692 casos en toda China y 90 casos en diferentes países.

(oms, 2020) El 11 de marzo, con 118.000 casos reportados en 114 países y 4.291 personas exánimes, la Organización Mundial de la Salud declara que el brote de la enfermedad SRAS-CoV-2, es considerada una pandemia. Aplicándose medidas urgentes para minimizar los estragos producidos por la pandemia como la aplicación de medidas de bioseguridad como el distanciamiento social y aislamiento, impidiendo el contagio persona a persona, permitió controlar la epidemia.

En la situación actual de emergencia sanitaria en que nos encontramos, se hace necesario evitar la propagación del coronavirus en los diferentes ambientes de los edificios, oficinas, centros comerciales, mercado de abastos, instituciones estatales, terminales terrestres, aeropuertos, lugares de servicios y otros. Durante semanas se nos ha explicado la importancia de lavarnos las manos o usar alcohol y mantengamos el distanciamiento social para evitar al SRAS-CoV-2 Pero científicos e ingenieros manifiestan que también se pueden transmitir a través del aire que respiramos en espacios contaminados, a medida que más personas vuelven a sus trabajos. (David Shukman, Editor de Ciencia de BBC).

(Martínez, 2020) Debido a la coyuntura actual, se ha propuesto la implementación de medidas de bioseguridad, dentro de las cuales se considera los sistemas de desinfección, como son los generadores de ozono que purifican el aire y pueden reducir el riesgo de infecciones microbiológicas incluyendo al SRAS-CoV-2.

Debido a estas circunstancias se plantea la necesidad de diseñar un equipo para mitigar o eliminar el SRAS-CoV-2. que sea fácil manejo y transporte, que regule la exposición al ozono, por lo que lo denominaremos generador de ozono portátil, en bienestar de las personas.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿En qué medida el diseño y la construcción de un generador de ozono portátil contribuyen en la desinfección de ambientes en tiempos del SRAS-CoV-2, año 2021?

1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿En qué medida la determinación de los componentes electrónicos y eléctricos es necesario para el diseño de un generador de ozono?
- b. ¿En qué medida el desarrollo de una metodología permitirá calcular el tiempo de desinfección por volumen del ambiente para locales comerciales?
- c. ¿En qué medida la realización de pruebas y análisis, verificará el adecuado funcionamiento del prototipo generador de ozono portátil?

1.2.3 Justificación e importancia

La contaminación atmosférica perjudica negativamente de manera directa e indirecta, la salubridad, comodidad, economía y condiciones de vida de miles de seres humanos, perjudicando en el desarrollo de los distritos, provincias afectando sobre su economía y competitividad.

La propagación de la pandemia del SRAS-CoV-2. a nivel mundial, así como el hacinamiento de los lugares públicos, ha hecho que los espacios e instalaciones donde se convocan las personas sean focos de contagio del virus, debido a ello es imprescindible mejorar la calidad del aire contribuyendo a mitigar los posibles contagios del SRAS-CoV-2.

La investigación tiene su justificación en tres aspectos:

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar y construir un generador de ozono portátil que contribuya en la desinfección de ambientes en tiempos del SRAS-CoV-2, año 2021.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a. Determinar los componentes eléctricos y electrónicos necesarios para el diseño de un generador de ozono.
- b. Desarrollar una metodología que permita calcular el tiempo de desinfección por volumen del ambiente para locales comerciales.
- c. Realizar pruebas y análisis para verificar el adecuado funcionamiento del prototipo generador de ozono portátil.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de Estudio

2.1.1 *A nivel internacional*

Para Lara-Fernández et al. (2020) En el artículo presentado como “Ozono como método de desinfección del ambiente hospitalario”, cuyo objetivos de la investigación es la influencia de la utilización del ozono para la esterilización de espacios del elevado riesgo de los nosocomios los métodos que se usaron dispositivo electrónico de ozono en ambientes de riesgo elevado los resultados obtenidos fueron correspondientes a ambiente muy limpio.

Hubo menor incidencia de número de difuntos comparando al periodo del año anterior a la intervención a la conclusión llegada la esterilización de espacios interhospitalarios de alto riesgo con ozono fue eficiente ya que produjo espacios asépticos reduciendo significativamente el uso de antibióticos, la hospitalización de los pacientes y el fallecimiento por infecciones relacionadas con la asistencia sanitaria.

Para Erazo (2012) en su trabajo de titulación denominado “Diseño y construcción de un ozonificado con capacidad de 300 m³, para la purificación de ambientes, UTE 2010”, afirma que:

Esta investigación tiene como fin dar como solución a la polución ciertos espacios habitados por las personas, mediante la producción del Ozono minimizando así el padecimiento y el malestar en los habitantes Esta información será una herramienta eficaz y eficiente para minimizar la problemática de la contaminación de espacios de uso constante.

La reducción de contaminantes que pululan en los ambientes relevantes para asegurar una atmosfera limpia; inocuo de infecciones en espacios donde transiten las personas, minimizando así una variedad de afecciones que pueden afectar su salud.

Cumpliendo el objetivo de limpieza de ambientes, beneficiándose de las características del ozono, en lugares interiores modifica el oxígeno circundante produciendo así el O₃ denominado OZONO cuya particularidad es desinfectar los espacios donde se utilice.

Galvis et al. (2005) en su artículo publicado “Evaluación del funcionamiento de un generador de ozono a escala piloto en la desinfección de agua para consumo humano”, hace las siguientes precisiones:

En el presente artículo realizan los efectos de la evaluación, al nivel de la creación de una planta de ozono desarrollado en la Universidad del Valle por el grupo de Investigación GRALTA.

La evaluación del funcionamiento del generador de ozono, uso de electricidad y eficacia del generador y costos de energía. Además, se tuvieron en cuenta parámetros los valores estandarizados para los organismos microbiológicos para validar la eficacia en la esterilización para comprobación de procedimientos.

Los efectos concluyen que el equipo generador tuvo una baja eficiencia en la productividad de ozono. Se lograron la limpieza significativa para hierro y manganeso en los efluentes del filtro grueso dinámico (FGDi) y el filtro grueso ascendente en capas (FGAC).

2.1.2 A nivel nacional

Gonzales (2014) en su trabajo de titulación denominado “Diseño e implementación de un sistema antiséptico aplicado a la desinfección de habitaciones en hospitales mediante el uso del ozono”, indica lo siguiente:

Aplican variedad de procesos para la asepsia de los espacios interhospitalarios, como son los desinfectantes líquidos y la luz ultravioleta. El primero es de uso frecuente para la mayoría de espacios dentro del nosocomio, sea en sala de urgencias a, sala de operaciones, Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), etc. El segundo procedimiento es mínimamente empleado en el país, debido a su elevado precio. Una tercera opción, sería el uso del ozono como desinfectante ya que es una novedoso en nuestro país.

Lo que propone la tesis es el diseño e implementación de un sistema generador de ozono aplicado a la asepsia de los ambientes en los nosocomios. El ozono debido a su elevado potencial oxidante, es idóneo para minimizar toda variedad de bacteria, tanto en la atmosfera como en alguna superficie.

El generador de ozono consta con una etapa de control; una etapa de potencia con voltajes superiores a 10 000 voltios.

Fernández (2017) en su trabajo de tesis “Determinación de la Efectividad del Ozono como Método de Desinfección en Ambientes del Servicio de Neonatología en el Hospital Regional Honorio Delgado - Arequipa 2017”, manifiesta que:

En el trabajo se desarrolló la capacidad efecita del ozono en el Hospital Regional Honorio Delgado, como la cargar de organismos que existen los métodos que se aplicaron fueron el estudio del aire antes y después de la aplicación de ozono para ver la cantidad de vida microbiana que representa las conclusiones se probó la validez del Ozono como método de esterilización logrando la reducción de microorganismos en el aire después de su utilización.

Cornejo (2015), en su trabajo de tesis denominado “Evaluación del proceso de desinfección de una planta de incubación de pollos boiler mediante el uso de ozono, Islay, Mollendo. Arequipa, 2015”, indica que:

Este trabajo de investigación se realizó en la planta de incubación de la empresa PRODMIL S.A ubicada en Molledo Islay provincia de Arequipa para desinfección de vidas microbianas la conclusión se demostró la reducción de carga microbiana en los espacios de la planta.

Se examinó el aire sin OZONO, como frecuentemente se encuentra la planta de incubación. Luego se colocó un dispensador de ozono en cada espacio por un lapso de 30 minutos, y se procedió a tomar nuevamente muestras de espacio interhospitalario de incubación con el dispositivo SAS (surface air system). El análisis estadístico se deduce que hay diferencia significativa. Se concluye en este trabajo que, bajo la acción desinfectante por medio de ozono en la planta de incubación, la carga bacteriana se reduce.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Los ozonificadores

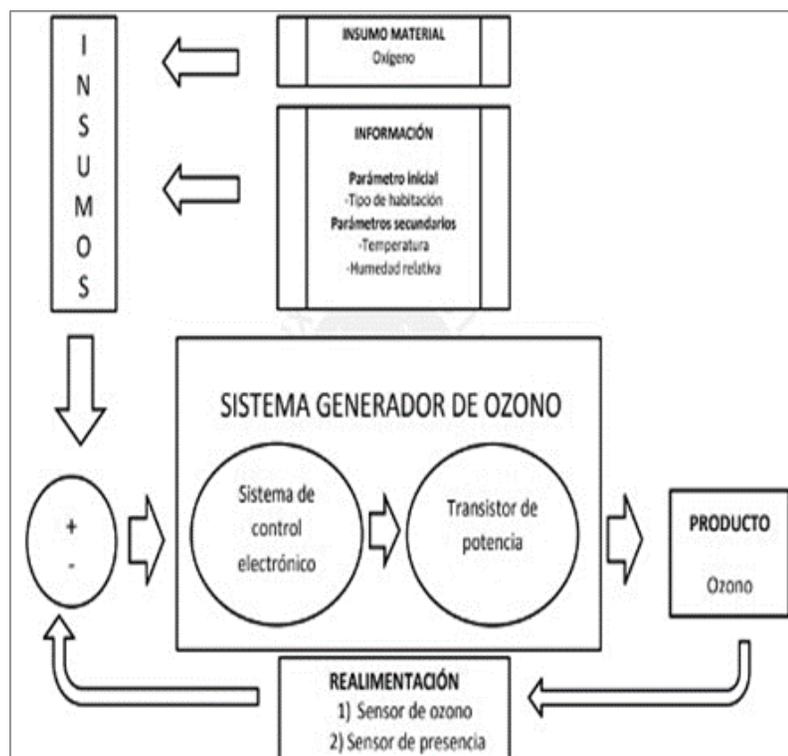
La utilidad del OZONO es variada, pero en su estado natural se encuentra en la estratosfera, son moléculas en estado diatómico el oxígeno que se separan en generando una molécula en estado triatómico también llamando de ozono.

En la actualidad existe equipos que pueden producir ozono de distintas en formas en la tropósfera el principio de estos métodos es descomponer el oxígeno y lo convierten en ozono. El funcionamiento que presenta es por medio de reacciones químicas y eléctricas todos estos procesos se le conoce como el efecto corona. Tiene cualidades únicas como son el sonido característico y la emisión de la luz violeta.

Para que este tipo de efecto corona exista se necesita altos voltajes que solo algunos equipos pueden producir por medio de descargas eléctricas. En la figura 1 se muestra el diagrama esquemático de un generador de ozono.

Figura 1

Esquema general de un generador de ozono



Nota. Tomado de “*Diseño e implementación de un sistema anti-séptico aplicado a la desinfección de habitaciones en hospitales mediante el uso del ozono*”, por Gonzales, 2014. Disponible en: <https://cutt.ly/xRRNeI9>

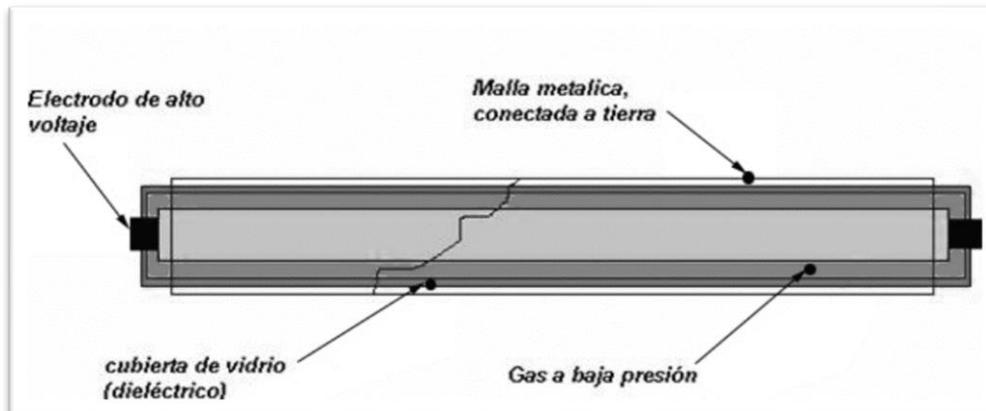
En el manejo de la alta potencia es peligroso por esta razón dispositivos especiales para la producción del efecto corona.

Según Erazo (2012) hace una definición de la lámpara para efecto corona, indicando que:

Las lámparas que generen el efecto corona tienen elementos que generan altos voltajes creando campos eléctricos hacia una malla metálica conectada a tierra la cual se genera altos voltajes separan la molécula de oxígeno y generan las moléculas de OZONO. (p.14) En la figura 2 se muestra el diagrama esquemático de una lámpara para efecto corona.

Figura 2

Lámpara de efecto corona



Nota. Tomado de “*Diseño y construcción de un ozonificador con capacidad de 300 m³, para la purificación de ambientes, UTE 2010*”, por Erazo (2012). Disponible en: <https://acortar.link/JhqlHp>

2.2.2 Recomendaciones sobre el generador de ozono

Es un equipo portable preferiblemente ponerlo en un lugar alto ya que el ozono es más pesado del aire por lo consiguiente a caer. Debe contar con una toma eléctrica de

110 v / 220 v AC, todo depende de qué país se usara pero el principio es el mismo en todo lado el consumo debe ser menos a 50 w después de este valor se considera una maquinaria industrial.

Diseño y Materiales

Los generadores de ozono no industriales se pueden utilizar para la limpieza de equipos, frutas o verduras, tratamientos en aguas. El generador de Ozono se puede usar en ambientes con o sin personas dependiendo de los parámetros interraciales que estén regidos estos valores se puede visualizar en la tabla 1, la salida de ozono debe ser por un ventilador para irradiar en un ambiente controlado, mientras más rpm (revolución por minuto) el ozono se expandirá más rápido en el ambiente determinado.

El material para construir un generador de ozono es acero inoxidable por su duración, resistencia y estética.

Tamaño

El generador de ozono tendrá una dimensión similar a cajas de zapatos, pero depende de la potencia el generador aumentará las dimensiones para su uso en áreas más grandes

Durabilidad

La vida útil de un generador de ozono es de 3 a 5 años pueden durar mucho más todo depende de la cantidad de mantenimiento y la calidad del mismo. El estado del equipo depende que se coloque en un lugar con poca humedad y sin polvo y temperaturas menores a 25C°.

Soporte Técnico

Todo equipo necesita mantenimiento no importa si es el más caro o el más barato esto es importante a realizar la recomendación del mantenimiento preventivo es de cada

3 meses la revisión general del equipo. En la figura 3 se muestra un tipo de generador de ozono portátil.

Figura 3

Generador eléctrico de ozono portátil



Nota. Tomada de “Generador de ozono”, por ZonoSistem, sf. Disponible en: <https://cutt.ly/3RR81Hu>

2.2.3 El ozono

Propiedades del ozono

Con referencia a las propiedades del ozono, Vásquez (2000), manifiesta que el ozono O_3 , es un gas y variante a la fórmula de oxígeno se presenta de una forma alotrópica, lo cual da unas características de coloración turquesas de un olor irritante en mucha concentración al mismo tiempo puede presentar un riesgo para las personas este gas. El olor característico de esta molécula es de azufre y cloro, pero en cantidades pequeñas es solo un olor refrescante presenta una solubilidad con el agua la cual ayuda a la descomposición rápida y efectiva del ozono (p.55). el ozono puede realizar acciones las cuales pueden ser.

Acción Microbicida

El ozono presenta propiedades para desinfectar lugares gracias a sus propiedades oxidantes lo cual se le usa para la atacar a las vidas microbianas de forma natural en este proceso tenemos los siguientes agentes que son afectados:

- Esporas
- Virus
- Hongos
- Bacterias

Acción desodorante

La propiedad de destruir los olores malolientes afectando a la causa que lo provoca sin agregar otro olor adicional si se cumple algunas condiciones.

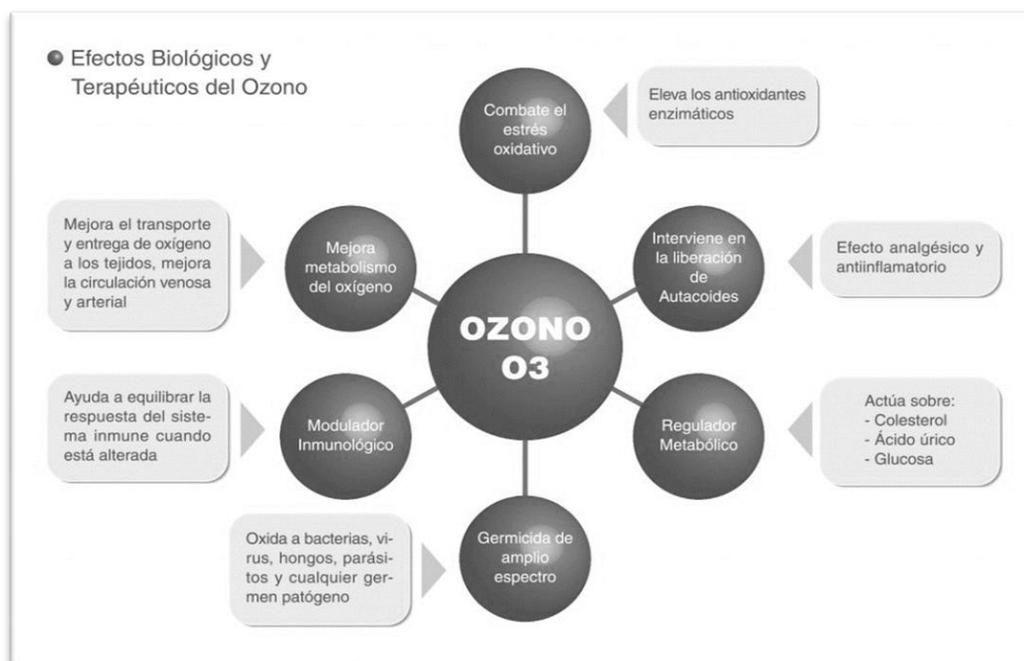
Para lograr esto se debe no exceder de una cantidad de concentración de ozono si esto no se cumple podría quedar un olor residual en el aire que es el ozono concentrado

Acción Oxidante

A lo largo de todas las ciudades existes lugares que presentan focos infecciosos porque están cerrados o pocos ventilados lo que a la larga hace que el aire este viciado en estas zonas. el ozono por su composición genera un poder oxidante usa el oxígeno disponible para hacer su proceso y desinfectar. En la figura 4 podemos observar los efectos biológicos y terapéuticos del ozono.

Figura 4

Efectos biológicos y terapéuticos del ozono.



Nota. Tomado de "Efectos Biológicos", por el Instituto Valenciano de Ozonoterapia. Disponible en: <https://cutt.ly/oHrXEeT>

Formación del ozono

Para la formación del ozono, según Vázquez (2000), existen 4 métodos de formación:

- Método químico: como en la reacción entre el bióxido de bario y el ácido sulfúrico.
- Por electrólisis, de una solución acuosa de ácido sulfúrico o ácido perclórico.
- Por reacción fotoquímica, o sea por la acción de rayos ultravioleta de longitudes de onda menores de 2200 Å, sobre oxígeno puro o de aire.
- Por descarga eléctrica de alto voltaje sobre corrientes de oxígeno puro o

de aire (p.59).

Del mismo modo, según Vásquez (2000), manifiesta que los tipos de descargas que pueden emplear son:

- Descarga brillante de sostenimiento propio, que opera a bajas presiones.
- Descargas de punto, de corona y silenciosa, que operan a presión atmosférica.
- Descarga sin electrodos, usando para ello un solenoide a través del cual se pasa una corriente de alta frecuencia, y que opera a menos de 0.1 mm de mercurio.
- Descargas de arco de bajo voltaje y de alta tensión.
- Descargas luminosas con electrodos líquidos.
- Descargas catódicas al vacío (p.59).

2.2.4 Mecanismo de desinfección de ozono

Con referencia a la bacteria la concentración del ozono interfiere con el metabolismo de las células. Una concentración adecuada de ozono rompe la membrana o pared celular, en este proceso se bloquea el funcionamiento del sistema de control enzimático, lo que provoca la destrucción de la bacteria.

En el caso de los virus, los mismos constan de un solo ácido nucleico (ADN o ARN) rodeado por proteínas que son capaces de transmitir su genoma de una célula a otra. Con este proceso enzimático, utilizan al hospedador para su multiplicación intracelular.

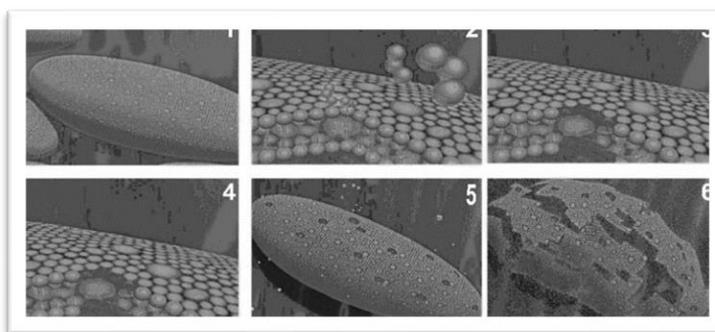
El ozono destruye estas moléculas a dosis más bajas que las que demanda la destrucción de las bacterias, ver figura 5. Los pasos seguidos en el proceso de desinfección con ozono, se presenta a continuación:

- Animación por ordenador de una célula bacteriana

- Primer plano de una molécula de ozono en la pared de la célula bacteriana
- El ozono penetra en la pared celular y causa corrosión
- Primer plano del efecto del ozono en la pared de la célula
- La célula bacteriana después de haber entrado en contacto con una serie de moléculas de ozono.
- Destrucción de la célula (lisis)

Figura 5

Mecanismo de desinfección del ozono.



Nota. Tomado de “Esterilización de áreas y elementos por la acción combinada de ozono y ultravioleta”, por FUDESA, 2020. Disponible en: <https://cutt.ly/HRR0tet>

El mecanismo mencionado difiere de los halógenos (como el cloro), que suelen aplicarse. Se sabe que el cloro penetra en las células por difusión. Dentro de la célula, el cloro afecta a varios tipos de enzimas.

La capacidad de la desinfección depende de la reacción que pueden aceptar los cuerpos a tratar. Un diagrama lineal del proceso de desinfección con ozono se muestra en la Figura 1. Los componentes de un sistema de desinfección utilizando ozono incluyen la preparación del gas de alimentación, la generación del ozono, el contacto con el ozono, y la destrucción del ozono.

2.2.5 Toxicidad y límites de exposición al ozono

Las autoridades de Salubridad Pública a nivel internacional dan una cifra de referencia de ppm (parte por millón) de ozono en volumen, como una máxima concentración permisible durante exposición continua. Por ejemplo, una exposición continua de media hora a concentraciones mayores de 0.02 - 0.05 ppm produce una fuerte tos. También se observa, algunas veces, efectos como decaimiento, cianosis y náuseas esto afecta más a personas que tiene problemas respiratorios, fumadores y a niños pequeños.

Por ello, diferentes organismos internacionales han establecido unos límites de exposición al ozono, tal como se indica en la tabla 1, aunque existe la posibilidad de que algunas personas con características específicas presenten algún malestar al estar expuesto a ozono.

Tabla 1

Límites de exposición al ozono

Límites de exposición al ozono	
FDA (Food and Drug Administration)	No supere los 0,05 ppm
OSHA (Occupational and Safety Health Administration)	No expuestos a una concentración promedio de 0,10 ppm durante 8 horas
NIOSH (National Institute of Occupational and Safety Health)	Límite superior de 0,10 ppm
EPA (Environmental Protection Agency)	Concentración máxima promedio de 8 horas de 0,08 ppm
OMS (Organización Mundial de la Salud)	No exceda de 0.10 mg/m ³ por una media máxima de 8 horas

Nota. Los valores de exposición se dan de acuerdo con los diferentes organismos internacionales. Disponible en: <https://cutt.ly/sGXPkXP>

2.3 Definición de conceptos básicos

2.3.1 Descarga en barrera dieléctrica (DBD)

Este tipo de descarga eléctrica, que se realiza a través de un material aislante, da origen a la formación de delgados filamentos, que en su conjunto se denominan micro descargas (Lozano et al., 2010).

2.3.2 EPA (Environmental Protection Agency).

Es la Agencia de Protección Ambiental que permite el uso del ozono sin exigir informes ni registros (Lozano et al., 2010).

2.3.3 Lámparas para efecto corona.

Son equipos que usan alto voltaje para generar campos eléctricos hacia una malla de metal conectado a tierra el cual recubre todo el cuerpo de la lámpara (Erazo, 2012).

2.3.4 Método Yodométrico.

Este método se usa para medir concentraciones de ozono en fase gas o en fase líquida (Lozano et al., 2010).

2.3.5 Arco eléctrico.

Descarga eléctrica que se forma entre dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial y colocados en el seno de una atmósfera gaseosa enrarecida, normalmente a baja presión, o al aire libre. (Lozano et al., 2010).

2.3.6 Efecto corona.

Fenómeno eléctrico que se produce en los conductores de las líneas de alta tensión y se manifiesta en forma de halo luminoso a su alrededor.

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación empleada fue aplicada, considerando que se tomó en cuenta que para desarrollar la presente investigación se recurrió al fundamento teórico. Este tipo de investigación se encuentra muy vinculadas con la investigación básica. En una investigación empírica, lo que le interesa al investigador son las consecuencias prácticas, en este caso, el desarrollo de un prototipo de generador de ozono portátil.

3.1.2 Diseño de investigación

La investigación se procedió a la realización de un marco descriptivo –experimental la cantidad de información obtenida apoya a diseñar y construir un equipo generador de ozono el cual se realizó con los cálculos de bobinado.

3.2 población y/o muestra de estudio

3.2.1 Muestra de estudio

La muestra de estudio o la unidad de análisis propiamente dicho, consistió en un generador de ozono portátil para la desinfección de ambientes en tiempos del SRAS-CoV-2.

3.3 Operacionalización de variables

En la tabla 2 se muestra la puesta en marcha de variables de nuestro trabajo de investigación, la cual es una variable del estudio.

Tabla 2*Operacionalización de variables*

Variable de estudio	Definición conceptual	dimensión	Indicadores
Diseño y construcción de un generador de ozono portátil para la desinfección de ambientes en tiempos del SRAS-CoV-2, año 2021	Un equipo que genera ozono por medio de arcos eléctricos empleado para la desinfección de ambientes.	Consumo de potencia según el tipo de generador Generación de ozono.	Nivel de potencia (w) Nivel de generación de ozono (mg/h deO ₃).
		Exposición de nivel de ozono Desinfección de un ambiente.	Nivel de exposición (< 0,10 ppm) Índice desinfección (minutos/m ³).

3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.3.5 Técnicas de recolección de datos

Se empleó la siguiente técnica para la recolección de datos para nuestro trabajo de investigación:

Técnica de análisis documental

El cual se hizo uso de los documentos existentes y con bases confiables y de fuentes que tengan similitudes en la información como las fuentes de datos. Se utilizaron catálogos técnicos de proveedores de equipos generadores de ozono; se emplearon las

directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre la cantidad de ozono en el aire, es de 0,10 p.p.m de una media de exposición de 8 horas.

3.3.6 Materiales e instrumentos para la recolección de los datos

Materiales

Se utilizaron los siguientes equipos y dispositivos para el diseño y la construcción del generador de ozono:

- Un osciloscopio digital de 2 canales
- Un generador de funciones.
- Un multímetro digital.
- Una laptop con software de simulación y acceso internet.
- Un equipo de medición d los niveles de ozono.
- Circuitos impresos.
- Impresora multifuncional.

- Componentes eléctricos y electrónicos.
- Celda generadora de ozono
- Autotransformador de alto voltaje.
- Disipadores de calor.
- Interruptores
- Bomba de aire, compresor
- Fuente de alimentación de 12V dc
- Lámparas led.

Instrumentos

Se utilizaron como fuentes secundarias:

- *Libros especializados* de diseño electrónico, elevadores de voltaje, producción de ozono utilizando descargas eléctricas.
- *Catálogos* sobre especificaciones técnicas de los componentes electrónicos y eléctricos a emplear, de los dispositivos generadores de ozono, de los software de diseño electrónico: AUTOCAD, PROTEUS y MULTISIM.
- *Bibliotecas virtuales* de artículos especializados referidos a la investigación;
- *Direcciones web* de Estándares Internacionales que regulan la generación de ozono, los límites de exposición al ozono, los métodos sobre la producción de ozono, así como de trabajos de investigación referente al diseño y construcción de generadores de ozono o video tutoriales sobre metodología a seguir para el desarrollo de nuestro proyecto.
- *Software* de las Herramientas del Microsoft Office y los software de simulación aplicados al diseño electrónico: AUTOCAD, PROTEUS y MULTISIM

Se utilizaron como fuentes primarias:

- *Archivos digitales y base de datos* para registrar la información obtenida durante las pruebas de operatividad y aceptación del generador de ozono construido.
- *Equipos audiovisuales* Se utiliza celulares que cuentan con cámaras y videograboras para registrar las etapas de diseño y construcción del equipo generador de ozono, así como en la etapa de pruebas.

3.5 Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de datos de nuestra investigación, consistió en el desarrollo de una secuencia de actividades planificadas mediante el cual los datos obtenidos en cada etapa del desarrollo del prototipo de generador de ozono, se procesaron con el propósito verificar la hipótesis dada u objetivos planteados.

Finalmente se presentaron las conclusiones y las recomendaciones en respuesta a los objetivos planteados y a los resultados obtenidos en nuestra investigación aplicada.

3.5.1 Recopilación de los datos

En esta etapa se obtuvo la información suministrada por los trabajos presentados por otros investigadores, por las Recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) con respecto a los límites permisibles de cantidad de ozono en el aire.

3.5.2 Preparación de datos

En esta etapa se comenzó la preparación para su organización, la detección de errores y el descarte de información según los requerimientos y las condiciones establecidas para el diseño del prototipo. Se diseñaron las etapas del prototipo utilizando el software de AUTOCAD, PROTEUS y MULTISIM.

- **Introducción de datos**

Se seleccionó los componentes y dispositivos electrónicos requeridos para la construcción del prototipo. Luego se procedió a la programación del ARDUINO ingresando su código fuente.

3.5.3 *Procesamiento / limpieza de datos*

En esta etapa, los datos ingresados fueron procesados en la puesta en operatividad del prototipo de generador de ozono construido.

3.5.4 *Interpretación de datos*

Efectuado las pruebas de operatividad, los valores obtenidos fueron interpretados, verificando que cumplen con las Recomendaciones establecidos para este proyecto.

3.5.5 *Análisis de datos*

Finalmente, se analizó los datos con otros trabajos de investigación y se comprobó la operatividad del prototipo de generador de ozono.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 Diseño metodológico del proyecto

El proceso investigativo se realizó en la ciudad de Tacna. Inicialmente estaba propuesto desarrollar el proyecto en las instalaciones del Laboratorio de Control y Automatización de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Privada de Tacna, pero debido a la pandemia el acceso a dichas instalaciones estaba restringida, razón por la cual se estableció en el regimiento 101 ubicada en la ciudad de Tacna.

La investigación de la tesis se enmarcó en un estudio analítico, descriptivo y explicativo acerca de la generación de ozono empleada en la purificación y desinfección de ambientes de acceso público o privado.

Para ello fue necesario el diseño y construcción de una máquina ozonizadora de 2 000 mg/h; estableciendo una metodología adecuada la misma que consta de dos partes fundamentales, la primera encaminada a la búsqueda de información bibliográfica que permita la identificación del problema, objetivos e hipótesis de investigación; y la segunda dirigida a obtener la información primaria, es decir directamente del campo investigativo.

Finalmente se debió comprobar que la generación de ozono no exceda de las Normas Internacionales, es decir que los niveles de concentración de ozono en los ambientes seleccionados para las pruebas, no excedan de 0,1 ppm cuando hay presencia de personas. Para un nivel alto de desinfección de bacterias y virus se fijó en 2 000 mg/h que es la capacidad de generación de ozono del módulo desarrollado.

4.2 Descripción del sistema

Se diseñó un equipo que tiende a desinfectar áreas de forma automática se inicia con un proceso de encendido de forma mecánica que es presionando un botón el cual enciende el equipo después hace un proceso automático controlando la entrada y salida de ozono por medio de sensores su diagrama de bloques está especificado en la figura 8.

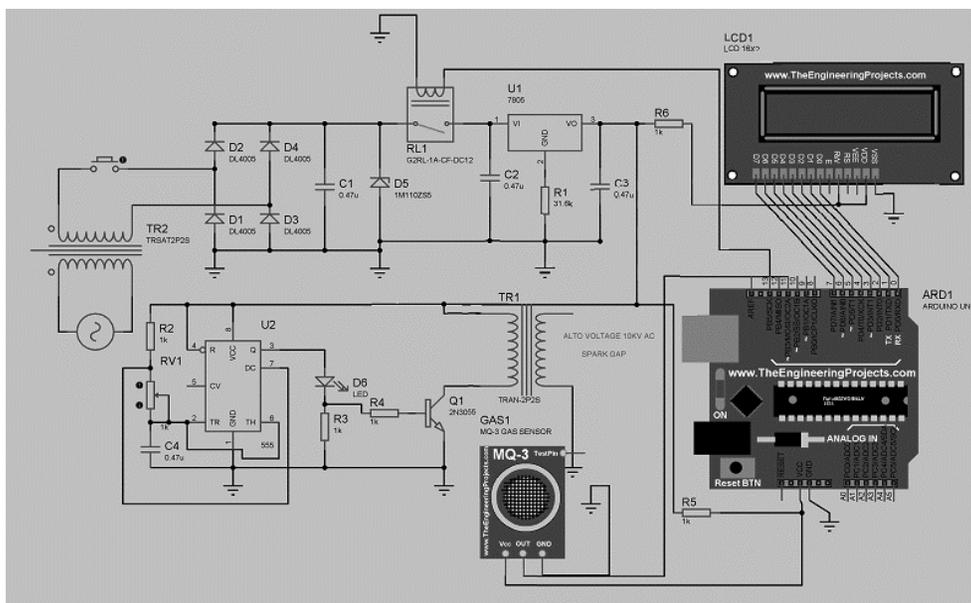
4.3 Diseño del circuito de potencia

En el diagrama de potencia se tiene un circuito de control con un regulador de voltaje de 12 V, a través de un relé de control general de circuito, el circuito integrado timer 555 tiene la función de generar pulsos eléctricos para transistor 2N 3550 que es el encargado de cerrar el circuito de potencia al flyback. En la figura 6 se muestra los circuitos de potencia utilizando el software Proteus.

El flyback es el dispositivo principal del generador de alto voltaje de 10 kV AC. La radiación generada en forma de arcos eléctricos en forma de destellos de rayos de luz genera las partículas de OZONO.

Figura 6

Diseño de circuito de potencia en Proteus



4.3.1 Cálculo del transformador

El voltaje que se necesitaba es un voltaje mayor a 4000 voltios que según el datasheet de transformador flickback y cuenta con una red comercial de 220 voltios.

$$V_1 = 220 \text{ voltios}$$

$$V_2 = 10\,000 \text{ voltios}$$

El cable conductor presente en el bobinado primario de 220 voltios es de #21 AWG

$$\varphi^2 = 0,41 \text{ mm}^2$$

$$I_2 = 30 \text{ mA}$$

$$A = 3,2 \text{ cm}$$

$$B = 2,8 \text{ cm}$$

4.3.2 Potencia del transformador

La potencia del transformador depende principalmente del bobinado secundario corriente y voltaje

$$Pot \text{ util} = T_{se} \times C_{se}$$

$$P_{util} = V_{se} \times I_{se}$$

$$P_{util} = 10\,000 \times 30 \times 10^{-3}$$

$$P_{util} = 300 \text{ watts}$$

4.3.3 Selección de núcleo

La fórmula se acopla mucho a la forma de potencia útil se usa mediante la fórmula:

$$Sección = 0,98 \times \sqrt{P}$$

El valor de 0,98 es la constante que se obtuvo del coeficiente de hierro, a la frecuencia de 60 Hz.

$$Sección = 0,98 \times \sqrt{300} \text{ watt}$$

$$Sección = 16,97 \text{ cm}^2$$

4.3.4 Cálculo de densidad

$$DENSIDAD = \frac{300}{S_{EP} \times v_1}$$

$$DENSIDAD = \frac{300}{0,41 \text{ m}^2 \times 220}$$

$$DENSIDAD = 3,3259 \text{ A/mm}^2$$

4.3.5 Cálculo de la sección de conducción secundaria

$$S_{es} = \frac{p}{v_2 \times \text{densidad}}$$

$$S_{es} = \frac{300 \text{ watt}}{10000 \text{ v} \times 3,3259 \text{ A/mm}^2}$$

$$S_{es} = 0,00902 \text{ mm}^2$$

Según la tabla de conductores eléctricos AWG, el valor obtenido es equivalente al conductor AWG 38.

4.3.6 Cálculo de intensidad de corriente primaria

$$I_P = \frac{P}{V_1}$$

$$I_P = \frac{300 \text{ watt}}{220 \text{ v}}$$

$$I_P = 1,363636 \text{ A}$$

4.3.7 Cálculo de numero de voltios por cada espira

$$N = \frac{K}{V \times S_n}$$

$$S_n = A \times B \times 2$$

Donde

$$\frac{N}{V} = \frac{\text{Número de vueltas}}{\text{Voltio}}$$

$$K = 3,37(\text{constante a la frecuencia de } 60 \text{ Hz})$$

$S_n = \text{Sección de nucleo}$

$$S_n = 3,2 \times 2,8 \times 2$$

$$S_n = 17,92 \text{ cm}^2$$

$$N = 37,54$$

$$\frac{N}{V} = \frac{37,54}{17,92}$$

$$\frac{N}{V} = 2,095 \text{ espiras/vueltas}$$

4.3.8 Número de espiras en bobinado primario y secundario

Bobinado primario

$$\frac{N}{V} = N_1 \times V_1$$

$N_1 = \text{Número de espiras}$

$$\frac{N}{V} = \frac{\text{Número de espiras}}{\text{Voltio}}$$

$V_1: \text{Voltaje primario}$

$$N_1 = 2,095 \times 220$$

$$N_1 = 460,90 \text{ espiras}$$

Bobinado secundario

$$N = N \times V$$

$V_2: \text{Voltaje primario}$

$$N_2 = 2,095 \times 10000$$

$$N_2 = 20\,950 \text{ espiras}$$

Debido a que el espirado es mucho se usó el transformador de alta potencia como el flyback.

4.3.9 Cálculo de la inducción magnética del núcleo

$$N_1 = \frac{V_1 \times 10^8}{f \times S_n \times \beta \times 4,44}$$

Donde

f = frecuencia en Hz

β = induccion electromagnética

S_n = sección del núcleo

$$\beta = \frac{V_1 \times 10^8}{f \times S_n \times N_1 \times 4,44}$$

$$\beta = \frac{220 \times 10^8}{60 \times 17,92 \times 460,90 \times 4,44}$$

$$\beta = 9\,998,70 \text{ gauss}$$

4.3.10 Sección de las ventanas del bobinado primario

$$S_{vp} = N_1 \times \varphi_1^2$$

S_{vp} = sección de la ventana del bobinado primario

$$S_{vp} = 460,90 \times 0,41$$

$$S_{vp} = 188,969 \text{ mm}^2$$

4.3.11 Sección de la ventana del bobinado secundario

$$S_{vs} = N_2 \times \varphi_2^2$$

De donde

S_{vs} = Sección de la ventana del bobinado secundario

$$S_{vs} = 20950 \times 0,00902$$

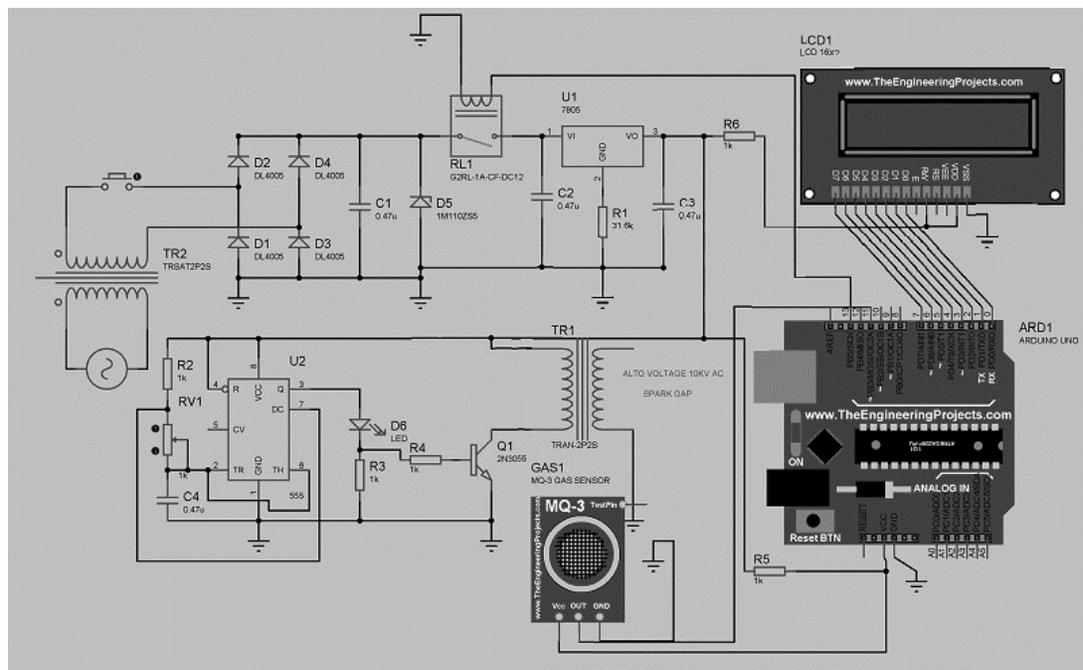
$$S_{vs} = 188,969 \text{ mm}^2$$

4.4 Sistema de control

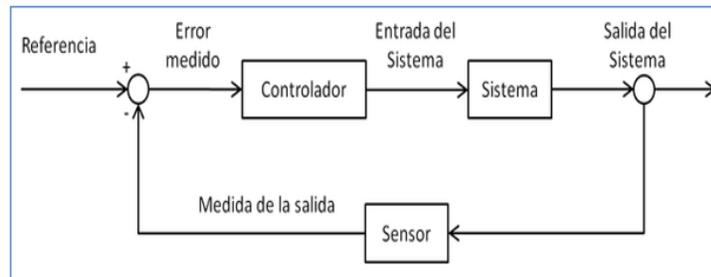
De acuerdo con la aplicación a desarrollar, se utilizó el sistema de lazo cerrado de tipo ON OFF. En el diagrama de bloque de la figura 7 se consideró el tipo de sensores y actuadores existentes a utilizar. En nuestro caso se empleó el sensor que es igual al MQ 131, el actuador que es un relé para el flyback, la retroalimentación que aplica la placa de programación generando un set point. La figura 7 muestra el diagrama de control en el simulador Proteus.

Figura 7

Diagrama de control en el simulador proteus



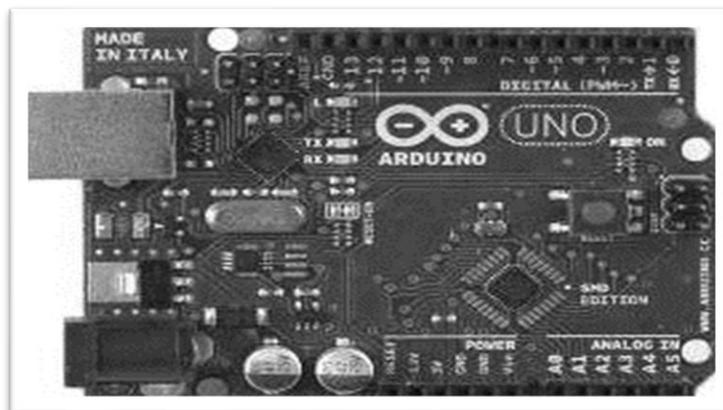
En la figura 8 se muestra el control ON/OFF del circuito.

Figura 8*Diagrama de bloques de sistema de control*

4.5 Diseño del circuito electrónico

4.5.1 Microcontrolador Arduino UNO

Arduino/Genuino Uno es una placa de prácticas con un microcontrolador basada en ATmega el cual varía dependiendo del arduino. Tiene 14 pines de entrada/salida digital un arduino uno (de los cuales 6 pueden usarse como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio, tal como se observa en la figura 9.

Figura 9*Placa de desarrollo de Arduino uno*

Nota: Imagen obtenida del Blog de Tecnologías. Disponible en: <https://cutt.ly/gHa4eil>

Según Suárez (2020) en su blog de Tecnologías, indica que algunas de las principales especificaciones del controlador son:

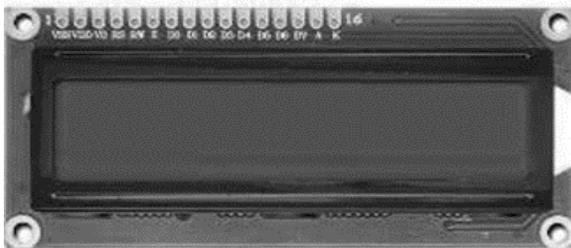
- Una CPU de AVR de 8 bits
- Tiene 23 líneas de E / S programables
- Seis canales de módulo ADC
- ADC de resolución de 10 bits
- 6 canales PWM
- 32 Kbytes en la memoria flash
- Temporizador de vigilancia programable con un oscilador integrado C.I.
- Temperatura de funcionamiento de -40°C a $+105^{\circ}\text{C}$
- Velocidad de CPU de 1MIPS para 1 MHz

4.5.2 LCD (Pantalla de cristal líquido)

Es un módulo empleado para muestrear los valores del equipo de ozono y sirve como visor de los valores. Está vinculado a la tarjeta Arduino la cual hará todo los procesos necesarios para este caso. Ver figura 10.

Figura 10

Pantalla LCD 16x2



Nota. Imagen propia.

4.5.3 Módulo I2C: Protocolo de comunicación

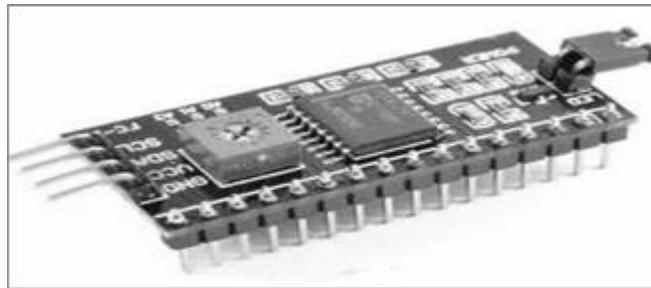
I2C es un protocolo síncrono. I2C usa solo 2 cables, uno para el reloj (SCL) y otro para el dato (SDA). Esto ayuda a que se envíe los datos de comunicación de forma más sencilla sin usar mucho cable o pistas en referencia de placas. I2C no utiliza selección de esclavo, sino direccionamiento. Ver figura 11.

Según Geekbot Electronics (2020), al hacer una descripción del módulo indica que:

En este caso el módulo I2C se puede adjuntar a una Pantalla LCD. El proceso de control se realizará por el protocolo del mismo módulo I2C. Una característica del microcontrolador que permite usar más de un solo módulo I2C el cual ayuda a realizar trabajos más complejos

Figura 11

Módulo I2C Protocolo de comunicación



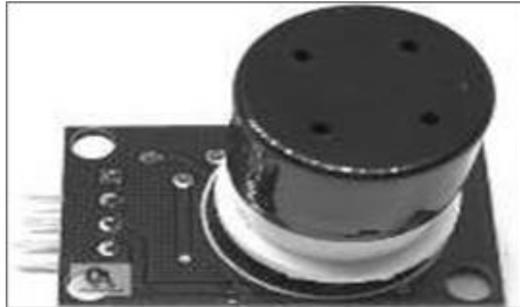
Nota: Imagen obtenida del Blog Geekbot Electronics. Disponible en: <https://cutt.ly/xHa7xE5>

4.5.4 Sensor de ozono MQ131

Es un tipo de sensor que viene en módulos de arduino presenta librerías este módulo se usa para sistemas de control para detección de gases lo cual esta referenciado en su datasheet se alimenta desde 5 voltios y se puede poner un pic para su uso .Ver figura 12.

Figura 12

Sensor de ozono MQ131



Nota: Imagen obtenida del Blog Geekbot Electronics. Disponible en:

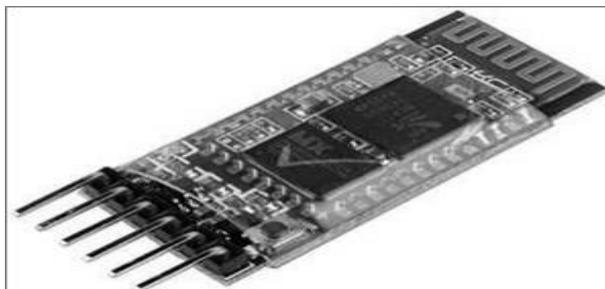
<https://cutt.ly/HHa50wz>

4.5.5 Módulo Bluetooth HC-05 Arduino

El módulo HC-05 cumple con las especificaciones del estándar Bluetooth Que es perfectamente compatible con cualquier tipo de celular. Ver figura 13. Según el blog de Unit Electronics (2021) al describir al módulo bluetooth HC-05, indica que El módulo consta de 6 pines o 4 pines .su trabajo es referenciado por los comando AT que genera dos formas de trabajo siendo estas maestro y esclavo en modo maestro manda todos los comando a los esclavos para que le obedezcan con las instrucciones que da.

Figura 13

Hardware de bluetooth del HC05



Nota: Imagen obtenida del blog de Unit Electronics. Disponible en: <https://cutt.ly/dHsPNgt>

4.5.6 Módulo de relé BS401

Relé electromagnético diseñado para manejar una carga de alta potencia que se opera con 12 V DC/125 V AC, con una capacidad máxima de corriente de conmutación de 5 Amperios. Ver figura 14.

Figura 14

Relé Electromagnético BS401



Nota: Imagen obtenida de Ningbo Baocheng Electronics. Disponible en: <https://cutt.ly/SHsG60m>

Tabla 3*Especificaciones técnicas del relé BS401*

Max. Corriente de conmutación:	5 A
Max. Potencia de conmutación:	625 VA/150 W
Resistencia de aislamiento:	100 M Ω
Rigidez dieléctrica (entre la bobina&contacto):	1000 V AC
El tiempo de operación (máx.):	10 ms
Tiempo de liberación (máx.):	5 ms
La tensión nominal de la bobina	(3-24) V DC
Potencia nominal de bobina	0,2W, 0,36W, 0,45W

Nota. Obtenida del catálogo de productos electrónicos de NingboBaocheng Electronics. Disponible en: <https://cutt.ly/SHsG60m>

4.5.7 Osciloscopio

Osciloscopio USB digital de dos canales basado en la computadora. Opera con un ancho de banda 20 MHz, una frecuencia de muestreo 48 Msa/s, memoria 1 MB. Ver figura 15.

Figura 15*Osciloscopio portátil de 2 canales HANTEK*

Nota. Imagen obtenida de la Corporación Hantek.. Disponible en: <https://cutt.ly/aHsBdKi>

Posee una Interfaz USB XITM estándar, que se inserta fácilmente en la carcasa USBXITM para crear un instrumento combinado. Es adecuado para ordenadores portátiles, mantenimiento de línea de productos, se utiliza fácilmente en negocios.

Tiene un alto rendimiento, posee 23 funciones de medición, comprobación de paso/fallos, adecuado para aplicaciones técnicas. Promedio de forma de onda, persistencia, intensidad, inverso, suma, resta, multiplicación, división, trama X-Y.

Según la hoja técnica de la Corporación Hantek (2021), las especificaciones del Osciloscopio Hantek son:

- Chip de administración de carga inteligente: el puerto USB de la computadora común o de alta corriente de 5V / 2A se puede cargar, sin preocupaciones y fácil de usar.
- Tamaño pequeño, sujeción con una sola mano, diseño de soporte colgante de 45 grados, es un banco de trabajo en cualquier momento y en cualquier lugar.
- Pantalla LCD a color, líneas , forma de onda clara y ampliada sin distorsión.

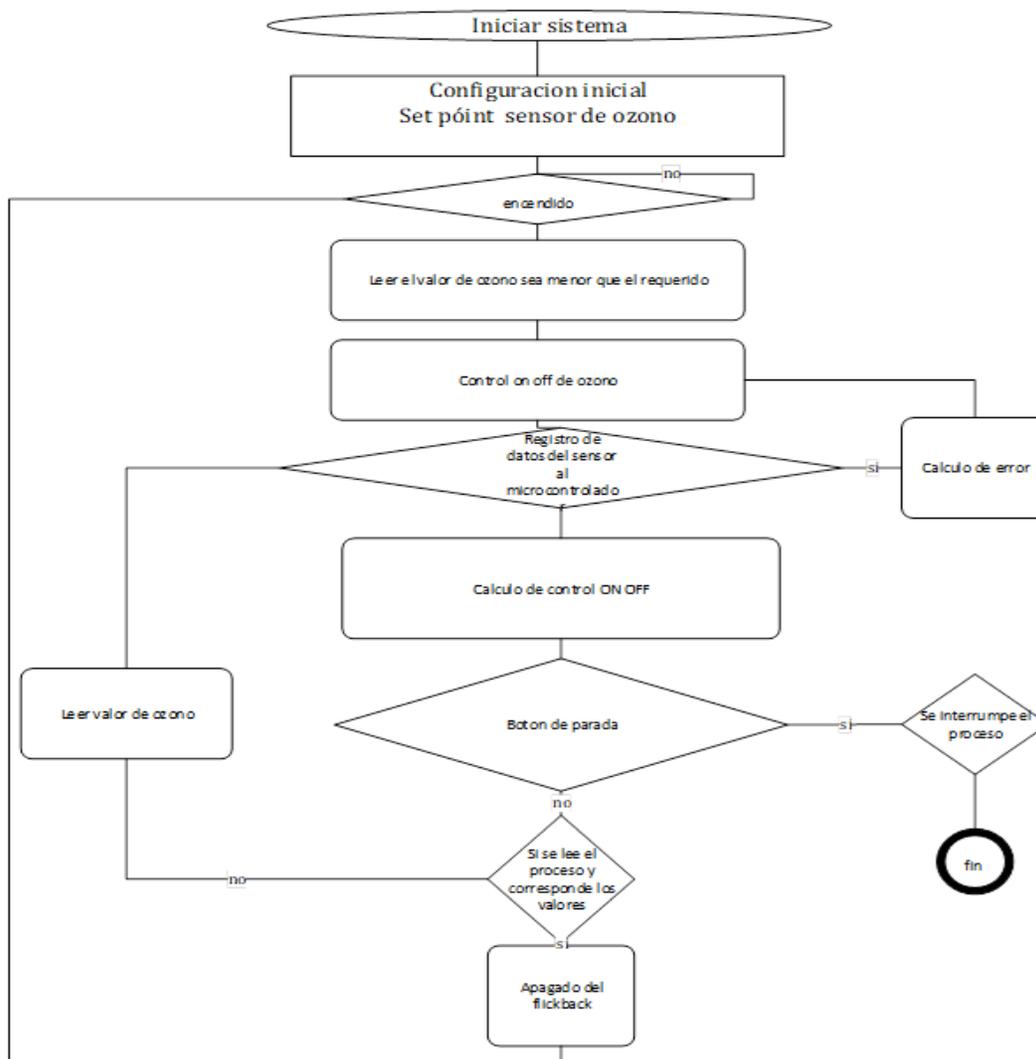
4.6 programación del Arduino

La forma de trabajo para el software es por medio del entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino es una aplicación multiplataforma (para Windows, macOS, Linux) que está escrita en el lenguaje de programación C . Se utiliza para escribir y cargar programas en placas compatibles para Arduino, pero también, con la ayuda de núcleos de terceros, se puede usar con placas de desarrollo de otros proveedores.

En la figura 16 se muestra el diagrama de flujo de la programación del circuito de control del generador de ozono.

Figura 16

Diagrama de flujo del sistema



Bajo la licencia publica en GNU se publica los códigos fuentes en el IDE se admiten varios lenguajes entre ellos está el C y C ++ usando las reglas necesarias para cada caso.

4.6.1 Código de programación del Arduino

```
"#include "MQ131.h" #include
<LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);

#define Modo 10

#define Led_MAX 11

#define Out_O3 12

#define Umbral_O3 13
boolean leer = false; void
setup() {
pinMode(Modo, INPUT); digital-
Write(Modo, HIGH);
pinMode(Led_MAX, OUTPUT); digital-
Write(Led_MAX, HIGH);
pinMode(Out_O3, OUTPUT);
digitalWrite(Out_O3, HIGH);
pinMode(Umbral_O3, INPUT); digital-
Write(Umbral_O3, HIGH);
MQ131.begin(2,A1, LOW_CONCENTRATION, 680000);

MQ131.setTimeToRead(1);
MQ131.setEnv(20, 60);
if(digital Read (Modo)==LOW){
```

```

MQ131.calibrate();

ref_R0 = MQ131.getR0();
} else {

ref_R0 = 158605.95;

}

ref_R0 = ref_R0 - (ref_R0/3);
ppbMQ131.setR0(ref_R0);
void loop() {

MQ131.sample();
O3_ppm = MQ131.getO3(PPM); O3_ppb =
MQ131.getO3(PPB); O3_mgm3 =
MQ131.getO3(MG_M3); O3_ugm3 =
MQ131.getO3(UG_M3);
controlOzono();
}

void controlOzono () {lcd.setCursor(0, 1); if (leer == true) { leer=false; lcd.print(F(" "));
} else { leer=true;
lcd.print(F(" "));
}

if((O3_ppm < 1000) & (O3_ppb >= 0.01)) {if(O3_ugm3 >= 1000) {
lcd.print(O3_mgm3);
lcd.print(F(" mg/m3"));

}else { lcd.print(O3_ugm3);
lcd.print(F(" ug/m3"));
}
}

```

```

}

    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(F("O3: ")); if(O3_ppb >= 1000) { lcd.print(O3_ppm);
    lcd.print(F(" ppm"));
}else { lcd.print(O3_ppb); lcd.print(F(" ppb    "));
}

} else {
}

if(O3_ppb > 50) { digitalWrite(Led_MAX, LOW);
} else {

digitalWrite (Led_MAX, HIGH);

}

if(((digitalRead (Umbral_O3)==LOW) || (digitalRead (Modo)==LOW)) &&
(O3_mgm3 < 200) ){
digitalWrite(Out_O3, LOW);

} else {

digitalWrite(Out_O3, HIGH);

}

} “

```

Se procedió a instalar el código fuente en el módulo del micro-controlador Arduino UNO, tal como se observa en la figura 17.

Figura 17

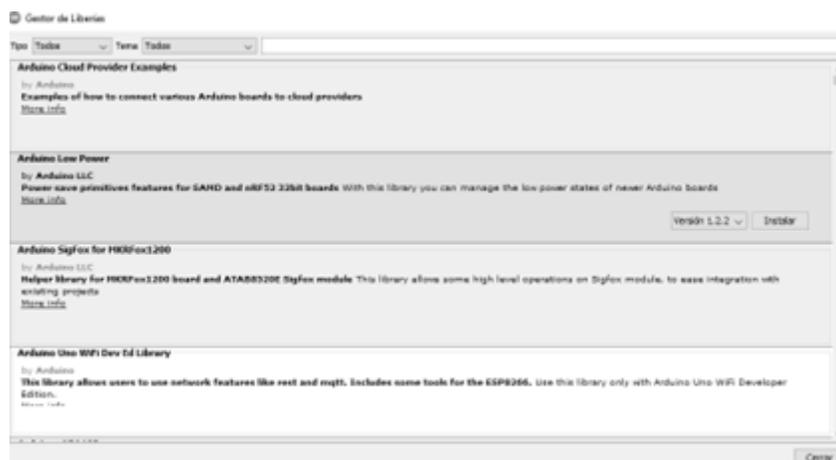
Instalación de los módulos y la fuente en el módulo del Arduino UNO



A continuación, se procedió a instalar las librerías del Arduino, tal como se muestra en la figura 18

Figura 18

Tabla de librerías en Arduino



Efectuado la programación con el Arduino IDE, se produjo la compilación del Arduino UNO, tal como se indica en la figura 19.

Figura 19

Código de compilación de Arduino

```
Compilado

El Sketch usa 1.518 bytes (0%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 253.952 bytes.
Las variables Globales usan 9 bytes (0%) de la memoria dinámica, dejando 8.183 bytes para las variables locales. El máximo es 8.192 bytes.
```

4.7 Implementación del módulo ozonificado

A continuación, se describe el proceso de implementación del módulo ozonificador.

Se procedió a la adquisición de los componentes, los dispositivos electrónicos y equipos para implementar el módulo ozonificador. Ver figura 20.

Figura 20

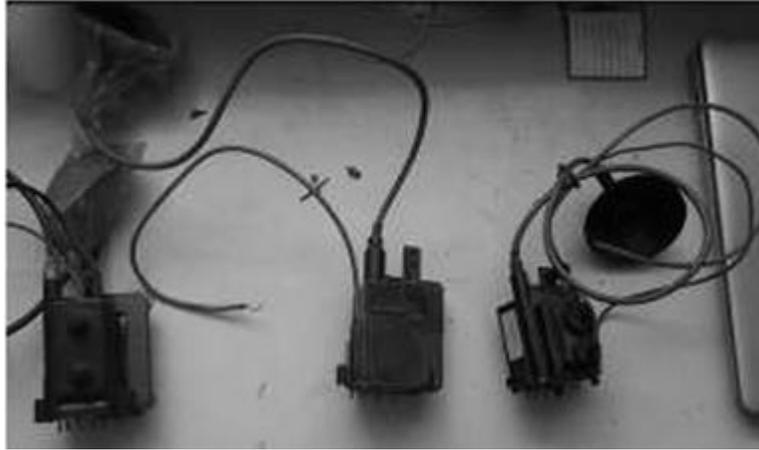
Mesa de trabajo con los componentes electrónicos



Se efectuaron pruebas con transformadores, para verificar la operatividad del flick-back de forma independiente. Ver figura 21.

Figura 21

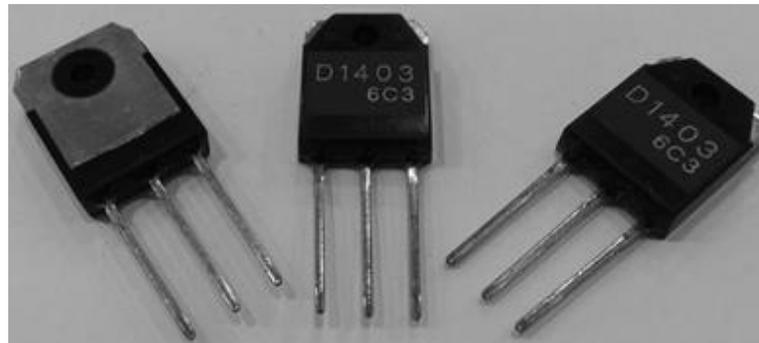
Transformadores para las pruebas con el flyback



Pruebas de los elementos del circuito de potencia. Se hicieron pruebas de los dispositivos electrónicos. La figura 22 muestra a uno de los transistores que fueron probados.

Figura 22

Transistor de pruebas D1403



Pruebas en el protoboard con los transistores disipadores y las resistencias cerámicas. Ver figura 23.

Figura 23

Circuito simple para hacer pruebas



Armado del circuito de control. Se utilizó una caja de paso para instalar en su interior el circuito de control. Ver figura 24.

Figura 24

Armado de la parte de control



Armado del circuito de control para hacer pruebas con equipo de ozono. Ver figura 25.

Figura 25*El módulo de trabajo para la parte de control***4.7.1 Circuito de control: Variación de la tensión**

Para tener altos valores de voltaje en el lado primario del Flyback (mayores a mil voltios), este debe trabajar en frecuencias altas, por lo general mayores a 1 kHz.

Para esto se requirió que la señal de control genere una onda cuadrada, de cuya frecuencia dependía el comportamiento del Flyback.

Se realizó un control sobre la salida del voltaje en el Flyback a partir de un circuito oscilador diseñado como multivibrador estable utilizando la función Timer 555 del Arduino.

A la salida del oscilador se obtuvo una señal cuadrada con frecuencia variable controlada por la resistencia de un potenciómetro R que se conectó al pin de descarga y disparo del integrado. El rango de frecuencias utilizado está entre 3 kHz y 18 kHz.

Para fijar el valor de la resistencia R a la salida del Timer 555 de la tarjeta Arduino, se tomó como referencia la investigación realizada por Martínez y Cubides (2018), quienes utilizando el micro-controlador Arduino y los equipos de medición una sonda de voltaje, un multímetro Fluke y un osciloscopio, obtuvieron a la salida del flyback valores de tensión y frecuencia, así como de la resistencia R del oscilador.

Nuestro propósito de utilizar los datos obtenidos fue de fijar un valor referencial de la resistencia R de nuestro circuito oscilador, para que el flyback entregue a la salida el valor de 10 kV. La tabla 4 muestra los valores medidos en dicha investigación.

Tabla 4

Valores medidos en el flyback

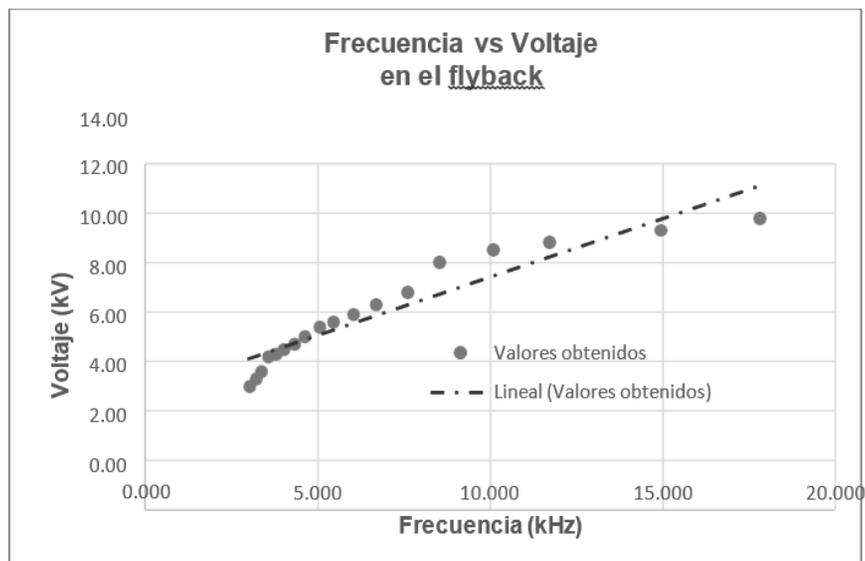
Resistencia (kΩ)	Frecuencia (kHz)	Voltaje (kV)
1	3,020	5,00
1,5	3,210	5,30
2	3,360	5,60
2,5	3,571	6,20
3	3,788	6,30
3,5	4,020	6,49
4	4,330	6,70
4,5	4,630	7,01
5	5,065	7,40
5,5	5,460	7,60
6	6,048	7,90
6,5	6,700	8,30
7	7,600	8,80
7,5	8,530	10,00
8	10,090	10,50
8,5	11,720	10,81
9	14,950	11,30
9,5	17,800	11,80

Nota. Los valores fueron medidos en el circuito primario del flyback. Disponible en: <https://cutt.ly/DHjg5Fo>

Muestra la gráfica de los valores obtenidos en la tabla 4, que relaciona la frecuencia del oscilador con la tensión del primario del flyback. La línea roja punteada muestra la línea de tendencia de la relación frecuencia vs tensión.

Figura 26

Gráfica frecuencia (kHz) vs voltaje (Kv) en el flyback



4.7.2 Prueba de generación de ozono

La medida del ozono inyectado es muy importante para encontrar la relación entre la tensión generada por el arco eléctrico y la cantidad de ozono.

Las pruebas de desinfección con ozono, se realizaron en el mes de febrero y se realizaron en 10 sesiones, donde se realizó una sesión por día.

Por cada día de sesión de pruebas, se tomaron 10 muestras cuyo tiempo de desinfección fue calculado tomando en cuenta:

- El volumen del ambiente a ser desinfectado, en metros cúbicos.
- El coeficiente orientativo de ozono continuo para calcular la cantidad de ozono continuo a aplicar, coeficiente que estuvo en función del tipo de actividad a desarrollar, según se indica en la tabla 5.

Tabla 5*Valores de los coeficiente*

COEFICIENTES ORIENTATIVOS OZONO CONTINUO		
Para calcular la cantidad de ozono continuo a aplicar		
	Sala de star	1,6
HOGARES	Cocina	2,0
	Dormitorio	0,8
	Sala de juntas	1,2
OFICINAS	Despacho	0,8
	Cuarto de baño	2,0
	Cocina	3,0
BAR-RESTAURANTE/CAFETERIA	Comedor público	2,0
	Cuarto basura	3,0
	Carnicerías	1,2
	Pescaderías	5,0
COMERCIOS	Pajarerías	2,0
	Tienda de animales	3,0
	Comercios en general	1,2
	Peluquerías	2,5
	Guarderías	1,6
	Gimnasios, cuartos de baño	2,0
	Vestuario	2,4

Nota. Adaptada de la tabla ubicada en Guía de generadores de ozono. Disponible en: <https://cutt.ly/eHkJHsz>

- Se seleccionó el índice de tiempo de ozonificación en minutos por metros cúbicos (min/m^3), relacionado el coeficiente orientativo de ozono y la cantidad de ozono emitido por el módulo generador de ozono (mg/h), ver tabla 6.

Tabla 6

Índice de tiempo de ozonificación (min/m^3)

<i>COEFICIENTE ORIENTACION</i>	<i>500 mg/h</i>	<i>1000 mg/h</i>	<i>2000 mg/h</i>	<i>4000 mg/h</i>	<i>8000 mg/h</i>
	<i>min/m³</i>	<i>min/m³</i>	<i>min/m³</i>	<i>min/m³</i>	<i>min/m³</i>
<i>0,1 – 2,0</i>	<i>1,3 mg/h</i>	<i>1,20</i>	<i>1,00</i>	<i>0,90</i>	<i>0,50</i>
<i>2,1 – 4,0</i>	<i>1,35</i>	<i>1,30</i>	<i>1,20</i>	<i>1,00</i>	<i>0,60</i>
<i>4,1 – 6,0</i>	<i>1,7</i>	<i>1,60</i>	<i>1,50</i>	<i>1,20</i>	<i>0,70</i>
<i>6,1 – 8,0</i>	<i>1,8</i>	<i>1,70</i>	<i>1,60</i>	<i>1,30</i>	<i>0,80</i>

Nota. Adaptada de la tabla ubicada en Guía de generadores de ozono. Disponible en: <https://cutt.ly/eHkJHsz>

Cálculo del tiempo de ozonificación del ambiente seleccionado

Para nuestra prueba de desinfección de ozono se seleccionó el ambiente de atención al público de la empresa CODESTAR: “Cámaras y alarmas de seguridad Tacna”, ubicada en la Av. Industrial 525 Agrupación Leoncio Prado, Cercado de Tacna.

Para obtener el tiempo de desinfección del ambiente seleccionado, se tuvieron en cuenta los siguientes datos:

- Volumen de ambiente a desinfectar: Las dimensiones del ambiente fueron: largo: 6,0 m, ancho: 4,0 m, altura: 3,0 m
- Volumen ambiente = $6 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 72 \text{ m}^3$
- Coeficiente orientativo de ozono continuo: Según el tipo de negocio, se trata de comercio en general: 0,12

- Índice de tiempo de ozonificación (min/m³): Con un coeficiente de 0,12 y la cantidad de ozono generado de ozono del módulo de 2000 mg/h se determinó: el índice de: 1,0 minuto/m³

El tiempo de desinfección del ambiente para realizar la prueba de ozonificación se obtuvo de:

Tiempo de ozonificación = Índice de tiempo x Volumen ambiente

Tiempo de ozonificación = [1,0 minuto/m³] x [72 m³]

Tiempo de ozonificación = 72 minutos

CAPITULO V: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En el presente capítulo se mostraron los resultados obtenidos a partir de la implementación del sistema generador de ozono considerando todos los cálculos del diseño y luego se hizo el análisis de los resultados.

5.1 Pruebas de operatividad del módulo

Luego del ensamblado de las etapas de control, de potencia y de generación de ozono, se procedió a verificar la operatividad de cada etapa.

5.1.1 Análisis de resultados

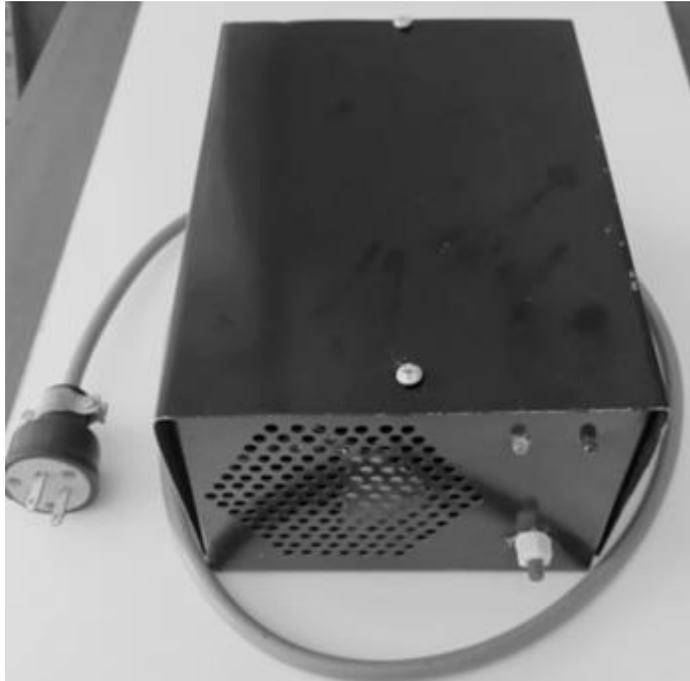
Se verificó los parámetros establecidos para cada etapa del módulo generador de ozono.

Figura 27

Realizando pruebas con el sensor de O₃



Se presenta el equipo de ozono finalizado listo para su uso y para realización de pruebas.

Figura 28*Equipo de ozono*

5.2 determinación del punto de operación de flyback

Se mostraron los valores de la tensión del flyback en función de la resistencia R de la salida del oscilador y la frecuencia de la operación las cuales se encuentran en la tabla 3. Luego, se graficó la curva de frecuencia vs tensión en el flyback con la finalidad de determinar el valor de operación del flyback a la tensión de 10 kV, dato que se tomó en cuenta para el diseño del circuito de potencia.

5.2.1 Análisis de resultado

Visto la gráfica de la figura 26 donde se mostró la curva que representa la variable tensión en el flyback en función de la frecuencia de operación, se pudo observar que existe una dispersión en los valores obtenidos.

Se hizo un análisis de regresión no lineal para predecir los valores requeridos en la investigación.

Se utilizó el Método de Polinomios, cuya función de estimación se representa como:

$$Y = a + bx + cx^2$$

Donde:

x: Frecuencia (kHz)

y: Voltaje en el flyback (kV)

a,b,c: Constantes de la ecuación polinomial

$$v = a + bf + cf^2$$

Se calcularon los coeficientes de la función polinómica, donde se obtuvieron los siguientes valores para a, b y c.

$$a = 1,7449$$

$$b = 1,2774$$

$$c = - 0,041$$

De los valores obtenidos por el método polinomial, la ecuación estimada para nuestras variables quedó como sigue:

$$Y_{estim} = 1,7449 + 1,2774 * X - 0,041 * X^2$$

Reemplazando la variable x por f(kHz) y la variable y por v(kV) se obtuvo nuestra ecuación polinomial:

$$V(kV) = 1,7449 + 1,2774 * f(kHz) - 0,041 * f(kHz)^2$$

A fin de validar nuestra ecuación polinomial, se determinó el coeficiente de determinación R², cuyo valor obtenido nos indicará si la variación de la variable voltaje (kV) fue explicada por el modelo de regresión no lineal.

El coeficiente de determinación R² se calculó utilizando la siguiente:

Expresión:

$$R^2 = 1 - \left[\frac{\sum(Y - Y_{estim})^2}{\sum(Y - Y_{prom})^2} \right]$$

La tabla 7 muestra el procedimiento seguido para calcular el valor del coeficiente de determinación R2.

Tabla 7

Cálculo de R²

R	X=f(kHz)	Y=v(kV)	X*Y	X ²	X ² * Y	X ⁴	Y _{estim}	(Y - Y _{estim}) ²	(Y - Y _{prom}) ²
1	3,020	5,00	15,100	9,120	45,602	83,182	5,2287	0,052	8,673
1,5	3,210	5,30	17,013	10,304	54,612	106,174	5,4229	0,015	6,996
2	3,360	5,60	18,816	11,290	63,222	127,455	5,5741	0,001	5,499
2,5	3,571	6,20	22,140	12,752	79,063	162,615	5,7837	0,173	3,045
3	3,788	6,30	23,864	14,349	90,398	205,892	5,9954	0,093	2,706
3,5	4,020	6,49	26,090	16,160	104,881	261,159	6,2175	0,074	2,117
4	4,330	6,70	29,011	18,749	125,618	351,521	6,5073	0,037	1,550
4,5	4,630	7,01	32,456	21,437	150,273	459,541	6,7803	0,053	0,874
5	5,065	7,40	37,481	25,654	189,841	658,139	7,1631	0,056	0,297
5,5	5,460	7,60	41,496	29,812	226,5681	888,731	7,4972	0,011	0,119
6	6,048	7,90	47,779	36,578	288,969	1337,972	7,9709	0,005	0,002
6,5	6,700	8,30	55,610	44,890	372,587	2015,112	8,4630	0,027	0,126
7	7,600	8,80	66,880	57,760	508,288	3336,218	9,0850	0,081	0,731
7,5	8,530	10,00	85,300	72,761	727,609	5294,149	9,6579	0,117	4,223
8	10,090	10,50	105,945	101,808	1068,985	10364,889	10,4597	0,002	6,528
8,5	11,720	10,81	126,693	137,358	1484,844	18867,330	11,0843	0,075	8,208
9	14,950	11,30	168,935	223,503	2525,578	49953,368	11,6784	0,143	11,256
9,5	17,800	11,80	210,040	316,840	3738,712	100387,586	11,4922	0,095	14,861
SUMA	123,892	143,01	1130,650	1161,125	11845,649	194861,032		1,110	77,812

PRO- ME- DIO	6,882,888,889	7,945	62,814	64,507	658,092	10,825,613			
--------------------	---------------	-------	--------	--------	---------	------------	--	--	--

De la tabla 7 se obtuvieron los valores requeridos para calcular el coeficiente de determinación R^2 .

$$R^2 = \frac{1 - 1,110}{77,812}$$

$$R^2 = 0,98574 \text{ o } R^2 = 98,574 \%$$

5.2.2 análisis de resultados

Con un $R^2 = 0.98574$, el modelo de regresión no lineal que utilizó el método polinomial explica claramente la variación de la variable voltaje.

Para $y = 10$ kV, se calculó la frecuencia de operación "x" del módulo con la siguiente expresión: $10 = 1,7449 + 1,2774*x - 0,041*x^2$

Se obtuvo el siguiente valor $x = 9.15$ kHz, que representó la frecuencia de operación del flyback para obtener una tensión de 10 kV.

5.3 Niveles de ppm de ozono en el ambiente seleccionado

Las mediciones realizadas en el ambiente seleccionado fueron comparadas con los valores límites de exposición de ozono según las entidades reguladoras internacionales.

Según la FDA (Food and Drug Administration)

La FDA indica que el valor de exposición de ozono no debe exceder de 0,05 ppm. La tabla 8 muestra los valores de exposición de ozono según la norma de la FDA.

Tabla 8*Valores de exposición de ozono que no exceden la norma de la FDA*

valores de canti- dad de ozono por fecha	fecha 1	fecha 2	fecha 3	fecha 4	fecha 5	fecha 6	fecha 7	fecha 8	fecha 9	fecha 10
muestras 1	0,050	0,14 0	0,030	0,09 0	0,10 0	0,03 0	0,03 0	0,11 0	0,07 0	0,090
muestras 2	0,100	0,01 0	0,130	0,15 0	0,06 0	0,14 0	0,14 0	0,09 0	0,09 0	0,020
muestras 3	0,150	0,05 0	0,150	0,00 0	0,02 0	0,00 0	0,09 0	0,13 0	0,08 0	0,060
muestras 4	0,100	0,00 0	0,110	0,07 0	0,15 0	0,00 0	0,03 0	0,14 0	0,08 0	0,120
muestras 5	0,090	0,09 0	0,120	0,09 0	0,11 0	0,00 0	0,10 0	0,13 0	0,04 0	0,010
muestras 6	0,000	0,07 0	0,080	0,13 0	0,04 0	0,04 0	0,03 0	0,10 0	0,11 0	0,080
muestras 7	0,110	0,00 0	0,150	0,05 0	0,12 0	0,15 0	0,14 0	0,03 0	0,04 0	0,010
muestras 8	0,040	0,03 0	0,080	0,15 0	0,10 0	0,15 0	0,14 0	0,02 0	0,03 0	0,100
muestras 9	0,050	0,07 0	0,060	0,04 0	0,09 0	0,12 0	0,05 0	0,15 0	0,10 0	0,130
muestras 10	0,100	0,11 0	0,130	0,09 0	0,11 0	0,02 0	0,08 0	0,08 0	0,04 0	0,000

5.3.1 Análisis de resultados

Se obtuvo 36 valores que no exceden el 0,05 ppm de exposición de ozono, que representó el 36%.

Según la EPA (Environmental Protection Agency)

La EPA indica que los valores de concentración máxima promedio de 8 horas son de 0,08 ppm. La tabla 8 muestra los valores de exposición de ozono según la norma de la EPA.

Tabla 9

Valores de exposición de ozono que no exceden la norma de la EPA

valores de cantidad de ozono por fecha	fecha a 1	fecha a 2	fecha a 3	fecha a 4	fecha a 5	fecha a 6	fecha a 7	fecha a 8	fecha a 9	fecha a 10
muestras 1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
	50	40	30	90	00	30	30	10	70	90
muestras 2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
	00	10	30	50	60	40	40	90	90	20
muestras 3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
	50	50	50	00	20	00	90	30	80	60
muestras 4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
	00	00	10	70	50	00	30	40	80	20
muestras 5	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
	90	90	20	90	10	00	00	30	40	10
muestras 6	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
	00	70	80	30	40	40	30	00	10	80
muestras 7	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
	10	00	50	50	20	50	40	30	40	10
muestras 8	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1
	40	30	80	50	00	50	40	20	30	00
muestras 9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
	50	70	60	40	90	20	50	50	00	30
muestras 10	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	00	10	30	90	10	20	80	80	40	00

5.3.2 Análisis de resultados

Se obtuvo 49 valores que no exceden el 0,05 ppm de exposición de ozono, que representó el 49%.

Según la NIOSH, OSHA

La NIOSH y la OSHA indican que los valores de concentración máxima promedio de 8 horas son de 0,10 ppm. La tabla 10 muestra los valores de exposición de ozono según la norma de la NIOSH y la OSHA.

Tabla 10

Valores de exposición de ozono que no exceden la norma de la NIOSH y la OSHA

valores de cantidad de ozono por fecha	fecha 1	fecha 2	fecha 3	fecha 4	fecha 5	fecha 6	fecha 7	fecha 8	fecha 9	fecha 10
muestras 1	0,050	0,140	0,030	0,090	0,100	0,030	0,030	0,110	0,070	0,090
muestras 2	0,100	0,010	0,130	0,150	0,060	0,140	0,140	0,090	0,090	0,020
muestras 3	0,150	0,050	0,150	0,000	0,020	0,000	0,090	0,130	0,080	0,060
muestras 4	0,100	0,000	0,110	0,070	0,150	0,000	0,030	0,140	0,080	0,120
muestras 5	0,090	0,090	0,120	0,090	0,110	0,000	0,100	0,130	0,040	0,010
muestras 6	0,000	0,070	0,080	0,130	0,040	0,040	0,030	0,100	0,110	0,080
muestras 7	0,110	0,000	0,150	0,050	0,120	0,150	0,140	0,030	0,040	0,010
muestras 8	0,040	0,030	0,080	0,150	0,100	0,150	0,140	0,020	0,030	0,100
muestras 9	0,050	0,070	0,060	0,040	0,090	0,120	0,050	0,150	0,100	0,130
muestras 10	0,100	0,110	0,130	0,090	0,110	0,020	0,080	0,080	0,040	0,000

5.3.3 Análisis de resultados

Se obtuvo 69 valores que no exceden el 0,10 ppm de exposición de ozono, que representó el 69%.

CONCLUSIONES

Se pudo verificar que, de acuerdo a las pruebas realizadas por el generador de ozono desarrollado en el presente proyecto, el ambiente seleccionado fue desinfectado según las normas internacionales de exposición a concentraciones de ozono permitidos, luego de realizar unos ajustes de calibraciones dispositivo que generaba el ozono.

La selección de los componentes eléctricos y electrónicos fueron efectuados luego de realizar los cálculos matemáticos para su dimensionamiento y su simulación electrónica respectiva utilizando Proteus. En el caso de la tensión de 10 kV requerida para el flyback, el cálculo de la frecuencia de operación del oscilador se determinó utilizando el modelo de regresión no lineal empleando el método polinómico.

Se desarrolló una metodología que se encuentra en el ítem 4.6.2, que nos permitió calcular el índice de desinfección del ambiente seleccionado (minutos/metros cúbicos) y así determinar el tiempo de desinfección teórico de 72 minutos. Durante el proceso de calibración del dispositivo generador de ozono, el tiempo se reajustó a 60 minutos.

Se realizaron pruebas de aceptación del módulo generador de ozono, que verificaron la operatividad el generador de ozono según los parámetros establecidos en el diseño.

RECOMENDACIONES

Con la finalidad de evitar cualquier daño en el módulo generador del ozono, se recomienda instalar un circuito temporizador que desactive la acción de generación de ozono por el módulo de acuerdo los tiempos pre-establecidos para la desinfección de ambientes de diferentes dimensiones y tipos de servicios que prestan.

Considerando que un incremento en la frecuencia de operación del oscilador produjo un incremento de la tensión del flyback y por ende se produjo una mayor generación de ozono, que en nuestro caso significó tener niveles de concentración por encima de los valores de 0,10 ppm de ozono, razón por la cual recomendamos efectuar un rediseño del circuito oscilador de la tarjeta ARDUINO.

Se recomienda la implementación de Protocolos de Seguridad durante el momento de la desinfección de un ambiente, a fin de evitar que los niveles de exposición puedan causar daño a las personas que involuntariamente puedan ingresar al ambiente que se encuentra en el proceso de desinfección.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso et al. (2002). *Sistema de Generación de Ozono por Descarga Eléctrica de Alta Frecuencia*. Grupo de Electrónica Industrial. Universidad de Oviedo. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10651/31119>
- Cornejo, R. (2015). *Evaluación del proceso de desinfección de una planta de incubación de pollos broiler mediante el uso de ozono, Islay, Mollendo. Arequipa, 2015. [Tesis de grado], Universidad Católica Santa María, Perú. Disponible en: <https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/3092>*
- Erazo, L. (2012). *Diseño y construcción de un ozonificador con capacidadde 300 m³, para la purificación de ambientes, UTE 2010*. [Tesis de título], Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/19298>
- Fundación para el desarrollo de la Esterilización de la Argentina(2020). *Esterilización de áreas y elementos por la acción combinada de ozono y ultravioleta*. Disponible en: <https://fudesa.org.ar/2020/04/08/esterilizacion-de-areas-y-elementos-por-la-accion-combinada-de-ozono-y-ultravioleta/>
- Galvis, A. (2005). *Evaluación del funcionamiento de un Generador de Ozono a escala piloto en la desinfección de agua para consumohumano*. Revista científica Ingeniería y Competitividad, vol. 7, núm.1, 2005, pp. 65-72. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2913/291323470006.pdf>
- Gonzales, C. (2014). *Diseño e implementación de un sistema antiséptico aplicado a la desinfección de habitaciones en hospitales mediante el uso del ozono*. [Tesis de título], Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5446>
- OMS. (2020). *Recuperado 8 de enero de 2020, de ops/oms* Disponible en: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=15756:who-characterizes-covid-19-as-a-pandemic&Itemid=1926&lang=es

Martínez, C. (2020). *geriatricarea*. Recuperado 28 de mayo de 2020, de *geriatricarea*.
website: <https://www.paho.org/es/noticias/11-3-2020-oms-caracteriza-covid-19-como-pandemia>

EL OZONO COMO DESINFECTANTE. (2020). Recuperado 11 de agosto de 2020, de <https://www.insst.es> Disponible en: https://www.insst.es/documentos/94886/712877/El+ozono+como+desinfectante+frente+al+SARS-Cov-2+%2802_07_20%29.pdf/0bc228eb-718d-490f-932d-088d46be701c

Instituto Valenciano de Ozonoterapia (2020). “Efectos Biológicos del ozono”. Disponible en: <https://www.institutovalencianoodeozonoterapia.com/efectos-biológicos/>

Lara-Fernández (2020). *Ozono como método de desinfección del ambiente hospitalario*. Revista científica en línea Scielo, 2020, Volumen 62 (2), 72-78, ISSN 0001-6012/2020/62/2/72-78.

Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S000160022020000200072&script=sci_arttext

Lozano, W. y Soto, J. (2010). “Diseño y construcción de un prototipo generador de ozono para la potabilización del agua”. [Tesis de grado], Universidad Nacional de Loja, Ecuador. Disponible en:

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17007/1/Lozano%20Churo%2c%20Wilson%20Javier%2c%20Soto%20Flores%2c%20Jhonny%20Fernando.pdf>

Vásquez, F. (2000). *Diseño de un generador de ozono para potabilizar agua*. [Tesis de Maestría], Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México. Disponible en: <https://repositorio-rio.tec.mx/bitstream/handle/11285/628377/CEM134396.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ZonoSistem (2020). *Generador de ozono, características técnicas*.

Disponible en: <https://ingenieriadelozono.es/generadores-de-ozono-portatiles/>

Chung Cedeño, A. D. (2018). “Optimización de una red de malla (MESH) inalámbricas para tráfico multimedia mediante calidad de servicio”. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1398289>

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA –PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLE DE ESTUDIO	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>1. INTERROGANTE PRINCIPAL ¿En qué medida el diseño y la construcción de un generador de ozono portátil contribuyen en la desinfección de ambientes en tiempos del SARS-Co V2, año 2021?</p> <p>2. INTERROGANTES ESPECÍFICAS ¿En qué medida la determinación de los componentes eléctricos y electrónicos es necesario para el diseño de un generador de ozono?</p> <p>¿En qué medida el desarrollo de una metodología permitirá calcular el tiempo de desinfección por volumen del ambiente para locales comerciales?</p> <p>¿En qué medida la realización de pruebas y análisis, verificará el adecuado funcionamiento del prototipo generador de ozono portátil?</p>	<p>1. OBJETIVO GENERAL Diseñar y construir un generador de ozono portátil que contribuya en la desinfección de ambientes en tiempos del SARS- Co V2, año 2021.</p> <p>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS Determinar los componentes eléctricos y electrónicos necesarios para el diseño de un generador de ozono.</p> <p>Desarrollar una metodología que permita calcular el tiempo de desinfección por volumen del ambiente para locales comerciales.</p> <p>Realizar pruebas y análisis para verificar el adecuado funcionamiento del prototipo generador de ozono portátil.</p>	<p>Diseño y construcción de un generador de ozono portátil para la desinfección de ambientes en tiempos del SARS- Co V2, año 2021</p> <p>DIMENSIÓN Consumo de potencia según el tipo de generador</p> <p>Generación de ozono</p> <p>Exposición de nivel de ozono Desinfección de un ambiente</p>	<p>Nivel de potencia (w)</p> <p>Nivel de generación de ozono (mg/h de O₃) Nivel de exposición (<0,10ppm)</p> <p>Índice de desinfección por ozono (minutos/m³)</p>	<p>Dimensionamiento del transformador de potencia</p> <p>Medición de generación de ozono</p> <p>Empleo de las normas internacionales sobre los niveles de exposición.</p> <p>Cálculo del tiempo de desinfección</p>