	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15	
			VERSIÓN	02	
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN			FECHA	03/04/2017
				PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad	

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES) NOMBRES Y APELLIDOS

NOMBRES(S): OMAR ANDRÉS APELLIDOS: ARIZA SANDOVAL

NOMBRES(S): ERIC JORDÁN APELLIDOS: LEAL MONTAÑEZ

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIO: PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DIRECTOR(ES) PROFESOR - ASESOR DEL TRABAJO ACADÉMICO

NOMBRES(S): CRISTIAN LEONARDO APELLIDOS: TARAZONA CELIS

CODIRECTOR(ES) PROFESOR - ASESOR DEL TRABAJO ACADÉMICO

NOMBRES(S): MARVIN ALEXANDER APELLIDOS: BAYONA LOAIZA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DESARROLLO DE UN EQUIPO PARA ESTERILIZAR SUPERFICIES A TRAVÉS DE LUZ UV-C, ORIENTADO A INSTALACIONES HOSPITALARIAS.

RESUMEN:

En el siguiente trabajo de grado se encuentra en términos generales el diseño de un equipo esterilizador, el cual usa como método de esterilización la luz ultravioleta tipo c y está enfocado a ser utilizado en instalaciones hospitalarias. El desarrollo del trabajo, comienza con el planteamiento de la problemática que se busca solucionar con el diseño del equipo y los objetivos que se deben cumplir para llevarlo a cabo. El cuerpo del proyecto se compone de cinco capítulos los cuales abarcan; el conocimiento de los requisitos sobre los cuales se va a desarrollar el equipo, la selección de componentes, el diseño de las partes mecánicas, la programación del microcontrolador del equipo, y la verificación del correcto funcionamiento del prototipo obtenido, es importante mencionar que el objetivo relacionado con la fabricación de las partes mecánicas, no pudo ser desarrollado en su totalidad, debido a falta de presupuesto de la empresa para la cual se desarrolló el proyecto. Para finalizar se presentan las conclusiones y recomendaciones.

PALABRAS CLAVE: ESTERILIZACIÓN, LUZ UV-C, MICROCONTROLADOR, ALGORITMO, DISEÑO 3D.

PÁGINAS: 140 PLANOS: 7 ILUSTRACIONES: _____ CD ROOM: _____

DESARROLLO DE UN EQUIPO PARA ESTERILIZAR SUPERFICIES A TRAVÉS DE LUZ
UV-C, ORIENTADO A INSTALACIONES HOSPITALARIAS.

OMAR ANDRÉS ARIZA SANDOVAL

ERIC JORDÁN LEAL MONTAÑEZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

DESARROLLO DE UN EQUIPO PARA ESTERILIZAR SUPERFICIES A TRAVÉS DE LUZ
UV-C, ORIENTADO A INSTALACIONES HOSPITALARIAS.

Presentado por:

OMAR ANDRÉS ARIZA SANDOVAL

ERIC JORDÁN LEAL MONTAÑEZ

Proyecto de grado presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero
Electromecánico de la Universidad Francisco de Paula Santander

Director

Magister Ing. Cristian Leonardo Tarazona Celis

Codirector

Ing. Marvin Alexander Bayona Loaiza

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

**ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO DIRIGIDO**

FECHA: 20 de abril de 2022

HORA: 11:00 a.m

LUGAR: Aula Generales

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO: "DESARROLLO DE UN EQUIPO PARA ESTERILIZAR SUPERFICIES A TRAVÉS DE LUZ UV-C, ORIENTADO A INSTALACIONES HOSPITALARIAS".

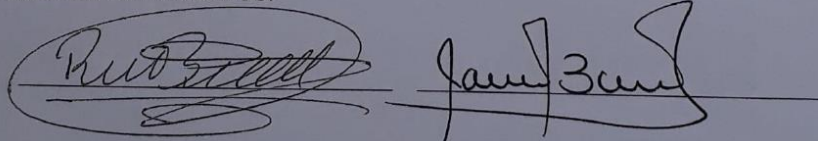
JURADOS: Mg: JOSÉ RICARDO BERMÚDEZ SANTAELLA
Mg JOSÉ ARMANDO BECERRA VARGAS

DIRECTOR: Mg: CRISTIAN LEONARDO TARAZONA CELIS
CODIRECTOR: Ing. MARVIN ALEXANDER BAYONA LOAIZA

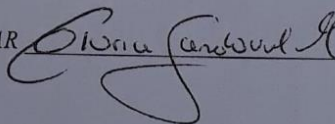
APROBADA

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:	CÓDIGO	CALIFICACION
OMAR ANDRÉS ARIZA SANDOVAL	1091214	4.3
ERIC JORDÁN LEAL MONTAÑEZ	1091295	4.3

FIRMA DE LOS JURADOS:



VOBO. COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR



Mayerline Ch.

Tabla de Contenido

Introducción	17
1. Problema	19
1.1. Título	19
1.2. Planteamiento del Problema	19
1.3. Formulación del Problema	20
1.4. Justificación	21
1.5. Objetivos	21
1.5.1. Objetivo General	21
1.5.2. Objetivos Específicos	22
1.6. Alcance y Limitaciones	22
1.6.1. Alcance	22
1.6.2. Limitaciones	23
1.7. Delimitaciones	23
1.7.1. Delimitación Temporal	23
1.7.2. Delimitación Espacial	23
2. Marco Referencial	24
2.1. Antecedentes	24
2.2. Marco Teórico	27
2.2.1. La luz ultravioleta y su clasificación	27

2.2.2.	Funcionamiento de la Luz UV-C Como germicida	27
2.2.3.	Aspectos sobre la eficacia de desinfección de la luz UV contra el SARS-CoV-2 y otros virus	28
2.2.4.	Consideración relevante sobre el uso de la luz UV-C como germicida	28
2.2.5.	Clasificación de los dispositivos UV para desinfección	28
2.2.6.	Consideraciones para garantizar una desinfección efectiva mediante luz UV-C	29
2.2.7.	Directrices para la exposición ocupacional a la radiación UV	30
2.3.	Marco Legal	31
2.3.1.	Decreto Número 4725 de 2005	31
3.	Diseño Metodológico	32
3.1.	Tipo de investigación	32
3.2.	Población	33
3.3.	Muestra	33
3.4.	Actividades y Su Metodología	33
3.4.1.	Actividad 1	33
3.4.2.	Actividad 2	33
3.4.3.	Actividad 3	34
3.4.4.	Actividad 4	34
3.4.5.	Actividad 5	35
3.4.6.	Actividad 6	35

3.4.7.	Actividad 7	35
3.4.8.	Actividad 8	36
3.5.	Fuentes De Recolección De La Información	36
3.5.1.	Fuentes De Información Primaria	36
3.5.2.	Fuentes de Información Secundaria	36
3.6.	Metodología de Desarrollo	37
4.	Desarrollo Del Proyecto	39
4.1.	Conociendo los requisitos sobre los cuales se va a desarrollar el equipo de esterilización además de los elementos y materiales que lo componen.	39
4.1.1.	Sistemas de Seguridad.	39
4.1.2.	Requisitos de potencia.	42
4.1.3.	Requisitos de operación.	46
4.1.4.	Requisitos de manejo	49
4.2.	Diseño las diferentes partes mecánicas y electromecánicas que componen el equipo de esterilización.	55
4.2.1.	Cálculos realizados con respecto al casco superior	56
4.2.2.	Cálculos realizados con respecto a los pilares de la máquina esterilizadora	64
4.2.3.	Cálculos realizados con respecto a las agarraderas de la máquina esterilizadora	68
4.2.4.	Cálculos realizados con respecto al casco inferior	70
4.3.	Construcción del equipo de esterilización haciendo uso de las partes o elementos previamente fabricados o adquiridos, para llevarlo a su estado de operación.	72

4.3.1.	Diseño de los elementos que conforman el ensamblaje.	73
4.3.2.	Secuencias del diagrama de conexiones de los elementos electrónicos.	79
4.4.	Programación del microcontrolador Arduino para la máquina esterilizadora	82
4.4.1.	Pantalla del Menú principal	101
4.4.2.	Pantalla de Selección de tiempos	101
4.4.3.	Pantalla de inicialización de la esterilización	102
4.4.4.	Pantalla de operación.	103
4.4.5.	Pantalla de pausado manualmente y pantalla de pausado por sensor	104
4.4.6.	Pantalla de información	104
4.4.7.	Pantalla de activación y de desactivación de los sensores	105
4.4.8.	Pantalla de tiempo terminado	106
4.4.9.	Bibliotecas utilizadas	106
4.4.10.	Funciones implementadas en el desarrollo del código	106
4.4.11.	Ejecución de la pantalla LCD	107
4.5.	Verificación del funcionamiento del equipo de esterilización a través de pruebas o evaluaciones a los sistemas o partes que lo componen.	112
4.5.1.	Aspectos generales sobre el buen funcionamiento del equipo	113
4.5.2.	Correcto funcionamiento de las lámparas, la alarma sonora y los sensores	114
4.5.3.	Aspectos a considerar sobre el buen funcionamiento de la pantalla de pausa	114
4.5.4.	Correcto funcionamiento del equipo esterilizador en casos particulares	115
4.5.5.	Verificación del buen funcionamiento del equipo y resultados	116

5. Conclusiones	130
6. Recomendaciones	131
7. Referencias	132
8. Anexos	134
8.1. Isométrico del equipo de esterilización.	134

Lista de tablas

Tabla 1. Criterio de selección de sensor de proximidad	40
Tabla 2. Características del sensor de movimiento HC-SR501.	41
Tabla 3. Intensidad de una sola dosis en microorganismos para su inactivación.	42
Tabla 4. Selección del tubo germicida a utilizar	44
Tabla 5. Características del tubo germicida seleccionado	45
Tabla 6. Características del balasto.	46
Tabla 7. Aspectos técnicos y operativos de los elementos que conforman la máquina esterilizadora	47
Tabla 8. Características del microcontrolador arduino	49
Tabla 9. Características de la pantalla seleccionada	50
Tabla 10. Especificaciones técnicas del módulo relé.	51
Tabla 11. Información sobre frecuencia, canales y alimentación de control seleccionado	52
Tabla 12. Características del control RF 4 canales 9938-4X 315 MHz	53
Tabla 13. Características del receptor de radio frecuencia con decodificador pt2272	53
Tabla 14. Catálogo SUPO e IMSA.	54
Tabla 15. Elementos que conforman la máquina esterilizadora	55
Tabla 16. Cálculo del perímetro y diámetro de la tapa superior de la máquina.	56
Tabla 17. Cálculo del perímetro externo de la tapa superior	57
Tabla 18. Cálculo de las dimensiones del área interna de la base de la pantalla táctil	58
Tabla 19. Cálculo de las dimensiones del área interna de la base de la pantalla táctil	58
Tabla 20. Determinación de los sensores de movimiento necesarios para la máquina	60
Tabla 21. Determinación de la tapa de la parte superior	62

Tabla 22. Dimensiones de la porta pantalla.	63
Tabla 23. Características del acero suministrado por el codirector	64
Tabla 24. Características del acero suministrado por el codirector.	65
Tabla 25. Diámetro y perímetro de los tubos externos soportes de la máquina.	66
Tabla 26. Diámetro interno del tubo	66
Tabla 27. Diámetro y perímetro del tubo central	67
Tabla 28. Cálculo del perímetro y área de la agarradera	68
Tabla 29. Cálculo de las barras de la agarradera	70
Tabla 30. Cálculo perímetro interno y externo de la tapa inferior.	71
Tabla 31. Paso de diseño y construcción del ensamblado de la rodachina	75
Tabla 32. Piezas diseñadas para llevar a cabo el ensamblaje final	78
Tabla 33. Consumos de corriente de los elementos conectados al arduino ATmega.	82
Tabla 34. Funciones en el microcontrolador arduino	107
Tabla 35. Funciones en el microcontrolador arduino	108
Tabla 36. Funciones en el microcontrolador arduino	108
Tabla 37. Funciones en el microcontrolador arduino	108
Tabla 38. Funciones en el microcontrolador arduino	109
Tabla 39. Funciones en el microcontrolador arduino	109
Tabla 40. Funciones en el microcontrolador arduino	110
Tabla 41. Funciones en el microcontrolador arduino	110
Tabla 42. Funciones en el microcontrolador arduino	111
Tabla 43. Funciones en el microcontrolador arduino	111
Tabla 44. Funciones en el microcontrolador arduino	112

Lista de Figuras

Figura 1. (SolidWorks). Programa utilizado para el diseño mecánico del equipo. Captura tomada durante la ejecución del programa.	37
Figura 2. (Arduino). Programa utilizado para la creación de lenguaje de programación en C++. Captura tomada durante la ejecución del programa.	38
Figura 3. Sensor HC-SR501	41
Figura 4. Valores de los espectros de luz UV	44
Figura 5. Balasto marca electrocontrol 2X96 AFC.	46
Figura 6. Arduino ATmega 2560	48
Figura 7. Esquemático del módulo relé	51
Figura 8. Módulo relé implementado	51
Figura 9. Secciones de diseño de las diferentes piezas del equipo.	56
Figura 10. Diámetro interno y externo de la tapa superior	57
Figura 11. Vista frontal del casco superior	59
Figura 12. Ubicación de las bases de los sensores	61
Figura 13. Dimensiones de las bases de los sensores	61
Figura 14. Vista frontal del casco superior	62
Figura 15. Cortes de la pared frontal de la porta pantalla	63
Figura 16. Cortes de la tapa superior	64
Figura 17. Dimensiones de los tubos soportes de la máquina	65
Figura18. Disposición del diámetro y áreas de los tubos de soporte	67
Figura 19. Diseño de la agarradera	69
Figura 20. Dimensiones de diámetro sección transversal de las agarraderas	70

Figura 21. Dimensiones de las tapa del casco inferior	71
Figura 22. Cálculo del centro de masa del ensamble con el programa de SolidWorks.	72
Figura 23. Diseño de la pantalla TFT táctil	73
Figura 24. Socket anti Vibraciones.	74
Figura 25. Balasto de la marca electrocontrol.	74
Figura 26. Lámpara UV-C marca phillips.	75
Figura 27. Interruptor On/Off de dos pines 125V/6	76
Figura 28. Conector IEC C14 macho	77
Figura 29. Sensor Pir HC-SR501	77
Figura 30. Conexión de la tarjeta arduino ATmega 2560 con el módulo relé, balasto y lámparas germicidas	80
Figura 31. Conexión de arduino ATmega 2560 con el sensor infrarrojo, receptor RF y buzzer.	80
Figura 32. Diagrama de conexión de la tarjeta arduino ATmega con la pantalla LCD TFT táctil.	81
Figura 33. Diagrama de flujo de la pantalla principal	84
Figura 34. Proceso de esterilización según el área a desinfectar	87
Figura 35. Diagrama de flujo de la activación y desactivación de la pantalla	89
Figura 36. Proceso de posicionamiento de coordenadas en la pantalla	91
Figura 37. Ejecución de los procesos de activación y desactivación de los dispositivos de la máquina	93
Figura 38. Activación de los sensores de proximidad	95
Figura 39. Activación y desactivación de los sensores	97
Figura 40. Desactivación de la máquina a través de los sensores	98

Figura 41. Culminación del proceso de desinfección	100
Figura 42. Menú de la pantalla principal	101
Figura 43. Selección del tiempo y el área de esterilización	102
Figura 44. Tiempo de desalojo del area a ser esterilizada	102
Figura 45. Pantalla de tiempo de operación	103
Figura 46. Pantalla pausada manualmente y pantalla paudrado por sensor	104
Figura 47. Información del tiempo	105
Figura 48. Pantalla de activación y desactivación de los sensores	105
Figura 49. Pantalla de tiempo terminado.	106
Figura 50. Menú general o principal	116
Figura 51. Menú de selección de tiempos	117
Figura 52. Tiempo de seguridad.	117
Figura 53. Tiempo de operación de las lámparas germicidas.	118
Figura 54. Menú de pausa por medio del control o la pantalla táctil.	119
Figura 55. Menú de pausa por el sistema de detección de presencia.	120
Figura 56. Mensaje tiempo terminado.	121
Figura 57. Menú de configuración con el sistema de detección activado	121
Figura 58. Menú de configuración con el sistema de detección desactivado.	122
Figura 59. Menú de información.	123
Figura 60. Pantalla de información antes de la prueba a la memoria EEPROM	127
Figura 61. Pantalla de información después de la prueba a la memoria EEPROM.	127
Figura 62. Segunda prueba a la memoria EEPROM	128
Figura 63. Tercera prueba a la memoria EEPROM	128

Lista de anexos

Anexo 1. Plano isométrico de agarradera.	134
Anexo 2. Plano isométrico del casco superior.	135
Anexo 3. Isométrico de la base.	136
Anexo 4. Isométricos de los pilares.	137
Anexo 5. Isométrico del soporte de pilares-casco.	138
Anexo 6. Isométricos de la tapa inferior de la base.	139
Anexo 7. Isométrico del ensamble del equipo esterilización.	140

Resumen

En el siguiente trabajo de grado se encuentra el desarrollo del diseño de un equipo esterilizador, para la empresa CONECTARCO S.A.S , el cual usa como método de esterilización la luz ultravioleta tipo c y está enfocado a ser utilizado en instalaciones hospitalarias. El desarrollo de este trabajo de grado busca dar a la empresa CONECTARCO S.A.S un nuevo equipo el cual cuente con más y mejores opciones de monitoreo y mejor facilidad de manejo en comparación con los que ya cuenta para la venta, además de proveerle todos los planos y material necesario para fabricarlo y llevarlo a estado de operación con la mayor eficacia posible. El cuerpo del proyecto se compone de cinco capítulos los cuales abarcan; el conocimiento de los requisitos sobre los cuales se va a desarrollar el equipo, la selección de componentes, por medio del uso de la técnica de matriz de selección, el diseño de las partes mecánicas, haciendo uso del software SolidWorks, la programación del microcontrolador del equipo, el cual se encuentra en una tarjeta de desarrollo arduino y fue programado usando el IDE de esta organización, y la verificación del correcto funcionamiento del prototipo obtenido, por medio de varias pruebas de funcionamiento. Es importante mencionar que el objetivo relacionado con la fabricación de las partes mecánicas, no pudo ser desarrollado en su totalidad, debido a falta de presupuesto de la empresa para la cual se desarrolló el proyecto. Para finalizar se presentan las conclusiones y recomendaciones.

Introducción

La desinfección es un proceso clave para mantener una buena salud, dado que, permite prevenir enfermedades procedentes de virus, hongos o bacterias.

Ahora bien, la llegada de la pandemia del COVID-19 hizo que los gobiernos de todos los países tomaran medidas muy estrictas sobre el proceso de desinfección, esto causó que este se intensifique y traslade a muchas industrias que poco o nada realizaban esta actividad.

A medida que crecía la necesidad de tener espacios más limpios lo hacía también el uso de productos químicos que resultan ser ineficientes y poco amigables con el personal de limpieza, ya que, no eliminan todos los microorganismos presentes en las superficies y pueden dejar residuos en las mismas, por lo anterior se buscaron alternativas innovadoras que permitieran disminuir el uso de dichos productos.

La empresa CONECTARCO S.A.S, ligada a la industria de la desinfección, se comprometió a desarrollar nuevas tecnologías que fuesen eficaces a la hora de eliminar todo tipo de patógenos en superficies sin hacer uso de productos químicos, la solución fue usar como método de desinfección la luz ultravioleta tipo c, ya que, este método se caracteriza por no dejar residuos en las superficies tratadas y por eliminar el 99,9% de los microorganismos presentes en ellas, no solo los virus (Correa, Mera, Guacho, Villareal, & Valencia, 2020).

Los productos y servicios ofrecidos por la empresa CONECTARCO S.A.S. han ganado popularidad rápidamente desde que comenzó la pandemia del COVID-19, pero esta creciente demanda trajo a la luz algunas inconvenientes, como lo son; atrasos en los plazos de entrega y dificultad al momento de fabricar los equipos en masa, lo anterior debido a la falta de planos o esquemas de las partes que componen los equipos ofrecidos por la empresa, también se observó que estos equipos presentaban desventajas referentes a la facilidad de operación y funciones

ofrecidas al usuario frente a otros equipos ofrecidos por empresas pertenecientes tanto al mercado nacional como al internacional, las cuales surgieron al mismo tiempo que la empresa CONECTARCO S.A.S.

1. Problema

1.1. Título

Desarrollo de un equipo para esterilizar superficies a través de luz UV-C, orientado a instalaciones hospitalarias.

1.2. Planteamiento del Problema

La División de desinfección ultravioleta de la empresa CONECTARCO S.A.S fundada a principios de 2020 como respuesta a la creciente necesidad de desinfectar las áreas más concurridas para disminuir enfermedades transmitidas por diferentes microorganismos. Es así, como se ofrece una amplia gama de soluciones en esterilización para diferentes aplicaciones, estas se dividen en productos y servicios que aprovechan la tecnología de radiación de luz ultravioleta tipo C para llevar a cabo el proceso de desinfección. Este método se caracteriza por no dejar residuos en las superficies tratadas y por eliminar el 99,9% de los microorganismos presentes en ellas, no solo los virus (Correa, Mera, Guacho, Villareal, & Valencia, 2020).

Debido a esto, dichos equipos se han popularizado rápidamente entre las instituciones que ofrecen servicios de salud, considerando que, estas son unas de las más interesadas en mantener sus instalaciones desinfectadas, aunque la demanda ha ido en aumento, se han observado problemas al momento de cumplir rápidamente con la entrega de los productos, dado que, durante su construcción se han presentado obstáculos e inconvenientes debido a la falta de planificación, diseño previo y a la ausencia de modelado en 3D de las piezas que los componen. Por lo tanto, esto ha limitado la cantidad de equipos que se pueden fabricar, dada la dificultad al momento de replicarlos ocasionando que no sean suficientes en cumplir con la demanda. La luz ultravioleta tipo C es un método que ha demostrado ser efectivo para esterilizar superficies y presentar ventajas frente a otros métodos más tradicionales, ya que, no genera

residuos y no hace uso de productos químicos (Wright & Cairns, 1998). Aun así, es importante mencionar que no es una tecnología perfecta, dado que se debe usar con cuidado debido a que la exposición prolongada a este tipo de luz puede causar quemaduras en la piel, similares a una quemadura solar (Ortiz Valle, 2017). Es por esto, que todos los equipos que usen esta tecnología deben contar con un sistema de detección de presencia, habiendo mencionado lo anterior es pertinente decir que, aunque todos los equipos que dispone para la venta la empresa CONECTARCO S.A.S cuentan con este sistema, este no es del todo completo.

Otra problemática a mencionar es que los productos que ofrece CONECTARCO están atrasados en aspectos como: la estética del diseño, funciones de operación que ofrece al usuario, sistema de seguridad, sistemas que faciliten su transporte y sistemas que faciliten su operación y monitoreo con respecto a los productos ofrecidos por empresas del mercado nacional. Lo anterior, ha causado una preocupación en CONECTARCO, dado que, estas empresas CONECTARCO incluida, han comenzado a desarrollar sus productos aproximadamente al mismo tiempo (principios del año 2020).

1.3. Formulación del Problema

¿De qué manera puede CONECTARCO actualizar sus productos en aspectos como; la estética del diseño, funciones de operación que ofrece al usuario, facilidad para su transporte, operación y monitoreo, de manera que puedan llegar a competir con los productos ofrecidos por empresas reconocidas en sus mercados nacionales, garantizando la completa seguridad de sus usuarios, al mismo tiempo que cuenta con la capacidad de fabricar sus equipos con rapidez y sin inconvenientes derivados de una ausencia de diseño previo?

1.4. Justificación

Con el desarrollo de este proyecto, se buscó dar a la empresa CONECTARCO un equipo nuevo y actualizado en comparación con los que ya ofrece para la venta, en aspectos como; estética del diseño, funciones, opciones de operación, monitoreo y facilidad en su transporte. Todo lo anterior, se realizó con el objetivo de hacer al equipo llamativo y completo. Además, un último aspecto importante que se realizó es el de la seguridad en su uso, ya que, la exposición prolongada a la luz que utiliza el equipo como método de desinfección puede causar problemas de salud en piel y ojos. Por este motivo, fue necesario un sistema de detección de presencia completo, que detenga el funcionamiento del equipo cuando alguien se acerque desde cualquier dirección hacia él.

El equipo en cuestión, se pensó a ser usado en instalaciones hospitalarias, puesto que, es el producto que más vende actualmente CONECTARCO y que está ligado a estos lugares. Debido a esto, se entregó en conjunto, el dispositivo con los planos o diseños de las partes mecánicas; teniendo como objetivo, facilitar su fabricación y replicación. Por parte de la universidad con el adelanto de este proyecto, se dio la oportunidad de participar en el desarrollo de tecnologías limpias, que no genera residuos contaminantes de ningún tipo y útiles en lidiar con la pandemia de COVID-19. Por último, se le brindó a la población nacional y regional la oportunidad de adquirir un equipo completo, totalmente seguro y eficaz para eliminar todo tipo de patógenos dañinos.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Desarrollar un equipo para esterilizar superficies a través de luz UV-C, orientado a instalaciones hospitalarias.

1.5.2. *Objetivos Específicos*

- Conocer los requisitos sobre los cuales se va a desarrollar el equipo de esterilización además de los elementos y materiales que lo componen.
- Diseñar las diferentes partes mecánicas y electromecánicas que componen el equipo de esterilización.
- Construir el equipo de esterilización haciendo uso de las partes o elementos previamente fabricados o adquiridos, para llevarlo a su estado de operación.
- Desarrollar un algoritmo de programación para el controlador del equipo de esterilización de modo que ejecute las diferentes acciones brindadas por este.
- Verificar el funcionamiento del equipo de esterilización a través de pruebas o evaluaciones a los sistemas o partes que lo componen.

1.6. Alcance y Limitaciones

1.6.1. *Alcance*

Con el desarrollo de este proyecto se dio a la empresa CONECTARCO S.A.S un nuevo equipo listo para operar, que cuenta con; un nuevo diseño más llamativo a los que actualmente utiliza la empresa, un sistema de detección de presencia que cubre los 360° alrededor del equipo, una alarma sonora o luminosa o la combinación de ambas. De tal manera que, permite determinar fácilmente el estado del equipo (ciclo finalizado o equipo detenido por la acción del sistema de detección de presencia). También, cuenta con la posibilidad de ser monitoreado y controlado por medio del control remoto y una interfaz hombre-máquina instalada en el equipo, que es de fácil operación y se encuentra en un lugar cómodo para su uso. Sumado a lo anterior, dispone de más opciones de programación que las ofrecidas por los equipos con los que ya cuenta la empresa, por último, cuenta con un sistema para facilitar su transporte. El equipo está

destinado para la esterilización de áreas, cuya aplicación específica sean las instalaciones hospitalarias, junto al equipo en cuestión también se entregó los planos y los diseños de cada una de las partes.

1.6.2. Limitaciones

Uno de los programas de diseño 3D más completos y de fácil aprendizaje es el programa SOLIDWORKS. Por lo anterior, se eligió para llevar a cabo todos los diseños, aun así, presenta un inconveniente y es que para que el software funcione óptimamente demanda unos requisitos recomendados de hardware que ninguno de los investigadores logró cumplir, dificultando la tarea mencionada.

Para encontrar investigaciones similares a la que se presenta en este proyecto de grado, que puedan servir como antecedentes se consultó cuatro repositorios de información, los cuales son: Google Scholar, Dimensions, CORE y BASE, aun así, sólo se encontró una investigación lo suficientemente similar para ser usada como base y en idioma español.

1.7. Delimitaciones

1.7.1. Delimitación Temporal

El proyecto se desarrolló y culminó en un plazo de 4 meses contando a partir de su aprobación por parte del comité curricular de ingeniería electromecánica.

1.7.2. Delimitación Espacial

El proyecto se llevó a cabo la mayor parte del tiempo en los respectivos lugares de trabajo personales de cada investigador y en las instalaciones de la empresa CONECTARCO S.A.S solo para el ensamblaje y la realización de pruebas al prototipo del equipo.

2. Marco Referencial

2.1. Antecedentes

Título: “Dispositivo para disminuir la contaminación en catéteres empleados en diálisis peritoneal mediante el empleo de luz ultravioleta subtipo C”.

Autor: Oscar Ortiz Valle

Resumen: En esta tesis se presenta un dispositivo que reduce la contaminación del catéter, mediante el empleo de luz ultravioleta germicida (UVC). Para el desarrollo de este dispositivo se analizó los factores involucrados en la aparición de peritonitis, así como los factores de riesgo asociados a el uso de luz ultravioleta subtipo C. El prototipo consiste de un sistema electrónico portátil (123 mm de alto, 70 mm de ancho y 38 mm de grueso) el cual genera luz UVC por medio de LEDs y se aplican al catéter utilizando una fibra óptica rasgada para una mejor distribución de la luz a lo largo del catéter.

Título: “Guía tecnopymes fase II herramientas de diseño e ingeniería”.

Autor: Ana Bonilla

Resumen: En esta tesis se presenta una guía para la aplicación de las TIC en las pymes, se centra en hablar sobre el uso de las herramientas de diseño, modelado y simulación, sus ventajas, el campo de aplicación y los softwares que existen para iniciar trabajos en el campo de la ingeniería centrándose en los softwares CAD, CAM y CAE. El documento se divide en 7 capítulos, que va desde cómo el diseño ha evolucionado en la ciencia y la ingeniería para cumplir con el desarrollo de las áreas y la demanda de las industrias, hasta las herramientas de ingeniería más utilizadas profundizando sobre ellas.

Título: “Manual para el diseño paramétrico con SolidWorks”

Autor: Adrián García Sancho

Resumen: Esta tesis tiene como objetivo principal “crear un manual con el que se pueda conocer el principal uso del programa SolidWorks ofrece a los modelos parametrizados y como obtener esos modelos de forma eficaz sin tener que crear todas las opciones y todas las combinaciones de forma individual” (García Sancho, 2019). El manual se divide en tres capítulos principales: el primero, es comprender los fundamentos principales de SolidWorks; segundo, se realiza una breve guía al momento de parametrizar, en este caso un ensamblaje; y por último llevar a cabo todo lo recopilado en los anteriores capítulos en una aplicación práctica.

Título: “Uso de la robótica como medio para la esterilización y desinfección con luz ultravioleta en el contexto del COVID-19”

Autores: Jorge Enrique Ordoñez García, Lauro Fernando Salvatierra Bravo y Carmen Inés Cagua Quiñonez

Resumen: Este trabajo de investigación se centra en la pregunta planteada por ellos “si la razón beneficio – costo, de adquirir este tipo de tecnología, va a reducir o contener una pandemia” Para ello se basan en información que recopilan de fuentes fiables de la web en el uso de estos robots en el mismo campo de uso, pero con otro tipo de virus, es por esto que en ningún momento se cuestionan el funcionamiento de estos robots al momento de desinfectar y esterilizar.

Título: “Propuesta de sistema de desinfección de agua potable por medio de rayos ultravioleta como método alternativo en la planta de potabilización del Distrito Gubernamental Quebrada Bonita en el cantón de Garabito”.

Autor: Carlos Roberto Carrillo Molina

Resumen: El principal objetivo del proyecto fue “Proponer un sistema de desinfección alternativo por medio de rayos ultravioleta para la planta potabilizadora del Distrito Gubernamental” Carrillo Molina (2020). Para ello, se apoyó de información que explicara el tratamiento de agua que se lleva a cabo en diferentes partes del mundo, así mismo, se basó en estudios de investigación realizados por el ministerio de salud de Costa Rica y que prevé sobre los microorganismos existentes en el agua y cuál es el método para su eliminación. Conociendo el método utilizado con regularidad se plantea una alternativa a este por medio de radiación de luz ultravioleta.

Título: “Informe sobre utilización de la radiación ultravioleta (UVC) para desinfección”.

Autores: Alicia de Andrés Miguel, Carlos Prieto de Castro y Fernando Usera Mena

Resumen: Este documento tuvo 3 puntos clave: el primero, en la implementación de la luz UVC en superficies; el segundo, verificación de los objetos que ocasionaran sobras; y tercero, combinar el método de desinfección UVC con otro para zonas de alta contaminación. Debido a esto, se realiza una propuesta de participación para el consejo superior de investigación científica de España para “Diseño de un robot inteligente que recorra superficies (suelos o cualquier superficie horizontal) de forma autónoma que combine un sistema de aspiración (para eliminar partículas) con radiación UVC y un sistema de irrigación con algún desinfectante standard (lejía, ozono, ...)”

2.2. Marco Teórico

Con el objetivo de introducir al lector a los conceptos relacionados con el uso de luz UV-C como tecnología sanitaria, se presenta la siguiente información:

2.2.1. La luz ultravioleta y su clasificación

La luz ultravioleta (UV) es una forma de radiación electromagnética con más energía que la luz visible, pero menos energía que los rayos X. Se clasifican en tres tipos en función de la longitud de onda:

- UV-A (315-400 nm)
- UV-B (280-315 nm)
- UV-C (100-280 nm) (García Carpintero, Cárdbaba Arranz, & Sánchez Gómez, 2020)

2.2.2. Funcionamiento de la Luz UV-C Como germicida

Los microorganismos son sensibles a longitudes de onda cercanas a las 253.7 nm, porque las moléculas de ADN absorben la radiación a un máximo de 260 nm.

La energía de la radiación UV-C puede dañar el ADN y ARN ya que produce la formación de dímeros de pirimidina que pueden interferir con la duplicación del ADN, así como conducir a la destrucción de los ácidos nucleicos y hacer que los virus no sean infecciosos.

La cantidad de inactivación de patógenos en superficies es directamente proporcional a la dosis de radiación UV-C, donde la dosis se define como el producto de la intensidad (W/m^2) por la duración de la exposición (s). La dosis de UV necesaria varía en función del patógeno que se quiera desinfectar, y también depende de las condiciones ambientales como, por ejemplo, la

humedad relativa. (García Carpintero, Cárdaba Arranz, & Sánchez Gómez, 2020)

2.2.3. Aspectos sobre la eficacia de desinfección de la luz UV contra el SARS-CoV-2 y otros virus

Actualmente no existe un consenso sobre la cantidad de radiación requerida para la inactivación del SARS-CoV-2, aunque se estima que la dosis de UV requerida para la inactivación del 90% de los virus ssARN, como el SARS-CoV-2, es de 1,32-3,20 Jcm⁻². Según la Comisión Internacional de la Iluminación, CIE, hay estudios que han demostrado que una radiación ultravioleta germicida (IGUV) de 254 nm es eficaz para desinfectar las superficies contaminadas con el virus del Ébola. Por otro lado, otro estudio demostró la eficacia de la IGUV durante un brote de gripe en el Hospital de Veteranos de Livermore. Aunque la CIE señala que, a pesar de las investigaciones en curso, actualmente no hay datos publicados sobre la eficacia de los IGUV frente al SARS-CoV-2. (García Carpintero, Cárdaba Arranz, & Sánchez Gómez, 2020)

2.2.4. Consideración relevante sobre el uso de la luz UV-C como germicida

La radiación UV-C permite inactivar microorganismos sobre superficies, aire o agua, pero los rayos UV deben incidir directamente sobre el patógeno. Los organismos situados debajo de la superficie del agua o que no reciban la UV directamente no serán destruidos. (García Carpintero, Cárdaba Arranz, & Sánchez Gómez, 2020)

2.2.5. Clasificación de los dispositivos UV para desinfección

Se pueden clasificar los dispositivos de luz UV para desinfección en función del tipo de lámpara utilizada:

- Lámpara de Mercurio. Se caracterizan por contener mercurio sólido puro o una

amalgama. Se pueden encontrar dos tipos de lámpara de mercurio, las que operan a baja presión (1PA) y las que operan a media-alta presión (100 kPA).

- Tecnología Excimer. Se caracteriza por estar libre de mercurio. En las lámparas de UV-C los excímeros (dímeros excitados) producidos son heterodímeros de un gas noble y alógeno. Esas lámparas son de baja eficiencia.
- UV-C LEDS. Un LED es un diodo emisor de luz que se compone de un dispositivo compacto de un material semiconductor como GaAs, GaP o INP, que puede emitir luz en el espectro UV.
- Lámpara de luz pulsada. Pueden ser tubos de luz o LEDs.
- Lámparas de Deuterio. Las lámparas de arco de deuterio molecular pueden emitir radiación en un espectro continuo. Presenta un importante poder radiante, son ligeras y compactas.

Un tipo especial de dispositivos de UV, son los sistemas de desinfección con luz pulsada con lámparas de xenón, que emiten en un espectro de 200-1100 nm. Se diferencian de los dispositivos de desinfección con UV de luz continua porque tienen una mayor intensidad y usa un amplio rango de radiación logrando una descontaminación más efectiva. (García Carpintero, Cárdbaba Arranz, & Sánchez Gómez, 2020).

2.2.6. Consideraciones para garantizar una desinfección efectiva mediante luz UV-C

La luz UV-C viaja en línea recta y es menos eficaz en las superficies que se encuentran fuera de la trayectoria directa de los rayos de luz, por lo que el dispositivo debe colocarse en el centro de la habitación. Algunos fabricantes recomiendan ciclos múltiples desde diferentes lugares para garantizar una desinfección suficiente. Algunos sistemas de luz UV-C contienen

sensores para medir la cantidad de luz UV-C que se refleja en el dispositivo para confirmar la administración de una dosis determinada.

Existen dispositivos de luz ultravioleta para las zonas superiores de las habitaciones, que se han utilizado para las infecciones de transmisión aérea, por ejemplo, la tuberculosis. Puede utilizarse con pacientes presentes en la habitación, pues al funcionar en altura es capaz de reducir la concentración de organismos en la habitación sin exponer a los ocupantes de la misma a una cantidad significativa de radiación UV.

Hasta ahora, las investigaciones relacionadas con la irradiación germicida de ultravioleta (IGUV) para virus sólo evaluaban la inactivación de los virus en el agua y en el aire; determinando que la IGUV inactivaría eficazmente los virus en el agua y en sus fases aéreas. El tipo de ácido nucleico viral juega un papel importante en la inactivación. Además, los mecanismos de reparación de las células huésped, y la estructura de la cápside del virus juegan un papel importante en la inactivación del vírica. (García Carpintero, Cárdbaba Arranz, & Sánchez Gómez, 2020)

2.2.7. Directrices para la exposición ocupacional a la radiación UV

La Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes publicó directrices para la exposición ocupacional a la radiación UV, incluida la radiación UV-C: La exposición a la radiación UV en ojos/piel sin protección no debe exceder de 30 J/m² para una radiación de 270 nm, la longitud de onda en que la función de ponderación espectral para el peligro de la radiación UV actínica en la piel y el ojo es máxima. Dado que el peligro de la radiación UV depende de la longitud de onda, el límite máximo de exposición para una radiación de longitud de onda de 254 nm es de 60 J/m². Para una radiación con una longitud de onda de

222 nm, el límite máximo de exposición (peligro de UV actínico) es aún mayor, unos 240 J/m². Actualmente, se está trabajando en una especificación UNE 0068 sobre los requisitos de seguridad para aparatos UV-C utilizados para la desinfección del aire de locales y superficies que será publicada próximamente. (García Carpintero, Cárdbaba Arranz, & Sánchez Gómez, 2020)

2.3. Marco Legal

Según el INVIMA (2020), los interesados en comercializar productos que usen luz UV-C como método de desinfección: “deberán adelantar ante el Invima el trámite denominado Requiere No Requiere o Certificación de No obligatoriedad de Registro Sanitario, por el cual se evalúa frente a lo establecido en el Decreto 4725 de 2005, su uso, aplicación, ficha técnica, catálogos, manuales, instructivos, etiquetas emitidas por el fabricante y certificados de calidad y seguridad.”

2.3.1. Decreto Número 4725 de 2005

Por el cual se reglamenta el régimen de registros sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano. Este decreto se divide en XI capítulos, los cuales se mencionan a continuación:

- Capítulo I: Disposiciones generales.
- Capítulo II: clasificación de los dispositivos médicos.
- Capítulo III: Buenas prácticas de manufactura y certificados de capacidad de almacenamiento y acondicionamiento de los dispositivos médicos.
- Capítulo IV: régimen de Registros Sanitarios.
- Capítulo V: De los equipos biomédicos de tecnología controlada.
- Capítulo VI: Disposiciones comunes a los registros sanitarios y permisos de

comercialización.

- Capítulo VII: Disposiciones comunes a los capítulos anteriores.
- Capítulo VIII: Empaque, etiquetado y publicidad.
- Capítulo IX: control y vigilancia.
- Capítulo X: Transitoriedad.
- Capítulo XI: Disposiciones finales.

3. Diseño Metodológico

3.1. Tipo de investigación

Conocer el tipo de investigación que se quiere realizar debe ser una tarea fácil, “Pero en realidad las cosas no son tan sencillas como parecen, los autores no se ponen de acuerdo en la forma de identificar las investigaciones, las diferencias tienen que ver con el criterio que se usa.” (Grajales, 2000, p. 1). En ese sentido, una manera útil de facilitar esta tarea es apearse a la clasificación hecha por un autor. De modo que, la investigación a realizar este bien definida entre las opciones presentes en ella.

Según Zorrilla Arena (1993), la investigación se clasifica en cuatro tipos: básica, aplicada, documental, de campo o mixta. La básica denominada también pura o fundamental, busca el progreso científico, acrecentarlos conocimientos teóricos, sin interesarse directamente en sus posibles aplicaciones o consecuencias prácticas; es más formal y persigue las generalizaciones con vistas al desarrollo de una teoría basada en principios y leyes.

La investigación aplicada, guarda íntima relación con la básica, pues depende de los descubrimientos y avances de la investigación básica y se enriquece con ellos, pero se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos. La

investigación aplicada busca el conocer para hacer, para actuar, para construir, (p. 43)

En base a las definiciones mostradas se puede deducir que la investigación que se desarrolló en este proyecto de grado es del tipo aplicada, ya que, su principal objetivo es construir por medio de la aplicación y utilización de conocimientos.

3.2. Población

El proyecto se realizó en las inmediaciones de la empresa Conectarco S.A.S, de la ciudad de San José de Cúcuta.

3.3. Muestra

La aplicación se ejecuta en la esterilización de redes hospitalarias.

3.4. Actividades y Su Metodología

3.4.1. Actividad 1

Determinar las características y funciones con las que debe contar el equipo.

Metodología.

A través de reuniones entre los investigadores involucrados en el desarrollo de este proyecto y la empresa para la cual se realizó el mismo, llevadas a cabo por medio de la herramienta Meet, se acordó los requisitos para el desarrollo del equipo, con el objetivo de definir el alcance y establecer las bases del proyecto en cuestión.

3.4.2. Actividad 2

Seleccionar los elementos electrónicos y mecánicos que componen el equipo y los

materiales a usar en su construcción.

Metodología

Teniendo como base los requisitos establecidos, se realizó un análisis pertinente para determinar qué elementos y materiales se ajustan a ellos, considerando también las diferentes alternativas que ofrece el mercado local, nacional e internacional.

3.4.3. Actividad 3

Diseñar las diferentes partes mecánicas y electromecánicas que componen el equipo.

Metodología

Esta tarea se lleva a cabo a través del uso de un programa de diseño, como por ejemplo SolidWorks para el caso del armazón y las partes que sirven para cubrir e incorporar de forma segura los elementos que hacen parte del equipo.

3.4.4. Actividad 4

Adquirir todas las piezas que componen el equipo y posterior ensamblaje.

Metodología

Para obtener las piezas mecánicas, se debe pagar a una empresa capacitada que realice dicha labor en un taller especializado, siguiendo rigurosamente los diseños realizados. La tarea de adquirir los componentes restantes se cumple mediante su compra en tiendas en línea reconocidas a nivel local o nacional. El ensamblaje se lleva a cabo por los investigadores involucrados en el desarrollo de este proyecto, los cuales hacen uso de los conocimientos adquiridos al momento de terminar los diseños.

3.4.5. Actividad 5

Realizar el diagrama de flujo que permita facilitar la posterior programación del microcontrolador del equipo.

Metodología

En base al dispositivo de procesamiento o controlador seleccionado y considerando las opciones de configuración que se debe ofrecer al usuario y su secuencia, se puede proceder con el desarrollo de un flujograma (diagrama de bloques), que permita facilitar las posteriores labores de programación del dispositivo mencionado.

3.4.6. Actividad 6

Programar el microcontrolador del equipo.

Metodología

Esta etapa consiste en traducir el diagrama de flujo creado, en líneas de comandos, empleando el lenguaje de programación que entienda el microcontrolador seleccionado, por medio de un entorno de desarrollo integrado (IDE) que facilite la labor mencionada.

3.4.7. Actividad 7

Realizar las pruebas para el equipo.

Metodología

Se debe en primer lugar, verificar el correcto funcionamiento de los diferentes sistemas que componen el equipo y posteriormente efectuar una metodología que permita evaluar el estado de las variables.

3.4.8. Actividad 8

Verificar que el equipo cumple con lo requerido.

Metodología

Efectuar la comparación de los resultados obtenidos al momento de aplicar las pruebas y compararlas.

3.5. Fuentes De Recolección De La Información

3.5.1. Fuentes De Información Primaria

Las fuentes primarias son todas aquellas que aportaron claridad al desarrollo del proyecto. En este caso, es toda persona que, con sus estudios y experiencia en campo, consiguen ofrecer un aporte concreto tanto para el diseño y desarrollo del programa, ellos son:

- Ingeniero magister, docente de la universidad Francisco de Paula Santander: Cristian Leonardo Tarazona Celis
- Ingeniero electromecánico, fundador de la empresa CONECTARCO SAS: Alexander Bayona.

3.5.2. Fuentes de Información Secundaria

Para el desarrollo del proyecto se procede a la consulta de información importante en las fuentes que se catalogan como secundarias, esto con el fin de revisar lo que se ha dicho sobre sistemas de desinfección con tecnología UV-C:

- Artículos publicados en internet los cuales sirven para dar ideas claras, en la elaboración de diseños de esta clase.
- Tesis de grado: Alojadas en la Biblioteca Eduardo Cote Lemus de la UFPS y alojadas en los repositorios de internet.

3.6. Metodología de Desarrollo

En la ejecución del diseño mecánico se optó por el programa SolidWorks para realizar los respectivos planos de impresión de todas las piezas que comprenden el equipo.



Figura 1. (SolidWorks). Programa utilizado para el diseño mecánico del equipo. Captura tomada durante la ejecución del programa.

En la Figura 1, se muestra el programa que contribuyó enormemente al desarrollo de las actividades dado que, brinda las herramientas necesarias en el aprendizaje y posterior diseño de las piezas del equipo.

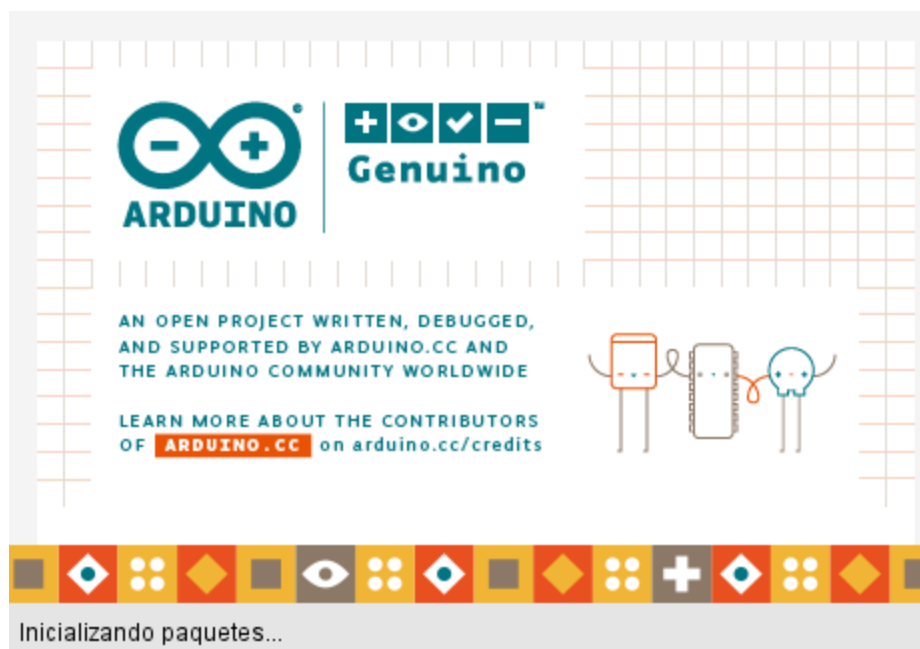


Figura 2. (Arduino). Programa utilizado para la creación de lenguaje de programación en C++. Captura tomada durante la ejecución del programa.

No obstante, para dar inicio al diseño mecánico previamente se obtuvo las partes eléctricas y electrónicas. Es por ello, que se seleccionó y compró cada uno de los elementos que comprenden al equipo en materia de esterilización. Una vez se adquirió estos elementos, se emprendió a realizar el código en la plataforma arduino. El programa que se muestra en la figura 2, contribuyó a las pruebas del sistema eléctrico y electrónico.

4. Desarrollo Del Proyecto

4.1. Conociendo los requisitos sobre los cuales se va a desarrollar el equipo de esterilización además de los elementos y materiales que lo componen.

En cumplimiento con el objetivo, se delimitaron las líneas de acción, las cuales, constituyeron las prestaciones con las que debe contar el equipo esterilizador para lograr cubrir los requerimientos que exija el medio a ser tratado. Por ello, se coordinaron reuniones con el codirector, esto para delimitar los parámetros importantes a ser intervenidos. Al igual, que las superficies a ser cubiertas por la máquina. Se determinaron los parámetros más resaltantes que deben ser tomados en cuenta. Estos parámetros son los siguientes:

4.1.1. Sistemas de Seguridad.

Es importante tener en cuenta una serie de protocolos que permitan resguardar la integridad física de los usuarios del equipo o cualquier otra persona que se acerque en donde se realice la esterilización. Es por ello que, en el sistema de seguridad se buscó utilizar sensores de proximidad que permitan la desactivación del proceso de esterilización cuando alguien ingrese al área de trabajo del equipo. Para obtener el óptimo sensor de proximidad, se tuvieron en cuenta diferentes parámetros que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. *Criterio de selección de sensor de proximidad*

Tipo	Modelo	Voltaje de alimentación (VDC)	Voltaje de salida TTL (VDC)	Distancia detección (metros)	Costo COP \$	Ángulo detección (grados)	Intervalo de respuesta del sensor (segundos)	Disponible en la empresa
Sensor de movimiento	HC-SR501	4,5 a 12	3,3	3 a 7	\$6.000	90° a 110°	5seg a 300seg	Disponible
Sensor de movimiento	Ecoled	110 a 220	Sin dato	3	\$29.725	180°	120 seg a 350 seg	No Disponible
Sensor de Movimiento	PRCM18 5DN	12 a 24	2,7	3,9	\$114.000	120°	3seg a 240seg	No disponible
Sensor de movimiento	PRCM18 8AO	100 a 240	4,9	4	\$104.000	100°	25seg a 157 seg	No disponible

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 1, se muestran los sensores que están disponibles en el mercado colombiano que satisfacen la demanda del equipo. Como primer aspecto; en la selección del elemento se tomó en cuenta la disponibilidad del sensor por parte de la empresa. Como segundo aspecto; se tomó el parámetro de la distancia de detección que los sensores poseen, esto con el fin, de brindar la mayor área posible de seguridad. De la misma manera, se estudió y observó otros parámetros como voltaje de alimentación, voltaje de salida TTL y sus dimensiones para establecer el de mayor conveniencia para el proyecto. Por lo anteriormente descrito, se seleccionó el sensor de proximidad HC- SR501, debido a que, cumplió con el mayor número de requisitos entre los que están; la disponibilidad en la empresa, rango de detección, bajo consumo y de costo inferior a los demás sensores.

Tabla 2. Características del sensor de movimiento HC-SR501.

Sensor de movimiento HC-SR501	
Marca	Findchips
Modelo	HC-SR501
Voltaje de alimentación	(4.5v a 12v) DC
Voltaje de salida (TTL)	3.3 V
Distancia de detección	(2 a 7) minutos ajustables
Dimensiones	(32.7*29) mm
Ángulo de detección	(De 90 a 110) grados
Intervalos de tiempo	5s a 5m
Disponibilidad en la empresa	Disponible

Fuente: <https://datasheetspdf.com/pdf/775434/ETC/HC-SR501/1>

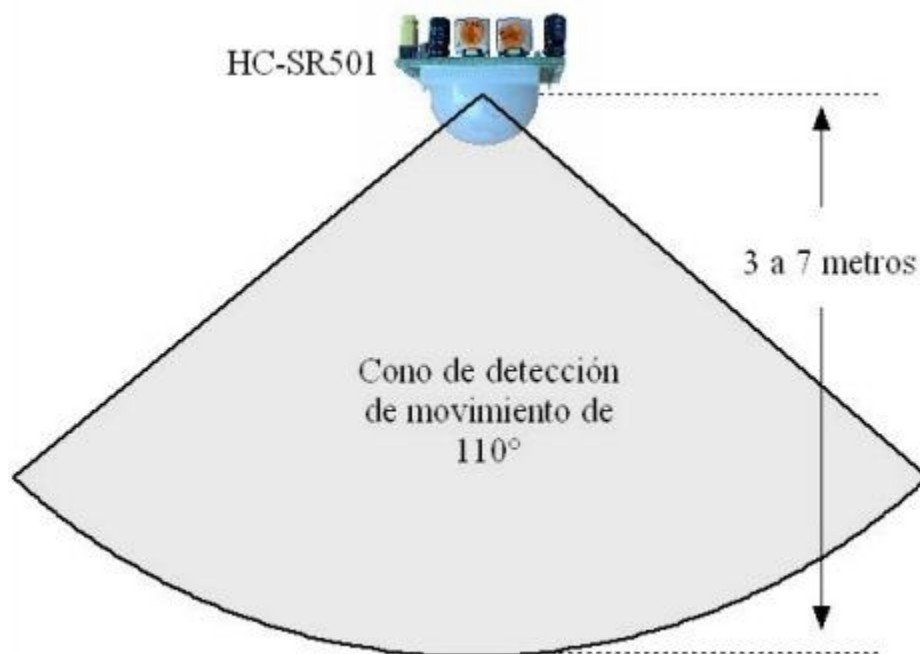


Figura 3. Sensor HC-SR501

En la figura 3, se puede observar que el sensor seleccionado cuenta con un rango de acción de 110 grados, por lo cual, al disponer de cuatro sensores se cubre la totalidad del área de esterilización y se protege a los usuarios y cualquier otra persona que interrumpa de manera imprevista en donde se está realizando la intervención. Los sensores tienen posibilidad de ser alimentados mediante 4.5 voltios a 12 voltios en corriente directa, brindando un mayor número de posibilidad de conectividad. El sensor seleccionado, consta de ajuste de tiempo tanto de activación como de desactivación, la distancia de detección, es la más alta frente a los sensores consultados, por lo tanto, puede abarcar una mayor área, brindando seguridad para el proyecto.

4.1.2. Requisitos de potencia.

La dosis de radiación que se necesita para eliminar bacterias y virus viene expresada por la siguiente fórmula:

$$\text{Dosis} = \text{Intensidad} \times \text{tiempo.}$$

Se observa en la siguiente tabla los requerimientos para esterilizar diferentes recintos. La IES Committee (2020) plantea que una dosis llamada “muerte de un solo registro” expresada en unidades de $\mu\text{W} \cdot \text{seg}/\text{cm}^2$ para la inactivación del ARN y el ADN, es un 90% eficaz en términos generales y si se aplica el doble su eficacia germicida aumenta hasta un 99%.

Tabla 3. Intensidad de una sola dosis en microorganismos para su inactivación.

Tipo	Microorganismos	
	Nombre	1 dosis ($\mu\text{W} \cdot \text{seg}/\text{cm}^2$)
Bacterias	Bacillus anthracis	8700
	Eberthelia typosa	4100
	Clostridium tetani	22000
	Corynebacterum dephteriae	6500
	Escherichia coli	6600

	Mycobacterium tuberculosis	10000
	Phytopomonas tumefaciens	8500
	Streptococcus latis	8800
	Proteus vulgaris	6600
	Serratia marcescens	6100
	Vibrio cholerea	6500
	Sarcina lutea	26400
	Staphylococcus albus	5700
	Neisseria catarrhalis	8500
	Micrococcus sapheroides	15400
	Leptospira	6000
	Salmonella typhosa	4100
	Spirillum rubrum	6100
	Streptococcus hemolyticus	5500
	Shigella dysenteriae	4200
Protozoarios	Paramecium	200000
	Chlorelia Vulgaris	22000
	Nematode eggs	92000
Hongos y esporas	Aspergillus flavus	99000
	Mucor racemosus	35200
	Oospora lactis	11000
	Penicillum expensum	22000
	Penicillum roqueforti	26400
	Aspergillus flavus	99000
Levadura	Brewer's yeast	6600
	Common yeast cake	13200
	Brakers Yeast	8800
Virus	Influenza virus	6600
	H1N1	6600
	Poliovirus	6000
	Covid-19	6000
	Bacteriophage (E-coli)	6600
	Virus de la Hepatitis infecciosa	8000

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

La tabla 3, muestra las dosis a la que son expuestos los microorganismos a la radiación que presentan los tubos germicidas y la intensidad necesaria para eliminar los diferentes microorganismos que se pueden encontrar en el momento de realizar la esterilización en lugares como superficies, alimentos o cualquier otra cosa que requiera ser tratada. Como se observó, los microorganismos reaccionan de diferentes formas a la luz UV, por lo cual, es de suma importancia

el realizar una observación detallada de cada uno de los aspectos que se encuentran, la información se recabo de (Cabral 2017).

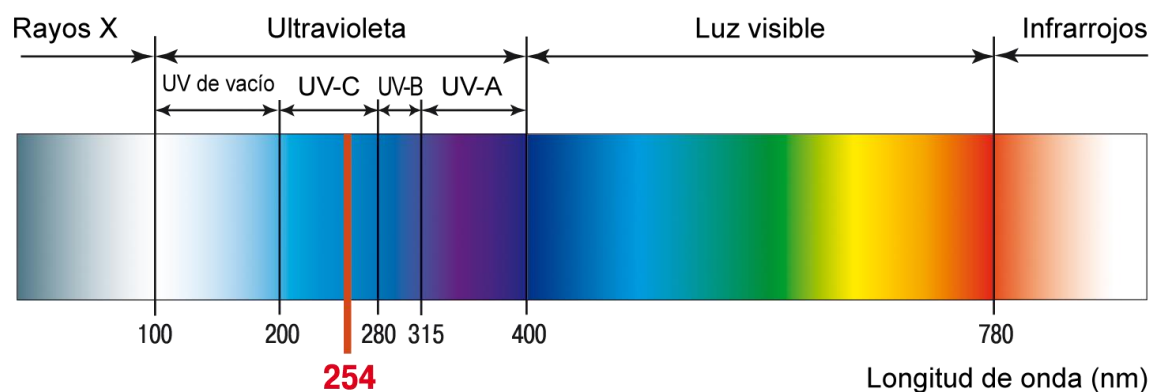


Figura 4. Valores de los espectros de luz UV

En la figura 4, se puede ver el espectro en donde la luz UV sirve como microbicida, lo cual es importante debido a que es la región en donde trabaja la máquina de esterilización.

Tabla 4. Selección del tubo germicida a utilizar

Elemento	Potencia (Watt)	Voltaje (VDC)	Marca	Vida Útil (horas)	Base	Bulbo	Aplicación	Demanda corriente	Irradiación
Tubo Germicida	55	87	PHiyan	8000 Hrs	G23	2G11	Esterilizar	180 mA	30 W
Tubo Germicida	40	110	Laser/Printing	7000 Hrs	G13	T26	Esterilizar	235 mA	21 W
Tubo Germicida	75	110	Philips	9000 Hrs	G13	T26	Esterilizar	840 mA	25.5 W
Tubo Germicida	90	220	Liangy ueliang	10000 Hrs	G23	2G11	Esterilizar	1300 mA	22.3 W

Nota: Elaboración propia

En la tabla 4, se exponen los resultados obtenidos durante la revisión de los diferentes tubos germicidas que se encontraron comercialmente en Colombia. Es por ello, que se compararon cualidades como; potencia, fuente de alimentación, vida útil, base, demanda de

corriente, entre otras, que permitan dar una mejor prestación. En este sentido, se seleccionó el tubo germicida de la marca Phillips debido a que presenta las características más adecuadas con los requerimientos necesarios en el proceso de esterilización.

Tabla 5. *Características del tubo germicida seleccionado*

Características de tubo germicida marca Philips	
Elemento	Tubo germicida
Marca	Philips
Base	G13
Bulbo	T26
Aplicación	Esterilización
Vida útil	9000hrs
Potencia	75W
Alimentación	110V
Demanda de corriente	0,84A
Irradiancia UV-C	25,5W
Nota: Elaboración Propia	

La tabla 5, muestra las características del tubo germicida que se seleccionó para la máquina esterilizadora, en donde se logró destacar que el mismo se conecta a una fuente de alimentación de 110v AC, siendo posible su función directamente con la red eléctrica residencial. Tiene una vida útil aceptable para el trabajo requerido, y es de fácil reemplazo debido a su cómodo sistema de montaje.



Figura 5. Balasto marca electrocontrol 2X96 AFC.

Tabla 6. Características del balasto.

Balasto 2X96 AFC-E.S.T	
Balasto	2X75(96")
Factor de potencia	>0.9%
Potencia de línea	120W
Voltaje de línea	120V
Tipo de lámpara	2 tubos de 75W

Nota: Ficha técnica balasto 2X75W Electrocontrol S.A.S, 2022.

En la tabla 6, se muestran las características pertenecientes al balasto electrónico que se utiliza para el funcionamiento de las lámparas germicidas.

4.1.3. Requisitos de operación.

Para llevar a cabo las funciones necesarias para realizar el proceso esterilización de forma correcta, es necesario implementar en la máquina esterilizadora un sistema de control, que realice la supervisión y ejecute las acciones pertinentes. Es por ello que, se debe seleccionar un dispositivo que ejecute estas acciones. Es pues, se compararon varios microcontroladores para

elegir el más adecuado en base a las funcionalidades requeridas. Los microcontroladores tenidos en cuentas son los siguientes.

Tabla 7. Aspectos técnicos y operativos de los elementos que conforman la máquina esterilizadora

Elemento	Alimentación (VDC)	Temperatura de operación En grados centígrados	Manejo de datos	Salidas / entradas	Voltaje de Salida (VDC)
Microcontrolador PIC 18f27	4.2 a 5.5	-40 a 85	8 bits	35	4.2 a 5.5
Microcontrolador PIC 18f4550	2 a 5.5	-40 a 85	10 bits	35	4.2 a 5.5
Microcontrolador PIC 16f882	2 a 5.5	-15 a 45	8 bits	24	2 a 5
Microcontrolador Arduino Mega 2560	1.8 a 4.3	-40 a 85	10 bits	70 (54 digitales y 16 analógicas)	6 a 20

Nota: Elaboración Propia

Se analizaron y observaron los aspectos técnicos y operativos de cada uno de los microcontroladores que se describen en la tabla anterior, entre los que se encuentran voltaje de alimentación, temperatura a la cual trabaja en condiciones esperadas, versatilidad y operatividad en el manejo de datos, entradas y salidas disponibles. Todo lo anterior, llevó a la decisión de elegir el microcontrolador arduino ATmega 2560, debido a todas las ventajas que este presenta con respecto a los demás.

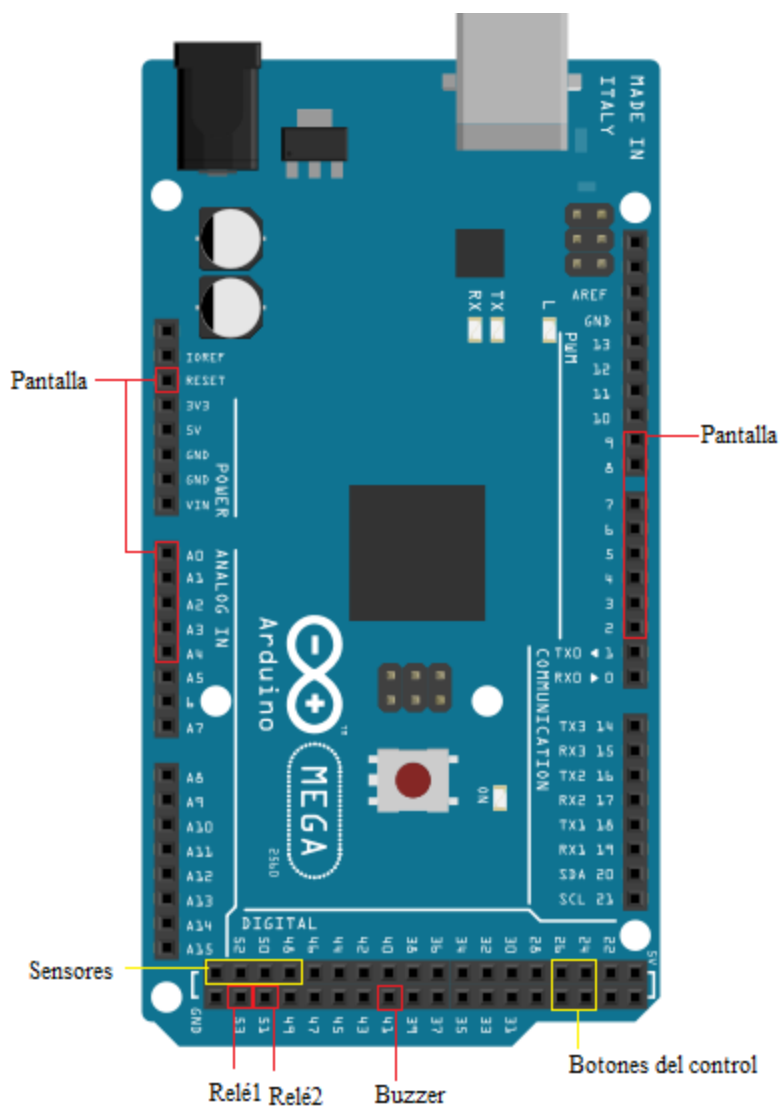


Figura 6. Arduino ATmega 2560

Tabla 8. *Características del microcontrolador arduino*

Microcontrolador	ATmega2560
Tensión de funcionamiento	5 V
Voltaje de entrada recomendado	(7 a 12) V
Voltaje límites de entrada	(6 – 20) V
Pines de entrada digitales entradas/salidas.	54(15 pines para señal PWM a la salida)
Pines de entrada analógicas	16
Memoria Flash	256Kb (8Kb para el arranque)
SRAM	8Kb
EEPROM	4Kb
Corriente de salida DC total entradas/salidas C/U	40mA
Corriente DC del Vcc Máxima	200mA
Frecuencia del reloj	16MHz
Nota: Vistronica, 2022	

En la tabla 8, se muestran las características resaltantes del microcontrolador Arduino ATmega 2560, en donde las características más importantes son las entradas y salidas con las que esta cuenta, las cuales, permitieron desarrollar tanto el control como el monitoreo de la máquina esterilizadora. Igualmente, funcionó de forma correcta con la interfaz hombre-máquina seleccionada.

4.1.4. Requisitos de manejo

La máquina esterilizadora debe contar con un interfaz que permita acceder a los diferentes menús de cada uno de los procedimientos que debe ejecutar para alcanzar la desinfección del área en donde se disponga el equipo. Es por ello que, se optó por la selección de

una pantalla táctil resistiva de 3,5 pulgadas, la cual tiene compatibilidad con el microcontrolador Arduino seleccionado. La pantalla idónea fue la de marca Genérica la cual presenta las siguientes características.

Tabla 9. *Características de la pantalla seleccionada*

Pantalla LCD TFT de 3.5'	
Controlador	Ili9488
Marca	Genérica
Entrada y salida de voltaje	(3.3 a 5) V
Resolución	480*320 Píxeles
Tipo de LCD	TFT
Interfaz	Estándar con Arduino
Ranura de instalación	Ranura para tarjeta Micro SD
Nota: Vistronica, 2022	

En la tabla 9, se pueden observar las características resaltantes de la pantalla táctil que cumple con la interacción humano-máquina, mediante el cual, cualquier operario tiene la posibilidad de seleccionar cada uno de los tiempos que crea conveniente. Cabe resaltar, que esta pantalla es de fácil implementación con tarjetas Arduino.

Así mismo, se debe tener en cuenta el trabajo que el equipo desempeña, en esta labor intervienen muchos elementos electrónicos que son sensibles a corrientes elevadas. Por lo anterior, se seleccionó un módulo relé que cumple con varias funciones, una de ellas es la de separar la etapa de potencia de la etapa de control, esta función del módulo permite salvaguardar las partes que son esenciales para el equipo. Las corrientes que se manejan por parte de las lámparas germicidas están dentro del rango que el módulo puede interrumpir.

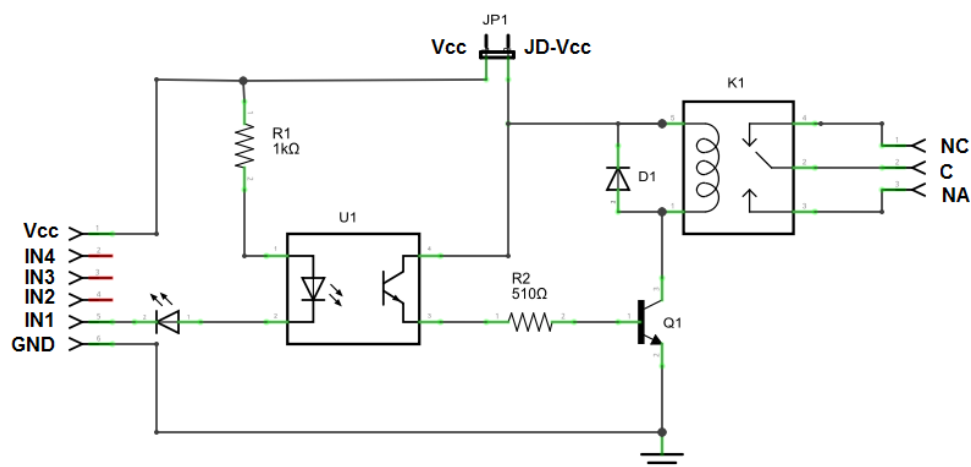


Figura 7. Esquemático del módulo relé



Figura 8. Módulo relé implementado

Tabla 10. Especificaciones técnicas del módulo relé.

Módulo Relé de 4CH 5VDC	
Voltaje de operación	5V DC
Señal de control	TTL (3.3V o 5V)
Nº de Relays (canales)	4 CH
Modelo Relay	SRD-05VDC-SL-C
Capacidad máx	10A (NO), 5A (NC)
Tiempo de acción	10ms/5ms
Para activar salida NO	0V
Entradas optoacopladas	Si
Indicadores LED de activación	Si
Nota: Vistronica, 2022	

En la tabla 10, se muestra las especificaciones acordes al módulo relé que se tuvo presente en la integración del sistema electrónico.

Por otra parte, para abarcar el manejo a distancia del equipo se necesitó utilizar un sistema de mando a distancia, para ello, se optó por un control remoto por radiofrecuencia que cumpla los criterios que se ven en la siguiente tabla:

Tabla 11. Información sobre frecuencia, canales y alimentación de control seleccionado

Criterio	Control RF 4 canales 9938-4X 315 MHz	Control Rf 433 MHz 4 Botones Largo Alcance Y Antena	control RF 2 canales 9938-2x 315 MHz	control remoto inalámbrico para alarma 433MHz	control remoto 4 botones RF 433 MHz
Fácil acceso	X	X	X	X	X
Número de canales	4 canales	4 canales	2 canales	4 canales	4 canales
Frecuencia de trabajo.	315MHz	433MHz	315MHz	433MHz	433MHz
Alimentación	12VCC	12VCC	12VCC	12VCC	12VCC
Tamaño (en mm)	90×40×16	90x40x16	159×43×25	120x86x18	85x35x15

Nota: Vistrónica, Amazon, mercado libre 2022.

La tabla 11, muestra la matriz de selección que se tuvo en cuenta para elegir el control, en este caso, se priorizo que este sea compatible con la frecuencia de trabajo de la antena receptora que posee la empresa. Es por ello, que se optó por el Control RF 4 canales 9938-4X 315 MHz. Otras razones para su selección fue su fácil acceso en el mercado local y se estética elegante, la cual combina de forma ideal con la estética del equipo.

Tabla 12. *Características del control RF 4 canales 9938-4X 315 MHz*

Características del Control RF 4 canales 9938-4X 315 MHz	
Modelo	9938-4X
Alimentación	12V-23A
Corriente de trabajo	25-33 mA
Modo de oscilación	Resonancia de sierra
Modo de modulación	ASK/OOK
Frecuencia de trabajo	315 MHz
Chip IC	SCT2260
Tipo de codificación	Codificación fija
Compatibilidad	PT2262, SC2262, PT2260, PT2264, PT2272-M4, PT2272-T4, PT2272-L4
Distancia de transmisión	1000 metros
Error de frecuencia	±75 KHz
Material de carcasa	ABS
Potencia de transmisión	200 MW
Nota: Vistronica, 2022.	

En la tabla 12, se especifica las referencias del control remoto RF 9938-4X 315MHz con el objetivo de tener relación con el receptor que se utilizó.

Tabla 13. *Características del receptor de radio frecuencia con decodificador pt2272*

Características receptor radiofrecuencia 315mhz con decodificador pt2272-m4	
Voltaje de alimentación	5VDC
Corriente de reposo	4.5mA
Modulación	AM(OOK)
Temperatura de funcionamiento	-10°C a 70°C
Sensibilidad de receptor	-105DBm
Transmisor compatible	2262
Distancia de transmisión	50m
Bits de información transmitidos	4(D0, D1, D2, D3)
Dimensiones	41x23x7mm
Longitud de antena recomendada	23cm
Nota: Vistronica, 2022.	

En la tabla 13, se muestran las características del receptor del control remoto con el circuito integrado pt2272-m4, el cual, es compatible con el integrado que esta incorporado en el control remoto.

Para finalizar, se realizó un matriz de selección de un tipo de rodachina para el desplazamiento del equipo. Para ello, se tuvieron en cuenta tres parámetros, el primero; es el tipo de área de trabajo. El segundo; que sea de fabricación nacional para contribuir con la economía nacional y tercero; su bajo costo comparando precios con tiendas en línea o físicas.

Tabla 14. *Catálogo SUPO e IMSA.*

Marca	Tipo de material de la rueda	Tipo de soporte	Capacidad (Kg)	Uso en redes hospitalarias	Trabajo silencioso
SUPO	Caucho termoplástico (TPR)	Giratorio	50	X	X
IMSA	Caucho termoplástico (TPR)	Giratorio	70	X	X
SUPO	Caucho termoplástico (TPR)	Fijo	50	X	X
IMSA	Caucho termoplástico (TPR)	Fijo	70	X	X

Nota: Catálogo SUPO, Catálogo IMSA, 2022.

En la tabla 14, se muestran dos marcas colombianas que fabrican rodachines y ruedas a nivel nacional, en la tabla de selección se analizaron varios factores como lo son; la capacidad que soporta los rodachines en cuanto al peso, el tipo de soporte; si era giratorio, fijo o con espigo, el material que posee la rueda de la rodachina y, por último, el ambiente donde se trabaja. La selección de la marca SUPO cumple con los requisitos necesarios para el trabajo.

Tabla 15. *Elementos que conforman la máquina esterilizadora*

marca	Supo
Referencia	S08-01D-50-421-2”
Soporte	Metálico en acero estampado. Diseño de doble esfera cromado o pintado con color plateado(S).
Rueda	Hecha en caucho termoplástico TPR de color café (65A) con guarda hilos de color café (Balineras de precisión central)
Usos	Apropiado para ambientes silenciosos con suelos protegidos como hospitales, oficinas y puntos de ventas de exhibidores y todo tipo de vitrinas.
Rango de temperatura	-35°C – 80°C
Nota. Fuente: catálogo SUPO, 2022.	

En la tabla 15, se especifica las características de la rodachina seleccionada donde se demuestra los ambientes en los cuales es óptima su aplicación.

4.2. Diseño las diferentes partes mecánicas y electromecánicas que componen el equipo de esterilización.

Para dar desarrollo a este objetivo, se determinó las dimensiones de las diferentes partes que conforman el equipo. También se alcanzó la precisión y disposición de uso que se requiere para esterilizar las áreas seleccionadas. Por último, se presentó los cálculos relacionados con cada una de las partes que se diseñó para la conformación de la máquina. A continuación, se demuestra en la figura 9 las divisiones que posee el diseño mecánico.

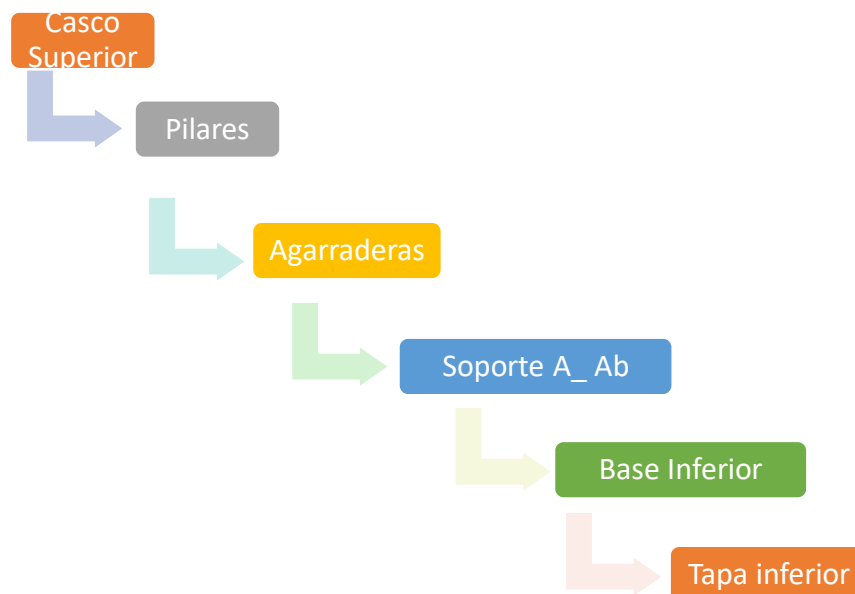


Figura 9. Secciones de diseño de las diferentes piezas del equipo.

4.2.1. Cálculos realizados con respecto al casco superior

Con la finalidad de conocer las dimensiones del casco superior, se establece las dimensiones que componen el resto de partes del equipo sin dejar de lado el espacios que ocupan los elementos dentro del casco superior. A continuación, se muestran los resultados obtenidos con respecto a los cálculos realizados.

4.2.1.1. Perímetro Interno de la tapa superior

Tabla 16. Cálculo del perímetro y diámetro de la tapa superior de la máquina.

Variable	Dimensión (mm)	Fórmula
Diámetro	210	$\pi = 3,1415$
Perímetro (mm)	660	$P = D \times \pi$

Nota: elaboración propia

En la tabla 16, se muestran los resultados que se obtuvo con respecto a las dimensiones del perímetro que debe tener la tapa superior de la máquina. Se determinó que el diámetro que

debe presentar la tapa es de 210 mm, es por ello, que se aplicó la fórmula del perímetro que es igual al diámetro por π . El valor que se obtuvo es de 660 mm en redondeo. La figura que se presenta a continuación, muestra la vista superior y su dimensión.

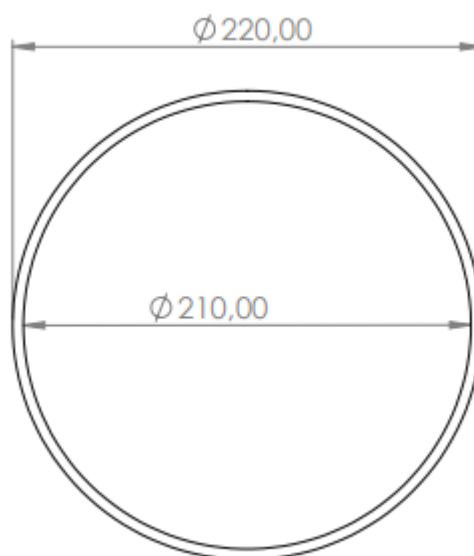


Figura 10. Diámetro interno y externo de la tapa superior

En la figura 10, se observan las dimensiones tanto del diámetro interno como el diámetro externo de la tapa superior, esto se debe a que la lámina del soporte de la tapa se apoya, por lo cual, la pestaña existente entre el diámetro inferior y el superior es de soporte. Los cálculos correspondientes al diámetro exterior se muestran a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 17. Cálculo del perímetro externo de la tapa superior

Variable	Dimensión (mm)	Fórmula
Diámetro	220	$\pi = 3,1415$
Perímetro (mm)	691,15	$P = D \times \pi$

Nota: elaboración propia

En la tabla 17, se muestra el perímetro externo de la tapa superior mediante la fórmula del perímetro que es igual al diámetro por π . Esto indicó que, el valor de este perímetro es de 691,15

mm, por lo tanto, teniendo el diámetro interno como el diámetro externo se logró calcular la dimensión de la pestaña. Es así, que se tomó dicha diferencia (220-210) mm y se obtuvo los 10mm que es valor de la pestaña de apoyo a la lámina que conforma el cuerpo de la tapa superior.

4.2.1.2. Dimensiones de la porta pantalla digital

Las dimensiones donde se coloca la pantalla táctil, mediante la cual el usuario selecciona los diferentes menús que posee el equipo, se obtuvieron por medio de los cálculos mostrados en la tabla 18.

Tabla 18. *Cálculo de las dimensiones del área interna de la base de la pantalla táctil*

Variable	Dimensión (mm)	Fórmula
Altura (A) (mm)	60	
Longitud de la base (L) (mm)	111	
Área (mm ²)	6654,5	$\text{Área} = A \times L$
Nota: Elaboración propia		

En la tabla 18, se observa que el área de la base externa en donde va instalada la pantalla táctil, esta área tiene un valor de 6654,5 mm². teniendo en cuenta la altura y la longitud de la base, se aplicó la fórmula del área de un rectángulo la cual se expresa como altura por la longitud de la base.

Tabla 19. *Cálculo de las dimensiones del área interna de la base de la pantalla táctil*

Variable	Dimensión (mm)	Fórmula
Altura (A) (mm)	51,6	
Longitud de la base (L) (mm)	75	
Área (mm ²)	3870	$\text{Área} = A \times L$
Nota: Elaboración propia		

En la tabla 19, se observan los resultados obtenidos con respecto al área interna de la base de la pantalla táctil en donde conociendo la altura y longitud de la base de la misma, se procede a

aplicar la fórmula de la determinación del área de un rectángulo, obteniéndose que el valor de esta área es de 3870 mm^2 , obteniendo así mediante el software SolidWorks la siguiente vista.

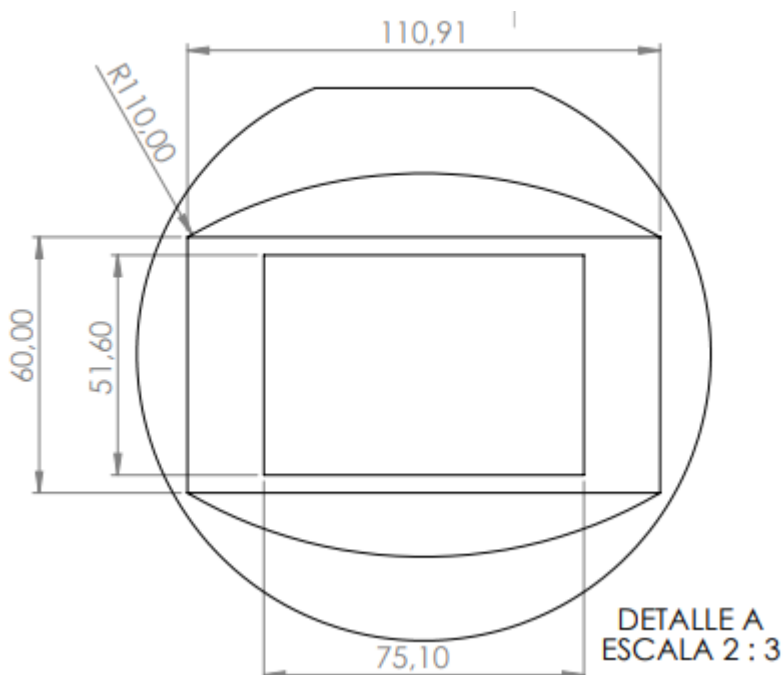


Figura 11. Vista frontal del casco superior

En la figura 11, se observa el resultado de los cálculos realizados a la vista frontal del casco superior. Esto, con el fin de obtener las dimensiones exactas para la pantalla táctil.

4.2.1.3. Determinación de la ubicación del sensor de movimiento

Para determinar la ubicación e instalación de los sensores de movimientos, se tomó en cuenta los siguientes aspectos dimensionales del sensor. Las dimensiones del sensor y el ángulo de detención de movimiento, los resultados obtenidos se muestran a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 20. *Determinación de los sensores de movimiento necesarios para la máquina*

Variable	Dimensión (mm)	Fórmula
Ángulo de incidencia (grados)	360	$N_s = \frac{A_i}{R_d}$
Rango de detención (grados)	110	
Números de sensores	3,27	
Altura (mm)	24	$\text{área} = A \times L$
Longitud de la base (mm)	24	
Área (mm ²)	576	
Nota: Elaboración propia		

En la tabla 20, se observa los resultados obtenidos con respecto a cuantos sensores de movimiento HC-SR501 deben ser instalados como medida de protección en el funcionamiento del equipo. Se ha obtenido que son necesarios 3,27 sensores para cubrir los 360% de acción de desinfección que presenta la máquina, sin embargo, se decide instalar 4 sensores para cubrir los 360 grados necesarios, ubicando cada sensor con respecto a los siguientes en un ángulo de 90 grados.

Igualmente, se observó que el área a ser intervenida para la distribución del sensor se determina mediante la fórmula del área de un rectángulo teniendo en cuenta la altura y longitud de la base del sensor. Se aplicó la fórmula de área que es igual a la altura por la longitud de la base determinando que el valor de esta área para el soporte del sensor de movimiento tiene un valor de 576 mm².

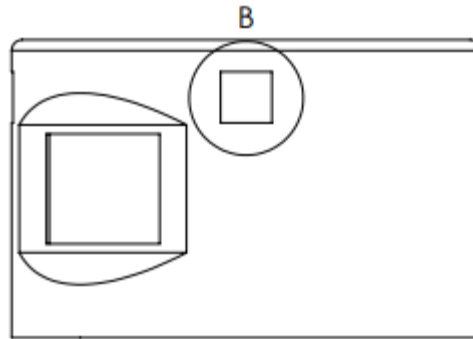


Figura 12. Ubicación de las bases de los sensores

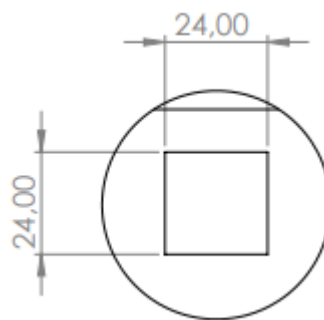


Figura 13. Dimensiones de las bases de los sensores

En la figura 12 y 13, se muestra la ubicación de cada una de las bases en donde son instalados cada uno de los sensores HC- SR501, el cual es el elemento de protección del proceso de esterilización del equipo diseñado. La protección al usuario al igual que cualquier otro individuo es primordial y de allí la necesidad que el equipo no esté en funcionamiento si hay presencia de algún ser humano.

4.2.1.4. Determinación de las dimensiones de la parte superior del equipo.

Para la determinación de las dimensiones de esta parte del equipo, se tomó en cuenta el número de elemento que van a hacer dispuestos dentro del mismo entre los que se encuentra la

pantalla táctil, la tarjeta Arduino, los sensores de movimiento, las tarjetas de los circuitos integrados. Los cálculos realizados se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 21. *Determinación de la tapa de la parte superior*

Variable	Dimensión (mm)	Fórmula
Altura (A) (mm)	140	
Longitud de la base (L) (mm)	220	
Área (mm ²)	30800	$\text{Área} = A \times L$
Nota: Elaboración propia		

En la tabla 21, se observa, los resultados obtenidos con respecto a la determinación de la cobertura de la parte superior de la máquina, Se tomó en cuenta la fórmula del cálculo de área mediante la fórmula del rectángulo. Tras la cual, se obtuvo que el valor del área de este elemento de la máquina esterilizadora es de 30800 mm², en donde se dispone todos los elementos anteriormente mencionados.

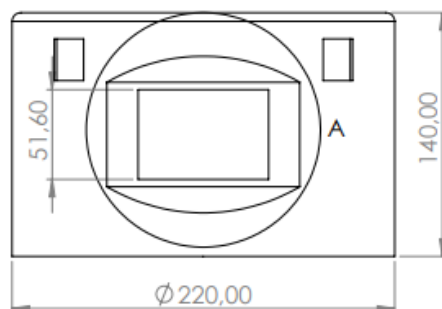


Figura 14. Vista frontal del casco superior

En la figura 14, se observa la determinación de las dimensiones plasmada de una vista frontal, la disposición tanto de la pantalla táctil como de dos orificios de los sensores que se han dispuesto. Igualmente, se representó las secciones de altura y longitud de base; que son necesarios para la disposición de los elementos de la máquina esterilizadora.

4.2.1.5. Determinación de los diferentes cortes que lleva y pestañas de la parte superior de la máquina.

Se determinó que los cortes y dobleces se deben llevar en esta parte del equipo. Se detalla a continuación a través de los cálculos realizados y representados en la siguiente tabla.

Tabla 22. Dimensiones de la porta pantalla.

Variable	Dimensión (mm)	Fórmula
Pestaña de soporte (mm)	5	
Profundidad de la porta pantalla	21	
Grado de inclinación (grados)	0,24	
Pestañas de soporte y porta sensor	10	

Nota: Elaboración propia

En la tabla 22, se observa las dimensiones que contiene los cortes de la porta pantalla táctil, al igual el valor de la pestaña de soporte en donde se apoya la tapa superior de este elemento. Se tomó aspectos como ángulo de visualización de la pantalla, sombra, zona seleccionada de visualización por el usuario, plano de trabajo, de donde se obtuvo los resultados mostrados.

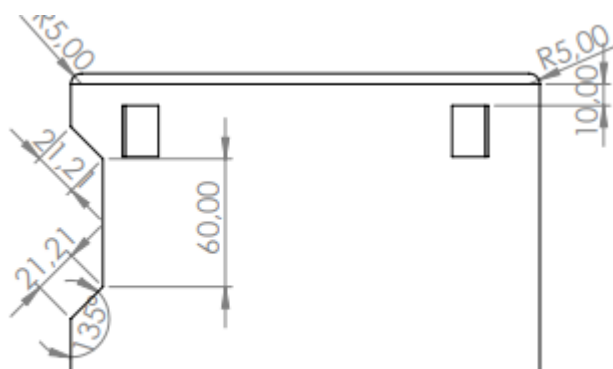


Figura 15. Cortes de la pared frontal de la porta pantalla

4.2.1.6. Diseño del casco de la parte superior de la máquina de esterilización

En la figura 15, se muestra la totalidad del diseño de la parte superior del casco de la máquina de esterilización diseñada. También, se muestra la construcción en su totalidad que incluye el sitio en donde se dispone a insertar la pantalla táctil junto con los sensores. Se aclara que el controlador arduino, se dispone anclar este directamente con la pantalla esto sirve como apoyo como se muestra a continuación en la figura 16.

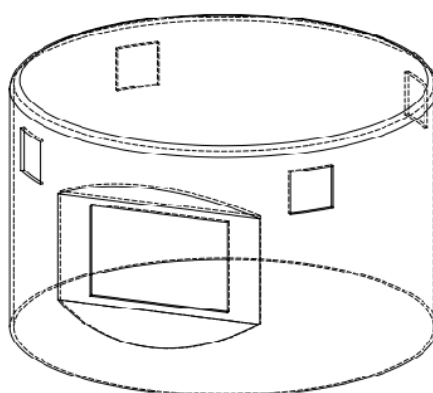


Figura 16. Cortes de la tapa superior

4.2.2. Cálculos realizados con respecto a los pilares de la máquina esterilizadora

El equipo cuenta con un soporte sólido que sostiene todos los elementos que la componen. Se diseñó la utilización de cinco soportes tubulares que sirven para delimitar el cuerpo del equipo. En la tabla que se muestra a continuación se incluye los cálculos y resultados que se obtuvo.

Tabla 23. Características del acero suministrado por el codirector

Elementos	Tipo 304	Tipo 316
Carbón	$\leq 0,08\%$	$\leq 0,08\%$
Manganeso	$\leq 2,00\%$	$\leq 2,00\%$
Silicio	$\leq 1,00\%$	$\leq 1,00\%$
Cromo	18%-20%	16%-18%

Níquel	8%-10,5%	10%-14%
Nota: Elaboración propia.		

Tabla 24. Características del acero suministrado por el codirector.

Variable	Acero 304	Acero304L
Resistencia a la atracción (Kg/mm ²)	50-70	50-65
Limite elástico (Kg/mm ²)	21	18
Dureza H Rb M'sx	88	88
Dureza Brinell Máx	183	183
Nota: Elaboración propia		

Las tablas 23 y 24, se observa las características que presenta algunos aceros que tomó en cuenta el codirector, por medio de las características descritas y la utilización del software de diseño se obtuvo el largo de los tubos que es de 1251.40 mm.



Figura 17. Dimensiones de los tubos soportes de la máquina

En la figura 17, se muestra las dimensiones del largo que tiene los tubos de acero que son los soportes de la máquina esterilizadora. A continuación, se muestra otros cálculos referentes a los tubos

Tabla 25. *Diámetro y perímetro de los tubos externos soportes de la máquina.*

Variable	Dimensión (mm)	Fórmula
Diámetro	18	
Perímetro (mm)	56,5	$P = D \times \pi$
Nota: Elaboración propia		

Según las características físicas del material seleccionado, y la dimensión del largo se calculó que el perímetro externo tiene un valor de 56.5 mm, se deduce al utilizar la fórmula de perímetro que es igual al diámetro por π como se muestra en la tabla 25.

Tabla 26. *Diámetro interno del tubo*

Variable	Dimensión (mm)	Fórmula
Diámetro	18	
Perímetro (mm)	56,5	$P = D \times \pi$
Nota: Elaboración propia		

En la tabla 26, se muestra los cálculos y resultados con respecto al diámetro interno del tubo seleccionado para pedestales exteriores, como se muestra en la figura siguiente

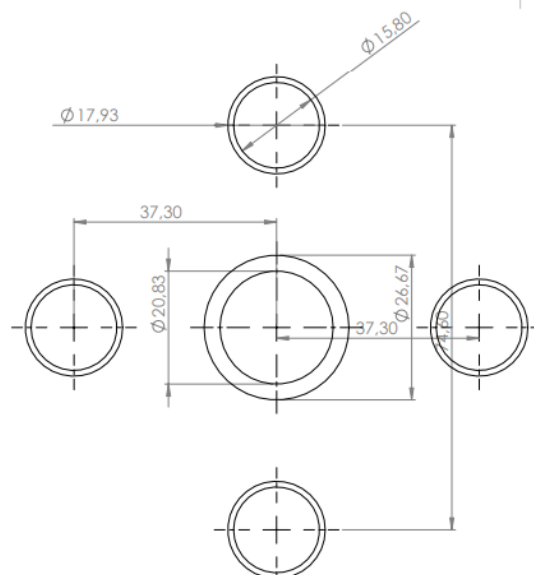


Figura18. Disposición del diámetro y áreas de los tubos de soporte

En la figura 18, muestra que aparte de los cuatros tubos exteriores se encuentra un tubo central el cual posee diámetros diferentes a los otros, estos cálculos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 27. Diámetro y perímetro del tubo central

Variable	Dimensión (mm)	Fórmula
Diámetro interno	20,83	
Diámetro externo	26,67	
Perímetro interno (mm)	65,44	
Perímetro externo (mm)	83,78	$P = D \times \pi$

Nota: Elaboración propia

En la tabla 27, muestra los resultados obtenidos con respecto al diámetro y perímetro del tubo central delimitado por el valor del perímetro interno de este es 65.44 mm, mientras que el diámetro externo obtuvo un valor de 83.79 mm.

4.2.3. Cálculos realizados con respecto a las agarraderas de la máquina esterilizadora

4.2.3.1. Cálculos de la agarradera

Con la finalidad de que la máquina cuente con un sistema de agarradera, se diseña esta pieza con forma de corona circular que se une a los tubos de soporte del quipo esterilizador con dos fines. Uno; tener un soporte mediante el cual el usuario traslade la máquina y segundo; brindar una mayor rigidez de soporte a la máquina.

Tabla 28. Cálculo del perímetro y área de la agarradera

Variable	Dimensión (mm)	Fórmula
Diámetro interno	205	
Diámetro externo	225	
Perímetro interno (mm)	644	
Perímetro externo (mm)	706,86	$P = D \times \pi$
Área de la agarradera (mm ²)	27017,76	$A = \pi \times (R^2 - r^2)$
Nota: Elaboración propia		

En la tabla 28, se observa los resultados con respecto a la determinación del perímetro y del área de la agarradera de la máquina esterilizadora. El perímetro interno obtuvo un valor de 644.028 mm, mientras que el perímetro externo obtuvo un valor de 706.86 mm, con respecto al área de la agarradera que alcanzó un valor de 27017.76 mm². Después, de todos los cálculos, se realizó el modelo de la agarradera como se muestra en la siguiente figura

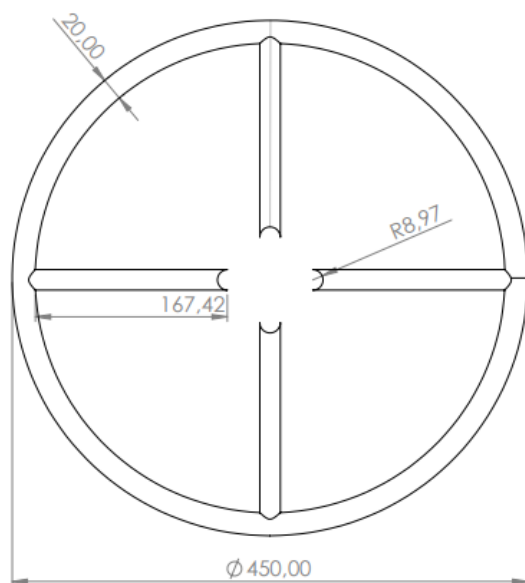


Figura 19. Diseño de la agarradera

En la figura 19, se observa el diseño realizado con respecto a la agarradera circular en donde se delimita el radio interno, el radio externo y el área de la corona que conforma la agarradera. La finalidad de este diseño es abarcar todos los aspectos correspondientes al elemento del equipo que es importante para su traslado.

4.2.3.2. Cálculos de las barras de la agarradera

Para la unión entre los pilares y la agarradera se diseñó cuatro barras que sirven como mecanismo de acople entre estos dos elementos de la máquina esterilizadora para brindar un mayor soporte y disponibilidad de traslados. Los cálculos realizados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 29. *Cálculo de las barras de la agarradera*

Variable	Dimensión (mm)	Fórmula
Radio (mm)	8,97	
Largo (mm)	430	
Área de la barra (mm ²)	108693,6	$A = \pi \times r^2 \times h$

Nota: Elaboración Propia

En la tabla 29, se observa los resultados obtenidos en el cálculo de las barras de la agarradera, en tal sentido se obtuvo que el área de la barra que une la manilla con los tubos de soporte tiene un valor de 108693,6 mm², las dimensiones de la barra se muestran a continuación en la figura 20.

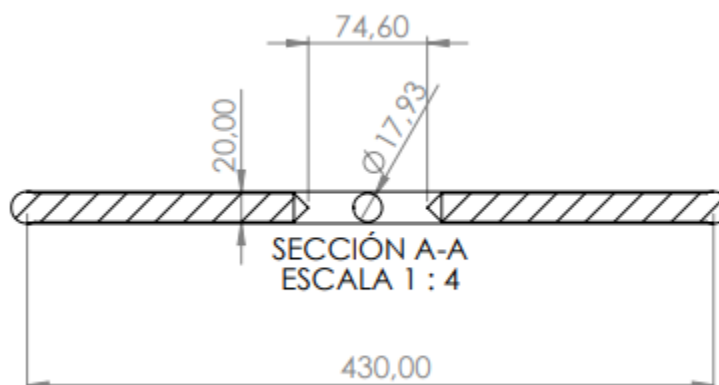


Figura 20. Dimensiones de diámetro sección transversal de las agarraderas

4.2.4. Cálculos realizados con respecto al casco inferior

Para conocer las dimensiones de la tapa inferior, la cual es la encargada de soportar y contener la mayor parte de los componentes de potencia y electrónicos se recolecta la información como son los perímetros internos y externos.

4.2.4.1. Perímetro Interno y externo de la tapa inferior

Para el diseño de la tapa inferior, se conoce tanto el perímetro interno como el perímetro externo, por el cual se utilizó la fórmula de área que es igual a la multiplicación entre el diámetro y el número π . A continuación, se denota los resultados obtenidos en la siguiente tabla.

Tabla 30. Cálculo perímetro interno y externo de la tapa inferior.

Variable	Dimensión (mm)	Fórmula
Diámetro interno (mm)	247	
Diámetro externo (mm)	430	
Perímetro interno (mm)	775,5	$P = D \times \pi$
Perímetro externo (mm)	1351	$P = D \times \pi$

Nota: Elaboración propia

En la tabla 30, se observa los cálculos realizados con respecto al perímetro de interno y externo de la tapa inferior del casco inferior de la base de soporte de la máquina esterilizadora. En este caso, se obtuvo que el diámetro interno tiene un valor de 775.5 mm, mientras que el diámetro externo tiene un valor de 1351 mm, dimensiones en las cuales se dispone los orificios en donde están instalados los tubos soportes del equipo esterilizador.

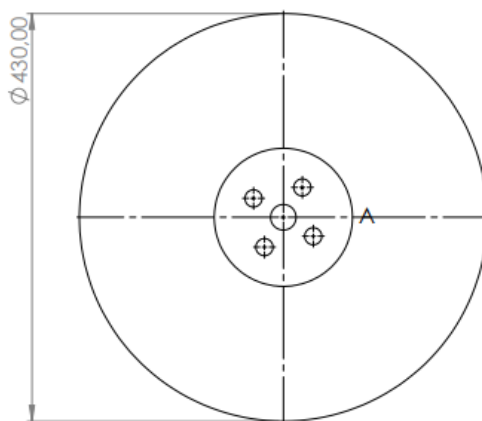


Figura 21. Dimensiones de las tapa del casco inferior

En la figura 21, se muestra el diseño de la forma y dimensiones de la tapa del casco inferior, mediante la aplicación del software seleccionado, la vista presentada se muestran las dimensiones del diámetro y ubicación de los orificios en donde están los diferentes soportes de los tubos pilares que soporta.

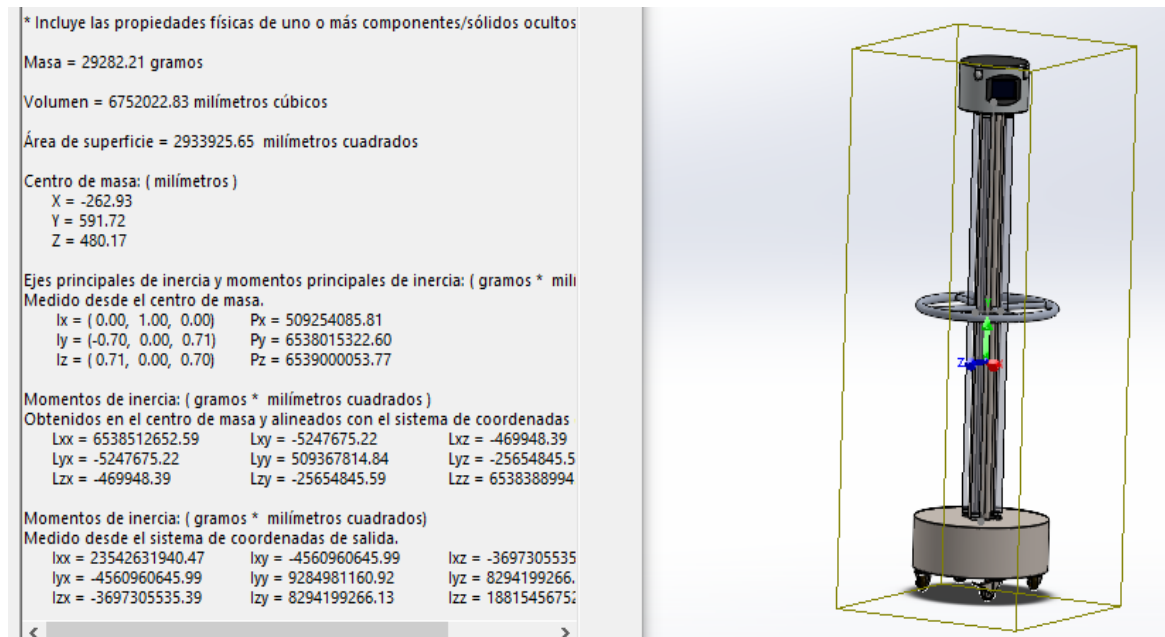


Figura 22. Cálculo del centro de masa del ensamble con el programa de SolidWorks.

Por último, en la figura 22, se observa que con el programa SolidWorks se realiza el cálculo del centro de masa, para ello, se tiene en cuenta el material de cada pieza del ensamble.

4.3. Construcción del equipo de esterilización haciendo uso de las partes o elementos previamente fabricados o adquiridos, para llevarlo a su estado de operación.

Para empezar con el desarrollo de este objetivo, se tuvo en cuenta el diseño realizado en el programa SolidWorks. Para eso, se realizó las partes mecánicas que es la estructura que soporta todo el sistema electrónico y eléctrico. También, se diseñan las piezas que conforman los

sistemas anteriormente mencionados. Estos últimos diseños, se realizó para dar soporte a la presentación virtual del equipo.

4.3.1. *Diseño de los elementos que conforman el ensamblaje.*

Para dar inicio a lo que fue el diseño completo del equipo y su posterior ensamblaje, se inició por recopilar la información de los elementos que componen los sistemas electrónicos y eléctricos. Estas piezas fue fundamental tener sus especificaciones en cuanto a tamaño, estos datos se obtuvieron dos formas. La primera; era mediante su ficha de datos la cual proporciona toda la información del elemento en particular y la segunda; fue por medio de la compra de los respectivos elementos a los cuales se les realizó la medida de todas las dimensiones.

4.3.1.1. Pantalla TFT táctil 3,5'.

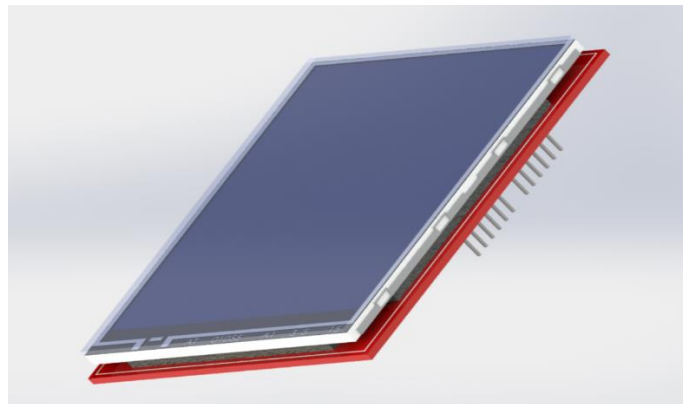


Figura 23. Diseño de la pantalla TFT táctil

En la figura 23, se muestra el modelado 3D de la pantalla táctil utilizada en el sistema de control del equipo de esterilización.

4.3.1.2. Socket anti vibraciones



Figura 24. Socket anti Vibraciones.

En la figura 24, se muestra el modelado 3D del socket que se utilizó para las lámparas germicidas.

4.3.1.3. Balasto 2X75W.



Figura 25. Balasto de la marca electrocontrol.

En la figura 25, se muestra el modelado del balasto utilizado en el equipo de esterilización.

4.3.1.4. Lámpara UV-C 75W

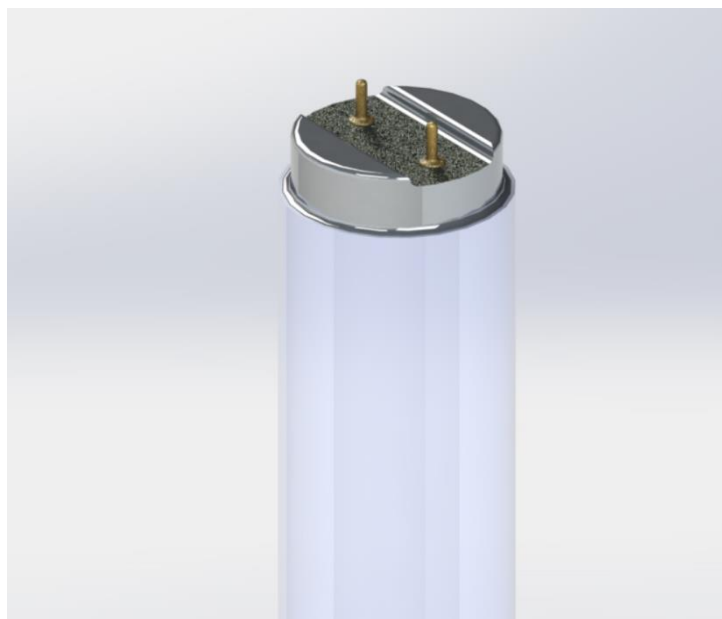
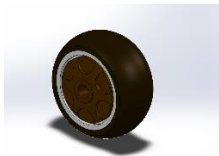



Figura 26. Lámpara UV-C marca phillips.

En la figura 26, se muestra el modelado en 3D de las lámparas UV-V de la marca phillips que se utilizo en sistema de esterilización.

4.3.1.5. Rodachina

Tabla 31. Paso de diseño y construcción del ensamblado de la rodachina

Paso de diseño y construcción del ensamblado de la rodachina.	
Para la el diseño y construcción de la rodachina se tuvo la pieza como tal para tomar las medidas correspondientes y plasmarlas en el SolidWorks.	<ul style="list-style-type: none"> • Rueda  • Diseño del chasis y freno de la rodachina  • Muestras de las piezas que seran porteriormente ensambladas.



- Ensamblaje completado, con las especificaciones correspondientes.



Nota: Programa solidwork, elaboración propia

En la tabla 31, se muestra el proceso de ensamblaje de la rodachina diseñado en el programa SolidWorks.

4.3.1.6. Interruptor ON/OFF de dos pines 125V/6^a



Figura 27. Interruptor On/Off de dos pines 125V/6

En la figura 27, se muestra el modelado del interruptor que se seleccionó para encender o apagar el equipo.

4.3.1.7. Conector IEC C14 macho

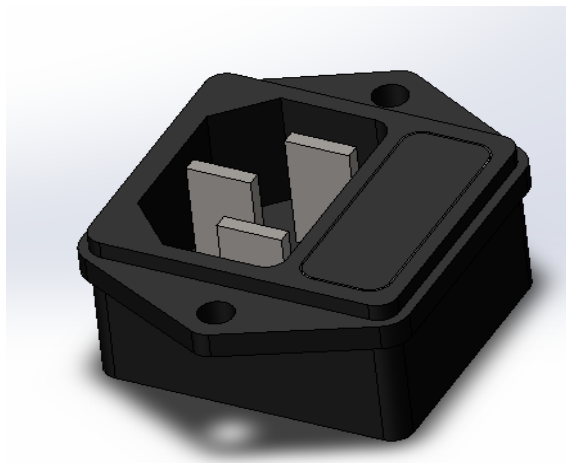


Figura 28. Conector IEC C14 macho

en la figura 28, se muestra el conector IEC C14 tipo macho utilizado para la alimentación del equipo.

4.3.1.8. Sensor pir hc-sr501

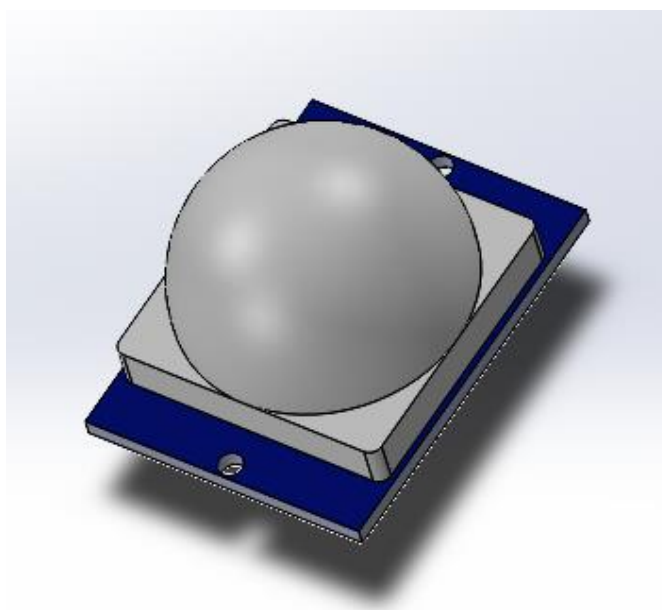


Figura 29. Sensor Pir HC-SR501

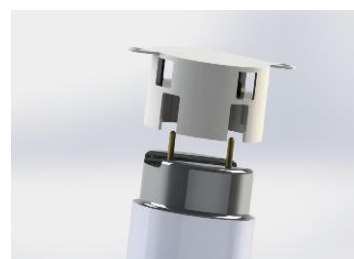
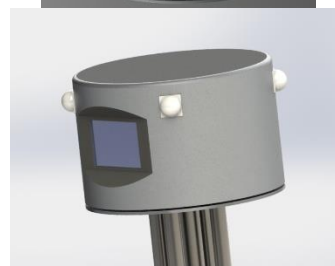
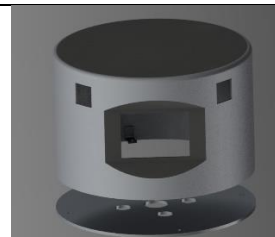
En la figura 29 se muestra el modelado del sensor que se utilizó en el sistema de seguridad del equipo.

4.3.1.9. Ensamblaje total

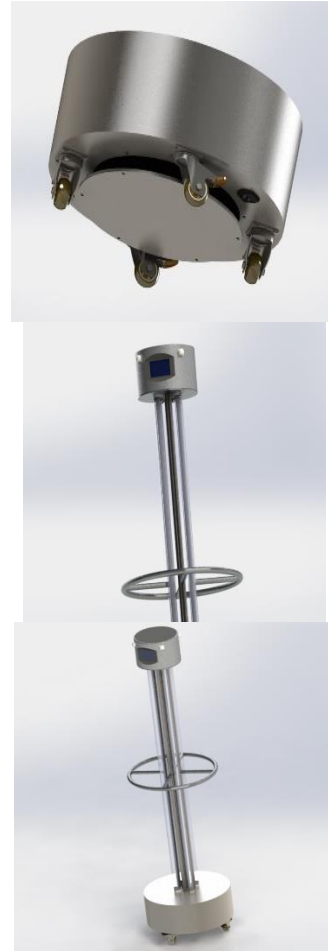
Tabla 32. *Piezas diseñadas para llevar a cabo el ensamblaje final*

Piezas diseñadas para llevar a cabo el ensamblaje final

- Figura de la parte superior del equipo, se observa los orificios correspondientes a la pantalla y los sensores entre otros
- Observa el ensamblaje de las piezas correspondientes que son, la pantalla y los sensores.
- En esta figura, se observa el ensamblado de las piezas realizadas en SolidWorks, como lo es la lámpara germicida y el socket.
- En esta figura se aprecia el ensamble de los 4 tubos con sus sockets y que van en el tubo central del equipo.
- En esta figura se aprecia al detalle cómo va el ensamblaje correspondiente a las lámparas germicidas y el tubo central.
- En la figura de la agarradera, se aprecia ensamblaje con los tubos de soporte que se ajustan después a la base inferior y superior.



- En la siguiente figura se muestra la base inferior con el ensamble tanto de las rodachinas como del conector y la tapa inferior de la base donde van los balastos.
- se aprecia el ensamble, tanto de la parte superior con sus elementos que van en la parte superior como la estructura de los tubos y la agarradera.
- Por último, se aprecia todo el ensamblado final, el cual lleva todo lo anteriormente mencionado.



Nota: Programa solidwork, elaboración propia.

En la tabla 32, se muestra el proceso del ensamble del equipo de esterilización diseñado en el programa SolidWorks

4.3.2. Secuencias del diagrama de conexiones de los elementos electrónicos.

A continuación, se muestra las conexiones de los elementos electrónicos y eléctricos con la tarjeta arduino ATmega 2560.

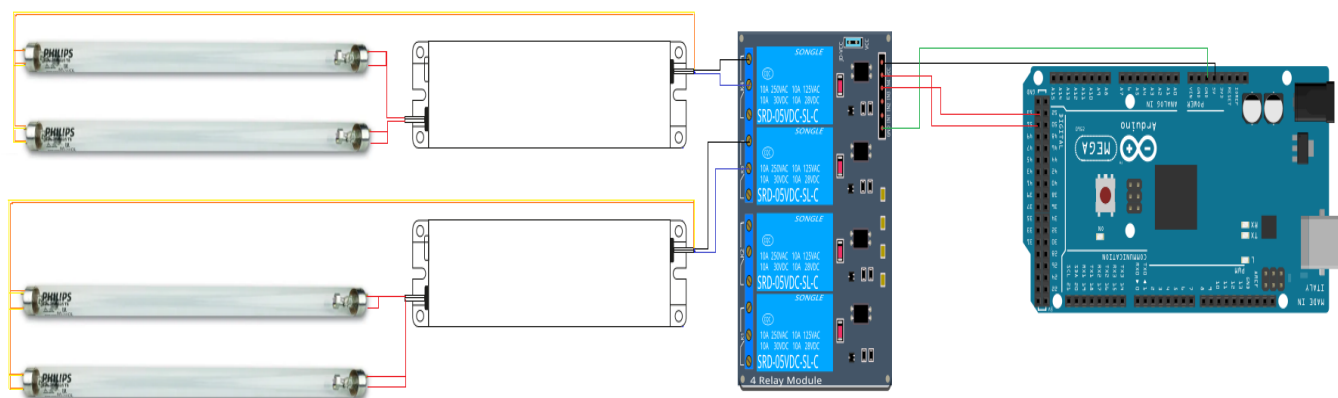


Figura 30. Conexión de la tarjeta arduino ATmega 2560 con el módulo relé, balasto y lámparas germicidas

En la figura 30, muestra el diagrama de conexión que se realiza con la tarjeta arduino y el módulo relé al igual la conexión que siguen los balastos junto con la salida de los relés

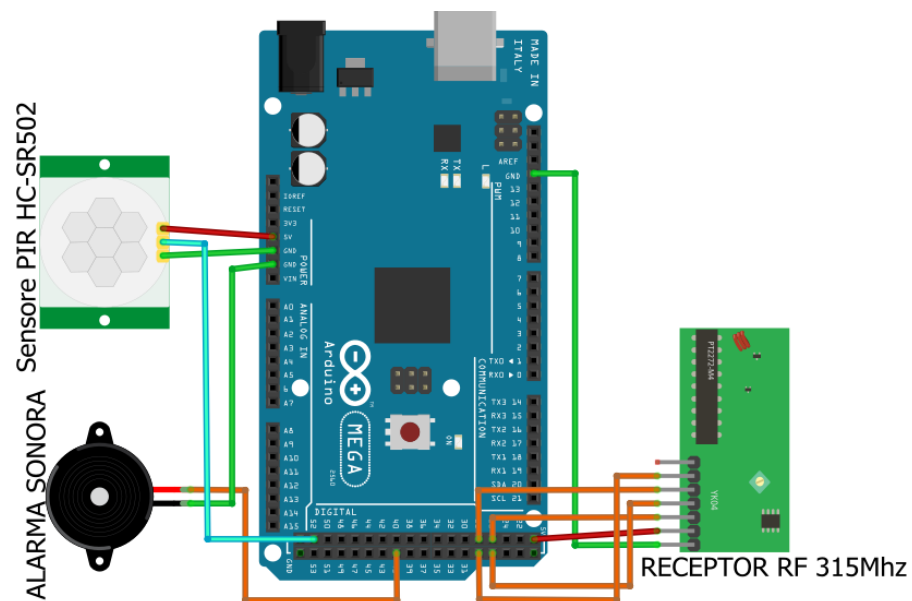


Figura 31. Conexión de arduino ATmega 2560 con el sensor infrarrojo, receptor RF y buzzer.

En la figura 31, se denota el diagrama de conexión de la tarjeta arduino basada en el

microcontrolador ATmega2560 con los elementos del sistema de seguridad (Sensor de movimiento y la alarma sonora) y el receptor del control a distancia. Este diagrama, se ajusta a las entradas/salidas declaradas en el código de programación.

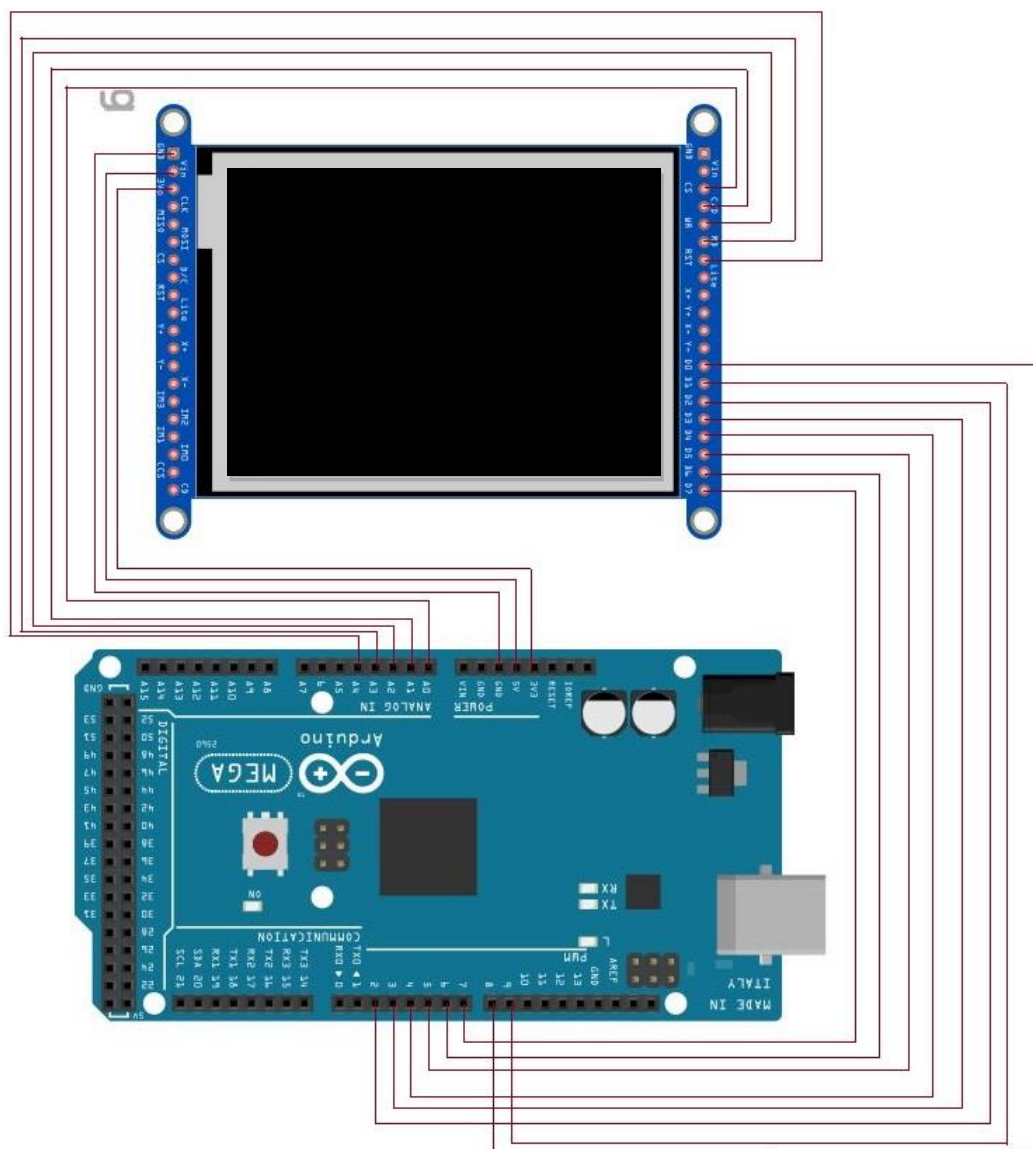


Figura 32. Diagrama de conexión de la tarjeta arduino ATmega con la pantalla LCD TFT táctil.

En la figura 32, muestra la conexión entre la tarjeta arduino y la pantalla. El diseño de los pines de conexión (pines macho) de la pantalla, se diseñó para encajar con los terminales

entrada/salidas digitales del arduino ATmega 2560, de este modo, brindó mayor ajuste y seguridad. Para finalizar, en la siguiente tabla se muestra el consumo por separado de cada elemento que se mostró en las figuras anteriores.

Tabla 33. *Consumos de corriente de los elementos conectados al arduino ATmega.*

Elemento	Corriente de funcionamiento
SHIELD DISPLAY LCD TFT 3.5" TÁCTIL	150mA
Sensor infrarrojo de movimiento PIR HC-SR501 x 4	<1mA por sensor, aproximadamente 4mA en total
RECEPTOR RADIOFRECUENCIA 315MHZ CON DECODIFICADOR PT2272-M4	4.5mA
Buzzer	1.4mA
Módulo Relé	15mA
Total	174.9mA

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 33, se muestra la corriente total que suministra el arduino ATmega 2560, por su terminal de alimentación Vcc es de 200mA. el consumo de los dispositivos conectados a la tarjeta, no superó la corriente suministrada por la misma tarjeta arduino. La corriente de funcionamiento de cada dispositivo, fue tomada de sus respectivas hojas de datos o dadas por el proveedor del producto.

4.4. Programación del microcontrolador Arduino para la máquina esterilizadora

La programación del microcontrolador Arduino seleccionado, es parte fundamental del desarrollo de la máquina esterilizadora. el algoritmo ejecuta cada uno de los procesos que la máquina realiza para toda la operación de desinfección. Se cuenta, mediante la programación con el acceso a tres rutinas de desinfección las cuales se establecen de la siguiente forma:

Si el área a desinfectar es igual o menor a 16 m^2 , el proceso tiene una duración de 3 minutos; si el área está constituida por 36 m^2 o menos la duración del proceso de esterilización tiene una duración de 5 minutos; si, por el contrario, el área a ser desinfectada está comprendida entre 37 m^2 a 64 m^2 se dispone de 10 minutos de aplicación de luz UV. Por lo tanto, es importante la descripción del algoritmo para el control, supervisión y ejecución de todos los procesos de esterilización.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo que representa el algoritmo que se desarrolló para la máquina esterilizadora:

declaración de las librerías. Esta acción se realiza para dar caracterización a cada una de las acciones que se llevan en la programación y así logre contar con todos los comandos que sean necesarios para llevar a cabo la ejecución, supervisión y control de cada una de las tareas que el equipo debe cumplir.

Las librerías utilizadas son las siguientes, EEPROM la cual realiza la escritura sobre los bits que posee el microcontrolador, determinando el acceso a todas las funciones que este posee. MCUFRIEND_kbv.h, permite la utilizar controladores de las pantallas táctil unos de los periféricos necesarios para el desarrollo efectivo del equipo de esterilización. Por último, la librería TouchScreen.h, que permite el acceso por medio del táctil de la pantalla a los diferentes menús creados.

Mediante la definición de las diferentes constantes dentro del algoritmo se logró establecer el medio, por el cual, se establece la comunicación entre el arduino y la pantalla táctil. Entre las contantes definidas en la programación se encuentran XP=6, XM=A2, YP=A1, YM=7. El establecer las constantes anteriores, se determina la conectividad de estos dos elementos principales del equipo diseñado, en donde se produce el enlace entre los pulsos realizados por el usuario en la pantalla y las diferentes rutinas y subrutinas grabadas en el microcontrolador.

Seguidamente, se determina la nomenclatura que permite establecer cada uno de los elementos que conforman todas las actividades ejecutadas en la máquina esterilizadora. Por lo cual, se ejecutó la declaración de las variables y así logró identificar cada una de las acciones establecidas. Las siguientes variables, definen los colores de la pantalla (#define BLACK 0x0000, #define BLUE 0x001F, #define RED 0xF800).

Otras de las variables como los son: (T1, T2, Lámparas, se, Psensores, botón, Aboton). hacen referencia tanto a elementos de salida (Relés) como los elementos de entrada (sensores, recuadros creados en la pantalla que dan acceso a los menús).

Luego, en el diagrama de flujo muestran las interacciones o posibilidades que tienen el operador del equipo concerniente a la pantalla principal. En esta se halla la siguiente información: (Seleccionar Tiempo-Información-Configuración). Si se elige la opción “seleccionar el tiempo”, esta abre otra pantalla en donde se despliega otro menú que muestra los minutos de desinfección correspondientes a cada área (3 min 16m², 5 min 36 m², 10 min 64 m²).

Si es seleccionado el menú de información, se despliega el menú en donde aparece la información de minutos restantes, minutos usados y la opción regresar. Las dos primeras; hacen mención al tiempo de operación de la máquina, el tercero ofrece la opción de redirigirse al menú principal. Si se selecciona la opción “configuración”, se despliega un menú en donde están las opciones de activar o desactivar los sensores o regresar a la anterior pantalla. La opción de activar o desactivar los sensores, se utiliza como alternativa en casos específicos.

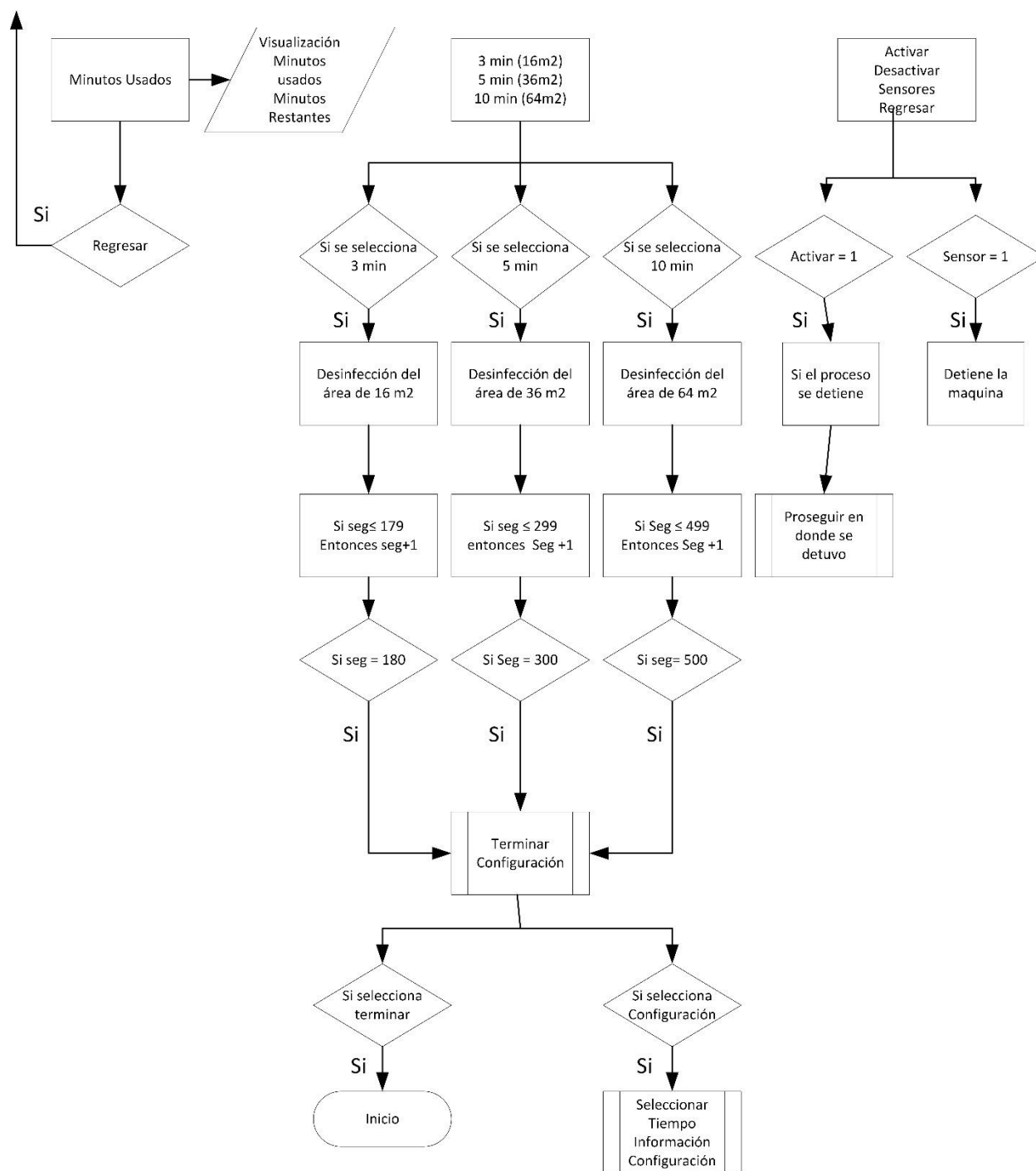


Figura 34. Proceso de esterilización según el área a desinfectar

En la figura 34, se muestra la ejecución de los procedimientos que se siguen con respecto a la selección del tiempo y área a desinfectar, haciendo uso de comandos propios de la librería utilizada en el microcontrolador.

La primera rutina declarada, es la opción de 3 minutos que corresponde a 16m^2 por lo cual, el programa pasa a ejecutar un proceso en donde activa el conteo en la variable seg (abreviatura de segundo) de manera incremental y realiza la pregunta de si seg es menor o igual que (\leq) 179; entonces, siga contando si el segundo es mayor que dicho valor, esto concluye el proceso de desinfección. Si el operador selecciona la opción de 5 minutos que corresponde a 32m^2 , ahora la rutina se comporta de la misma forma de la anterior, pero realizando la siguiente pregunta si seg es menor o igual (\leq) 299; entonces, siga el conteo si seg es mayor que ($>$) a dicha cifra, pasa a la pantalla que muestra “Terminar”. Finalmente, si es seleccionada la opción de 10 minutos que corresponde a 64m^2 , la cual sigue el mismo procedimiento de las anteriores rutinas, pero mediante la siguiente interrogante si seg es menor o igual que (\leq) 499 siga el conteo y si seg es mayor que ($>$) a la cifra presentada entonces se dirige a la pantalla que muestra “terminar”.

Con respecto a la parte B del diagrama de flujo, muestra la opción de información. El procedimiento que se ejecuta es solamente de observación, o sea, cuantos minutos han transcurrido y cuantos restan, al igual cuenta con la opción de regresar al menú principal. Finalmente, se muestra el diagrama de flujo con respecto a la activación o no de los sensores infrarrojos que hacen parte del sistema de seguridad que garantiza la salud de las personas a no exponerse a los rayos UV-C.

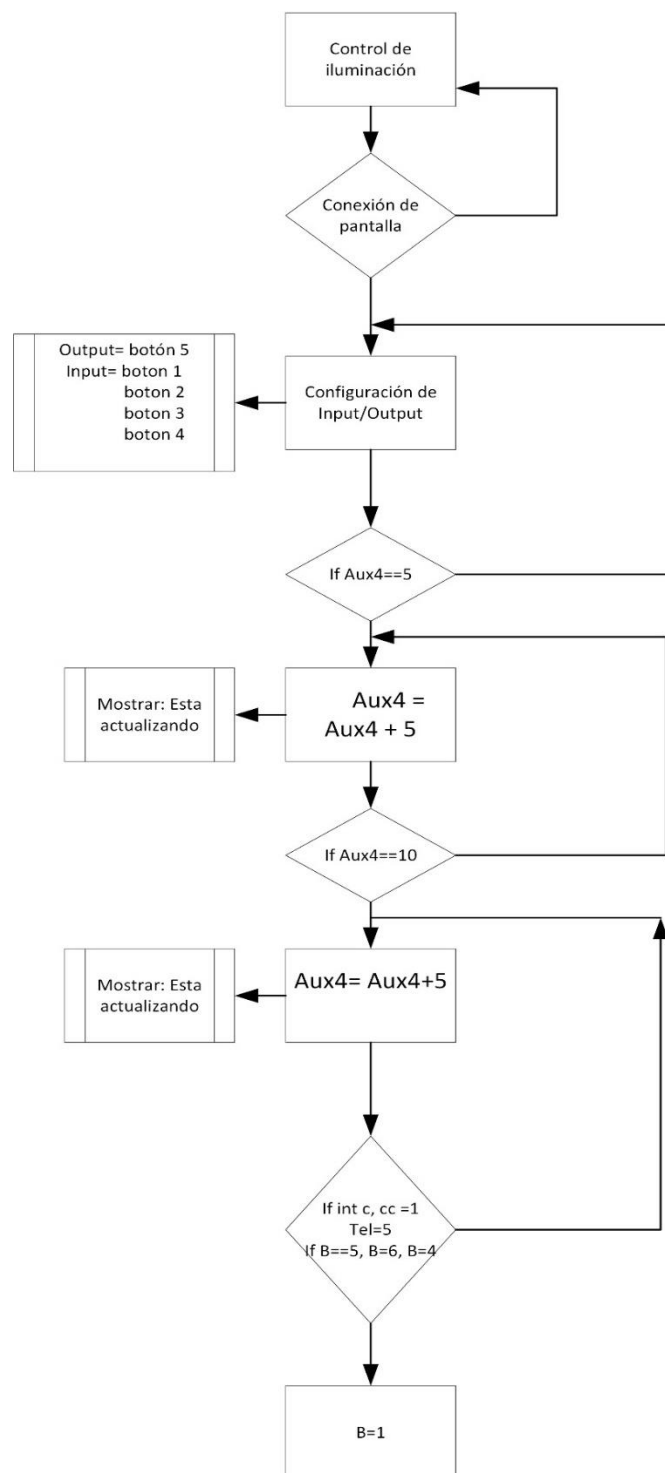


Figura 35. Diagrama de flujo de la activación y desactivación de la pantalla

En la figura 35, se muestra el diagrama de flujo correspondiente a la activación o desactivación de la pantalla, cuyo proceso consiste en la verificación del alto botón= 5 este corresponde a la conexión efectiva entre la pantalla y el microcontrolador. Es por ello, que se utiliza el comando “tft.readID” el cual realiza la lectura de la ID de la pantalla para su verificación y compatibilidad con la tarjeta arduino. La función “tft.begin” permite comprobar la veracidad de ID percibida y la codifica para su utilización. La tft.fillRect” cumple la tarea de generar un rectángulo solido en la pantalla en donde se pueda plasmar toda la información.

De la misma forma, se usó la función “tft.setCursor”, esta posiciona el curso en el punto inicial de la coordenada descrita en la programación. también se utilizó la función “tft.setTextColor” que brinda la cualidad de agregar color al texto que se escribe en pantalla. La función “tft.print”, establece el texto que se quiere mostrar en la pantalla, en este mismo, se utiliza otras funciones que aprovechan las prestaciones que posee la pantalla seleccionada.

Al establecer la conexión entre el microcontrolador y la pantalla se verifica que Aux4= 5 para dar comienzo al intercambio de bits entre los dos elementos hasta el momento que Aux4= 10 pasa a ejecución del siguiente proceso que es la actualización del sistema para verifica si C=1, CC=1, Tel=5, B=5, B=4, B=6, cuando todas estas condiciones se cumplan, la condición cambia a B= 1 y deja al sistema listo para proseguir su ejecución.

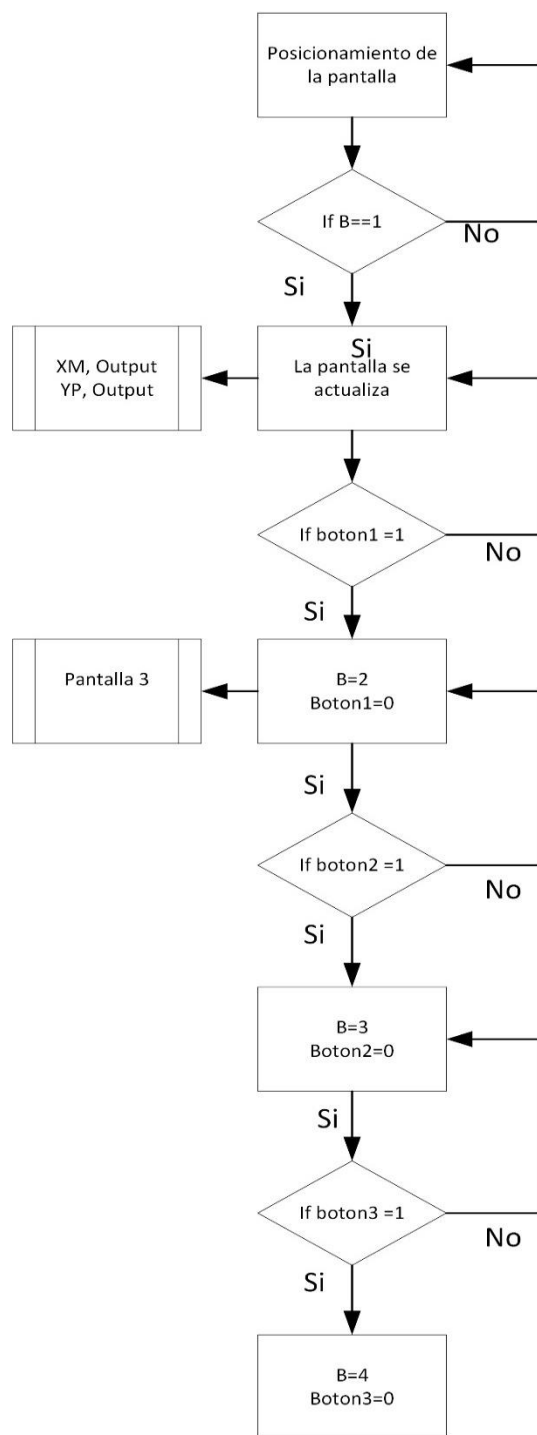


Figura 36. Proceso de posicionamiento de coordenadas en la pantalla

En la figura 36, muestra el posicionamiento de la pantalla mediante coordenadas en donde va la información o la creación de algún acceso a la ejecución de procesos del algoritmo

desarrollado para el equipo. En tal sentido, se utiliza varias funciones; una de ellas es “tft.pushColors”, esta permite dibujar una imagen cuadrada sin necesidad de tener que rellenar pixel por pixel. Esta función se utilizó para la creación de las diferentes imágenes mostradas en pantalla. La función “tft.setAddrWindow”, utiliza la creación de rectángulos que se muestran en pantalla haciendo uso de las coordenadas establecidas. La función “tft.setRotation”, permite hacer rotaciones en los grados de la pantalla. Los grados a los que la pantalla rota son 0°, 90°, 180° y 270° y su sintaxis en el código son 0, 1, 2 y 3 respectivamente.

El posicionamiento en pantalla se lleva a cabo por las funciones antes descritas y la demarcación de las coordenadas respectivas de posición tanto para el eje X como para el eje Y. Todo comienza si B=1 entonces, la pantalla se actualiza y queda disponible para recibir las coordenadas que correspondan. Luego, verifica si la variable pasa por el incremento respectivo inferido por las funciones antes descritas hasta que llegue a completar la tarea indicada y así realice el cambio B=0.

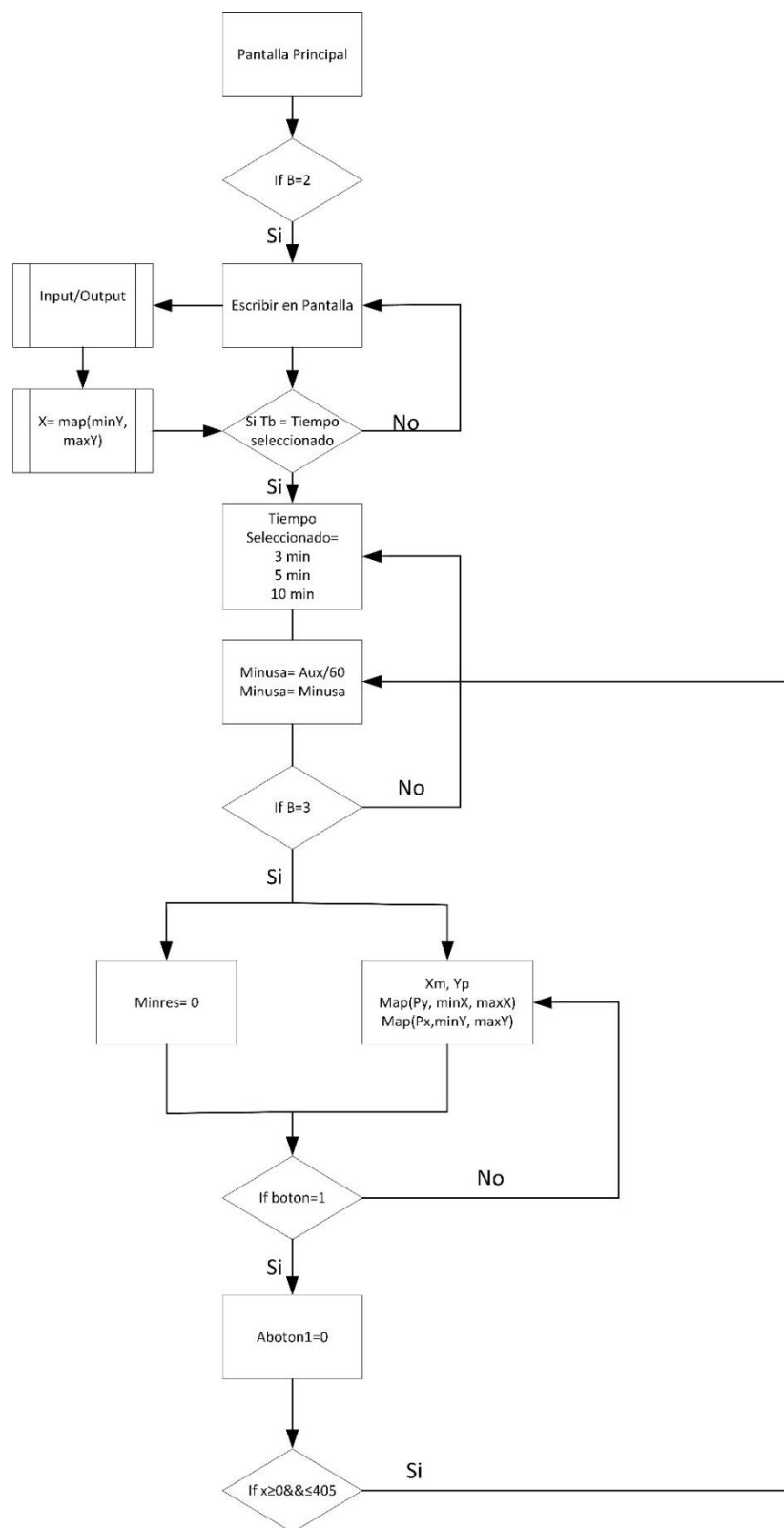


Figura 37. Ejecución de los procesos de activación y desactivación de los dispositivos de la máquina

En la figura 37, muestra el diagrama de flujo correspondiente al posicionamiento que se lleva a cabo en la pantalla principal. Este comienza si B=2 entonces, la pantalla esta lista para escribir lo que se indique por medio de las coordenadas X, Y. Tal tarea utiliza varias funciones, una de ellas, es Serial.begin que permite transmitir datos de forma serial entre el microcontrolador y la pantalla. La función “pinMode”, permite configurar los pines de la tarjeta arduino como entrada o salida.

Luego se hizo uso la función “EEPROM.write” la cual permitió escribir de 0 a 255 bits, para lograrlo se utilizó las funciones “Map (PY, minX, MaxX) y Map (PX, minY, MaxY)” las cuales muestran los posicionamientos mínimos y máximos con respecto a las coordenadas X, Y en la pantalla. La función “EEPROM.put” permitió escribir cualquier tipo de dato u objeto en la memoria EEPROM del microcontrolador.

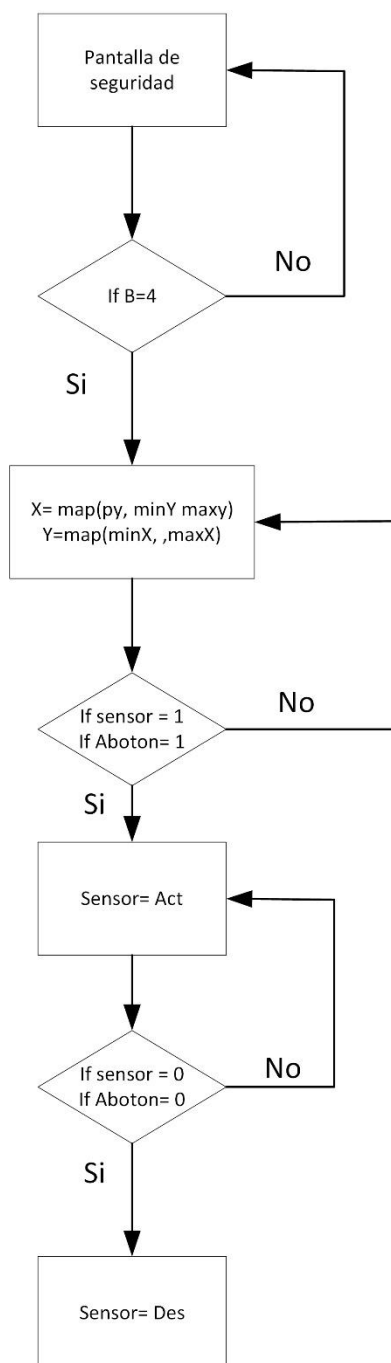


Figura 38. Activación de los sensores de proximidad

En la figura 38, se observa el diagrama de flujo que representa la activación de los sensores de proximidad instalados en el equipo. El primer paso que se lleva a cabo, es verificar si

B= 4 lo que indica que el dispositivo comienza su labor de esterilización. Luego, pasa a la delimitación del posicionamiento de la pantalla que permite mostrar el acceso a la activación o desactivación de los sensores. Este procedimiento, se realiza con la función Map la cual permitió realizar una comparación de las variables de entradas con las establecidas en programación.

Así pues, se concreta en el diagrama de flujo la siguiente tarea: si “sensor=1” y “Aboton = 1” entonces en pantalla se muestra “sensor= Act”, mientras si “sensor=0” y “Aboton = 0” se muestra “sensor= Des”, por lo tanto, para que el sistema entre en funcionamiento es necesario que los sensores se encuentren activos para garantizar la integridad del operario y de cualquier ser vivo que sea expuesto a la radiación.

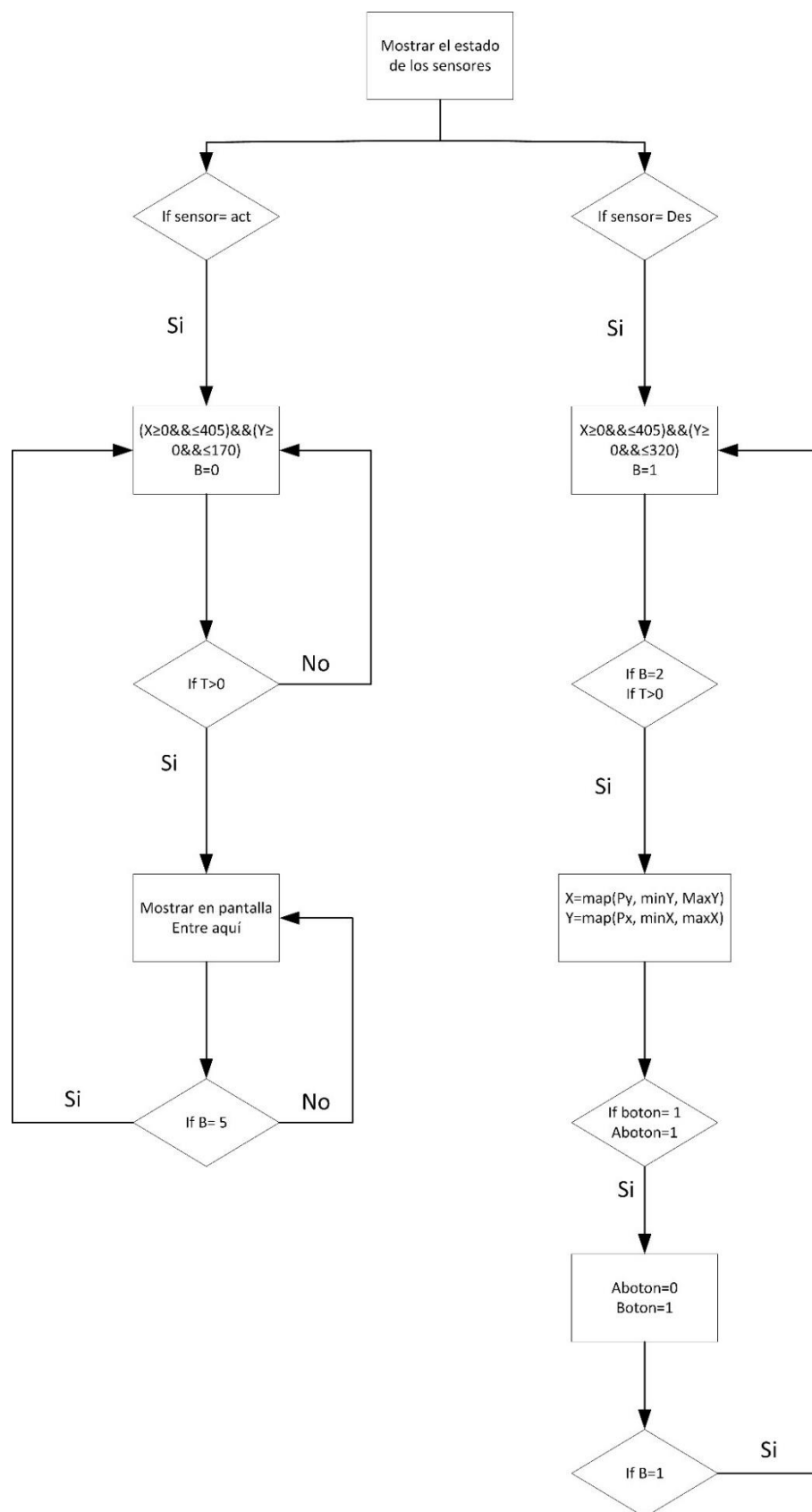


Figura 39. Activación y desactivación de los sensores

En la figura 39, muestra el funcionamiento de la activación o desactivación de los sensores de proximidad instalados en el equipo, si se muestra en pantalla “sensor Act” se entiende que su activación se realizó conforme con lo establecido en la programación.

Ahora bien, si el sensor se desactiva manualmente, el mensaje cambia a “sensor= Des” esto permite que el equipo no detenga el proceso de esterilización.

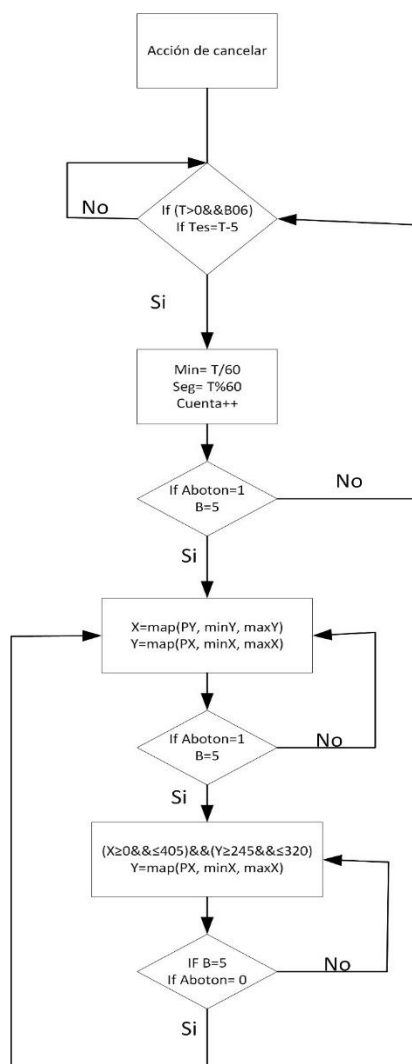


Figura 40. Desactivación de la máquina a través de los sensores

En la figura 40, se observa que la desactivación del equipo a través de los sensores de proximidad se produce si $T > 0 \&\& \leq \text{Tiempo Seleccionado}$, entonces $\text{Min} = T/60$ o $\text{Seg}/60$ y la $\text{conta}++$ debe estar en curso para que el sensor se desactive. Todo esto, debido a que se ha hecho el llamado para hacer cualquiera de las secuencias programadas y mostradas anteriormente (3 min 16 m², 5 min 36 m², 64 m²) para la acción de esterilización.

En el caso si “Aboton=1” y “B=5” entonces entra en contesto el proceso $X \geq 0 \&\& X \leq 405$ & $Y \geq 0 \&\& \leq 320$ hasta que Si B=5 y botón =0 entonces se debe detener el procedimiento por que se detectó presencia.

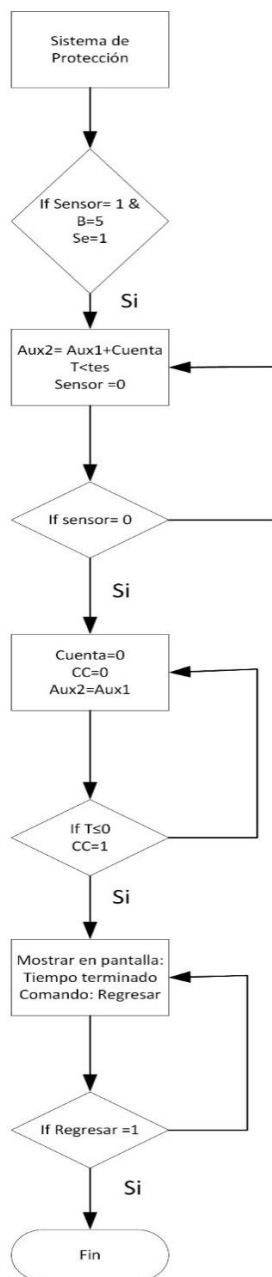


Figura 41. Culminación del proceso de desinfección

En la figura 41, se muestra el diagrama de flujo correspondiente al sistema de protección a usuarios y operadores. Se verifica si “sensor = 1”, B=5”, “se=1”, entonces “Aux2= Aux1+5” por lo tanto “cuenta++” comienza a incrementarse y da la señal de que el sistema está en funcionamiento, sin embargo, hay que tener en cuenta que si $T \leq 0$ y “cc=1” es porque el tiempo

seleccionado a terminado, por lo que el equipo se detuvo al culminar su tarea y no porque detecto presencia.

4.4.1. *Pantalla del Menú principal*


CONECTARCO	
Seleccionar tiempo	1
información	2
configuración	3

Figura 42. Menú de la pantalla principal

En la figura 42, se muestra características principales que es el nombre de la empresa y el logotipo. También, cuenta con tres modos de selección, esta selección se realiza mediante el control remoto como por su función táctil.

4.4.2. *Pantalla de Selección de tiempos*

Con la selección de tiempo, se despliega la pantalla que brinda la información de los tiempos de trabajo del equipo respecto a las áreas a desinfectar.

3min (16m ²)	1
5min (36m ²)	2
10min (64m ²)	3
Regresar	4

Figura 43. Selección del tiempo y el área de esterilización

En la figura 43, muestra las 4 opciones de uso, las tres primeras para seleccionar el tiempo y la 4ta para regresar al menú principal. Después, de seleccionar uno de los tres tiempos nos dirige a la pantalla de inicialización de la esterilización.

4.4.3. Pantalla de inicialización de la esterilización

CONNECTARCO	
0:15	
Cancelar	1

Figura 44. Tiempo de desalojo del area a ser esterilizada

La figura 44, muestra la pantalla donde transcurre el tiempo de trabajo, ella cuenta con un tiempo estimado de 15 segundos, esto con el fin de tener un tiempo para abandonar el recinto que

será esterilizado. A su vez, cuenta con la opción de cancelar, que si se selecciona se dirige a la pantalla de selección de tiempos. Ahora bien, si se deja pasar este tiempo de espera, ella finaliza su tarea y muestra otra pantalla donde muestra el mensaje de “terminado”.

4.4.4. Pantalla de operación.

La pantalla de operación, es la que indica en tiempo real, de forma regresiva, el tiempo que transcurre para la desinfección, cabe resaltar, que el equipo está trabajando y no se puede ingresar al lugar, pero si los sensores son activados o, por el contrario, se necesita ingresar al lugar y se selecciona la opción pausar, esta me despliega otras pantallas como se muestra en la figura 45.



Figura 45. Pantalla de tiempo de operación

4.4.5. Pantalla de pausado manualmente y pantalla de pausado por sensor

0:08 Pausado		0:08 Pausado por sensor	
Reanudar	1	Reanudar	1
Terminar	2	Terminar	2
Configuración	3	configuración	3

Figura 46. Pantalla pausada manualmente y pantalla pausada por sensor

En la figura 46, muestra los dos tipos de pausado. La pantalla que solo sale el mensaje “Pausado” se realiza por medio del control remoto y la pantalla que muestra el mensaje “pausado por sensor” se despliega al activar el sensor

4.4.6. Pantalla de información

Continuando con la secuencia de la pantalla del menú principal, la segunda opción de esta, es la de brindar la información que se guarda del trabajo.


CONECTARCO		
Minutos usados	XXX ~~~~~	
Minutos Restantes	XXX ~~~~~	
Área aproximada esterilizada (m ²)	XXX ~~~~~	
Regresar	1	

Figura 47. Información del tiempo

La figura 47, posee 3 filas que revela la información del equipo. La primera fila; son los minutos de uso del equipo. la segunda fila; son los minutos restantes que le quedan a las lámparas de esterilización. Y por último, la tercera fila; es la información del área que ha sido desinfectada.

4.4.7. Pantalla de activación y de desactivación de los sensores



CONECTARCO		CONECTARCO	
Activar/Desactivar Sensores	1	Activar/Desactivar Sensores	1
Sensores	Act.	Sensores	Des.
Regresar	2	Regresar	2

Figura 48. Pantalla de activación y desactivación de los sensores

En la figura 48, se muestra las pantallas que se despliegan y que muestra el proceso de activación o desactivación.

4.4.8. Pantalla de tiempo terminado



Figura 49. Pantalla de tiempo terminado.

En la figura 49, se muestra la pantalla de tiempo terminado que se despliega una vez el proceso de esterilización finaliza.

4.4.9. Bibliotecas utilizadas

- EEPROM.h.

Esta biblioteca permite leer y escribir sobre los bytes que posee el microcontrolador arduino.

- MCUFRIEND_kbv.h.

Esta biblioteca permite controladores de protectores de pantalla MCFRIEND arduino.

- TouchScreen.h.

Esta biblioteca permite visualizar todo en pantalla al igual que facilita la configuración del táctil.

4.4.10. Funciones implementadas en el desarrollo del código

- Const int: Me define una variable con un valor en específico suministrado por el programador.

- **Int:** Es un tipo de datos que almacena valores numéricos enteros de 16bits pero que no sean decimales. Su rango aproximado es de 32,767 hasta -32,767
- **Progmem:** Esta función es utilizada con frecuencia para que los datos que se generan sean almacenados en la memoria flash del arduino y no en la sram esto con el fin de ahorrar espacio en la misma.
- **uint16_t:** Es un tipo de dato de entero de tamaño fijo que almacena valores hasta 16bits de ancho.
- **Long:** es una variable que almacena valores enteros (positivos y negativos) sin decimales, su capacidad es de 4bytes.

4.4.11. Ejecución de la pantalla LCD

- **Tft.readID:** función que lee la ID de la pantalla y la coloca en la variable ID.
- **Tft.begin:** Es la función que identifica la ID de la pantalla LCD y luego la prepara para que funcione.
- **tft.fillRect:** esta función de la pantalla TFT dibuja un rectángulo sólido, se realiza agregando las coordenadas, el ancho y el largo del rectángulo y por último el color. A continuación, se muestra la tabla de los parámetros y la sintaxis que debe llevarse a cabo como se muestra en la tabla 34.

Tabla 34. *Funciones en el microcontrolador arduino*

Sintaxis	Parámetros
tft.fillRect([x, [y, [w, [h, [color);	x : coordenada x del punto de inicio y : coordenada y del punto de inicio w: la longitud del cuadrado h : el ancho del cuadrado color: el color del cuadrado
Fuente: https://wiki.microduinoinc.com	

- `tft.drawRect`: Esta función permite dibujar un contorno cuadrado en la pantalla TFT. a continuación, se muestra en la tabla 35 su sintaxis.

Tabla 35. *Funciones en el microcontrolador arduino*

Sintaxis	Parámetros
<code>tft.drawRect([x, [y, [w, [h, [color);</code>	x : coordenada x del punto de inicio y : y coordenada del punto de inicio w: la longitud del cuadrado h : el ancho del cuadrado color: el color del cuadrado
Fuente: https://wiki.microduinoinc.com	

- `tft.setCursor`: La función permite establecer las coordenadas del punto de inicio de la impresión de textos en la pantalla TFT a utilizar como se muestra en la tabla 36.

Tabla 36. *Funciones en el microcontrolador arduino*

Sintaxis	Parámetros
<code>tft.setCursor([x, [y);</code>	x : coordenada x del punto de inicio y : y coordenada del punto de inicio
Fuente: https://wiki.microduinoinc.com	

- `tft.setTextColor`: esta función permite agregar color al texto impreso en la pantalla TFT. A continuación, se muestra en la tabla 37 su sintaxis.

Tabla 37. *Funciones en el microcontrolador arduino*

Sintaxis	Parámetros
<code>tft.setCursor(Color a utilizar);</code>	Dentro del paréntesis se utiliza los colores que permite leer la pantalla.
Fuente: https://wiki.microduinoinc.com	

- `tft.setTextSize`: Con la presente función se establece el tamaño de las letras impresas en la pantalla TFT.

- `tft.print`: Establece el contenido del texto impreso en la pantalla TFT. A continuación, se muestra en la tabla 38 su sintaxis.

Tabla 38. *Funciones en el microcontrolador arduino*

Sintaxis	Parámetros
<code>tft.println(" ");</code>	Dentro del paréntesis se escribe la palabra a mostrar encerrada en comillas dobles.
Fuente: https://wiki.microduinoinc.com	

- `tft.pushColors`: Esta función permite dibujar una imagen cuadrada sin necesidad de rellenar de color pixel por pixel.
- `tft.setAddrWindow`: Esta función establece una ventana rectangular en las coordenadas que describa dentro de sus paréntesis.
- `void setup`: Es una de las funciones principales dentro del programa arduino, en este caso el `void setup` da indicaciones de que, al momento de ejecutar el programa, todo lo que comprende dentro de su dominio, es decir, dentro de sus corchetes es ejecutado sólo una vez.
- `digitalWrite`: La función sirve para escribir el pin digital correspondiente al nivel alto y bajo del pin.
- `tft.setRotation`: Esta función permite rotar textos, imágenes o dibujos proyectados en la pantalla. Se puede rotar a 0°, 90°, 180° y 270° y los parámetros son 0,1,2 y 3 como se muestra en la tabla 39.

Tabla 39. *Funciones en el microcontrolador arduino*

Sintaxis	Parámetros
<code>tft.setRotation(--);</code>	Dentro del paréntesis escribe el número a mostrar encerrada en comillas. 0°=0 90°=1 180°=2 270°=3
Fuente: https://learn.adafruit.com	

- `Serial.begin`: La función establece una comunicación en serie entre la tarjeta arduino y otro dispositivo cuando se necesita enviar información mediante una comunicación serial.
- `pinMode`: Permite configurar cualquier pin de la tarjeta arduino como entrada o salida.
- `EEPROM.write`: Esta función permite escribir en la EEPROM de la tarjeta arduino. La información a escribir es de 0 a 255 (byte). A continuación, se muestra en la tabla 40 su sintaxis.

Tabla 40. *Funciones en el microcontrolador arduino*

Sintaxis	Parámetros
<code>EEPROM.write(dirección, valor)</code>	<ul style="list-style-type: none"> • La dirección hace referencia a la ubicación en la que se quiere escribir. Se puede iniciar desde 0. • El valor va desde 0 a 255 (bytes).
Fuente: https://www.arduino.cc	

- `EEPROM.put`: Esta función de la EEPROM permite escribir cualquier tipo de dato u objeto en la EEPROM. A continuación, se muestra en la tabla 41 la sintaxis correspondiente.

Tabla 41. *Funciones en el microcontrolador arduino*

Sintaxis	Parámetros
<code>EEPROM.put (dirección, datos)</code>	<ul style="list-style-type: none"> • La dirección hace referencia a la ubicación en la que se quiere escribir. Se puede iniciar desde 0. • los datos a escribir, pueden ser de tipo primitivo (float) o una estructura personalizada (struct).
Fuente: https://www.arduino.cc	

- EEPROM.get: La función permite leer cualquier tipo de dato u objeto de la EEPROM. A continuación, se muestra en la tabla 42 la sintaxis correspondiente

Tabla 42. *Funciones en el microcontrolador arduino*

Sintaxis	Parámetros
EEPROM.get (dirección, datos)	<ul style="list-style-type: none"> • La dirección hace referencia a la ubicación en la que se quiere escribir. Se puede iniciar desde 0. • los datos a leer, pueden ser de tipo primitivo (float) o una estructura personalizada (struct).
Fuente: https://www.arduino.cc	

- EEPROM.read: Esta función permite leer un Byte que se ha almacenado en la EEPROM. A continuación, se muestra en la tabla 43 la sintaxis correspondiente

Tabla 43. *Funciones en el microcontrolador arduino*

Sintaxis	Parámetros
EEPROM.read(dirección)	<ul style="list-style-type: none"> • La dirección hace referencia a la ubicación en la memoria EEPROM la cual se desea leer.
Fuente: https://www.arduino.cc	

- Serial.println: Su principal función es imprimir datos en el puerto serie como texto ASCII que sea de fácil comprensión. Este comando, toma las mismas características que el Serial.print.
- ts.getPoint: Es la función que permite mostrar en el monitor serial del programa arduino las coordenadas donde se aplicó la presión en el táctil de la pantalla.

- Map: esta función, realiza una regla de tres en base a los valores que se le asigna y puede convertir el rango leído de una entrada analógica a valores que pueden ser de fácil comprensión (por ejemplo, en porcentajes).

Tabla 44. *Funciones en el microcontrolador arduino*

Sintaxis	Parámetros
map(variable, valmin, valmax, valmin_ob, valmax_ob)	<ul style="list-style-type: none"> • Variable: Es donde se va almacenar el valor que se quiere mapear. • Valmin: Valor mínimo que se obtiene de la variable. • Valmax: valor máximo que se obtiene de la variable. • Valmin_ob: Valor mínimo que se desea obtener del rango. • Valmax_ob: valor máximo que se desea obtener del rango.

Fuente: <https://www.arduino.cc>

en la tabla 44, se muestra la sintaxis que se lleva a cabo para la función MAP.

4.5. Verificación del funcionamiento del equipo de esterilización a través de pruebas o evaluaciones a los sistemas o partes que lo componen.

La secuencia lógica de las actividades propuestas fue tomada como guía para darle solución al objetivo en cuestión. En primer lugar, se tomó como base el funcionamiento requerido del equipo, y así posteriormente, compararlo con lo que sucede en la realidad.

Actividades propuestas asociadas al desarrollo del objetivo 5:

1. Realizar el diseño de evaluaciones y pruebas para el equipo.
2. Verificar que el equipo cumple con lo requerido.
3. Presentar las conclusiones del proyecto.

La secuencia lógica de las actividades propuestas fue tomada como guía para darle solución al objetivo en cuestión, pero no se realizó al pie de la letra.

Con el propósito de facilitar la comprensión de esta sección del libro, se define algunos conceptos, creados por los investigadores, estos son:

- **Tiempo de seguridad:** Es la cuenta regresiva que comienza automáticamente tras haber seleccionado un periodo de esterilización, se nombró como “de seguridad”, debido a que, en este lapso se espera que el usuario salga del área a ser esterilizada y evite exponerse a los rayos UV-C.
- **Menús:** Es la forma en como se hace referencia a la agrupación de opciones ofrecidas por el equipo, también se les llama “Pantallas”.
- **Tiempo de espera:** Es el tiempo que espera el equipo después de haber iniciado el periodo de desinfección, permite que el sistema de seguridad detenga la operación de las lámparas. Este tiempo no es visible para el usuario dado que se encuentra sólo en la programación.

En primer lugar, para darle desarrollo a este objetivo se tomó como base, el funcionamiento requerido del equipo y posteriormente comparar este con lo que sucede en la realidad.

4.5.1. Aspectos generales sobre el buen funcionamiento del equipo

- En esta sección se mencionan aspectos que se deben cumplir en repetidas ocasiones durante el funcionamiento del equipo.
- No se debe acceder a una interfaz o accionar una opción de configuración de forma involuntaria.
- Cada opción brindada por el equipo debe corresponder con la descripción de la misma, por ejemplo, al seleccionar la opción “configuración” no debe ir a otra pantalla o menú diferente.

- Al seleccionar la opción regresar, se debe ir a la pantalla inmediatamente anterior, excepto cuando el tiempo de esterilización ha terminado, en este caso se debe ir al menú general.
- El tiempo almacenado en la memoria EEPROM no se debe perder cuando se apague el equipo.

4.5.2. Correcto funcionamiento de las lámparas, la alarma sonora y los sensores

- Las lámparas solo deben encender mientras el tiempo de operación este transcurriendo.
- La alarma sonora se activa sólo cuando el equipo se pause de forma inesperada, es decir, cuando haga efecto el sistema de detección de presencia o cuando el tiempo de esterilización termine. Dado que, el proceso de esterilización se realiza de forma automática, es de esperar, que el usuario no esté pendiente de la finalización del tiempo mencionado.
- Los sensores sólo deben interferir en el funcionamiento del equipo mientras las lámparas estén encendidas y justo después de que el tiempo de espera finalice.

4.5.3. Aspectos a considerar sobre el buen funcionamiento de la pantalla de pausa

- La pantalla de pausa sólo se debe cargar cuando el tiempo de operación se detenga, tras haber seleccionado la opción pausar o por acción del sistema de detección de presencia.
- Esta pantalla debe mostrar la cuenta regresiva del tiempo de operación justo cuando sucede la pausa.
- Al acceder a esta pantalla, por la acción del sistema de seguridad se debe mostrar el mensaje: “Pausado por sensor”, si la pausa la realiza el usuario, simplemente debe mostrar: “Pausado”.

4.5.4. Correcto funcionamiento del equipo esterilizador en casos particulares

En esta sección se tiene en cuenta el comportamiento del equipo, en diferentes casos, se menciona cada opción que debe ser seleccionada por el usuario. Para que se cumpla con el propósito en cuestión, y lo que se espera suceda en cada caso, además de las acciones que debe llevar a cabo el equipo en respuesta a la configuración hecha por el usuario.

4.5.4.1. Realizar un periodo de esterilización:

- Accionar el interruptor de encendido: La primera pantalla que se debe mostrar es el menú general.
- Seleccionar un tiempo de esterilización: Después de seleccionar un tiempo de esterilización, lo que debe suceder, de forma automática, es lo siguiente:
 - Inicio del **tiempo de seguridad**, en caso de que se seleccione la opción “cancelar”, se debe volver al menú general.
 - Inicio del tiempo de esterilización: El tiempo seleccionado debe corresponder con el conteo regresivo.
 - Finalización del tiempo de esterilización: Se debe mostrar en pantalla el mensaje “Tiempo terminado”
- Seleccionar la opción regresar: Se debe volver al menú general.

4.5.4.2. Configurar el sistema de seguridad.

Predeterminadamente el sistema de seguridad debe estar activado.

La selección del usuario se debe guardar mientras este encendido el equipo, es decir, si el usuario decide desactivar el sistema de seguridad este debe permanecer así, hasta que sea activado por él nuevamente.

4.5.5. Verificación del buen funcionamiento del equipo y resultados

En esta sección se realizó un chequeo al funcionamiento del prototipo, con el objetivo de verificar el cumplimiento de todos los aspectos mencionado anteriormente.

4.5.5.1. Prueba de la pantalla y sus menús.

Se realizó varias pruebas en las que se navegaba entre las opciones disponibles accediendo a ellas por medio de la pantalla táctil y el control remoto, se cubrió por completo las funciones que puede brindar el equipo en búsqueda de errores relacionados con la impresión de mensajes en pantalla y la transición entre menús.

Al encender el equipo, la primera pantalla o menú mostrado fue el general.

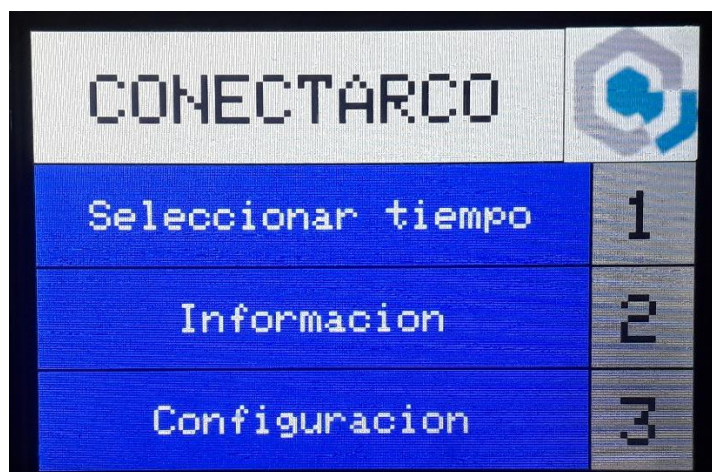


Figura 50. Menú general o principal

Al seleccionar la opción “Seleccionar tiempo”, se cargó el menú correspondiente.

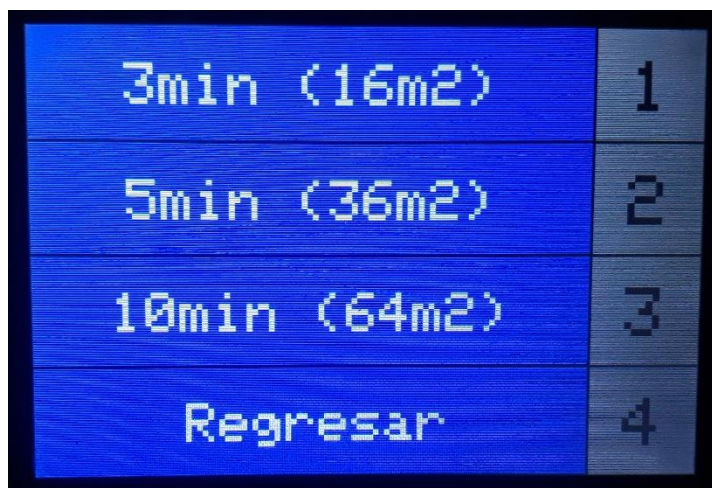


Figura 51. Menú de selección de tiempos

En la figura 51, se pueden observar; las opciones que componen el menú de selección de tiempos, los botones del control que permiten acceder a cada opción y la información relacionada a cada una de ellas.

Al seleccionar la opción regresar, se vuelve al menú general. Los tiempos ofrecidos son impuestos por la empresa CONECTARCO, al seleccionar cada tiempo se verificó que estos corresponden con lo que se programó.

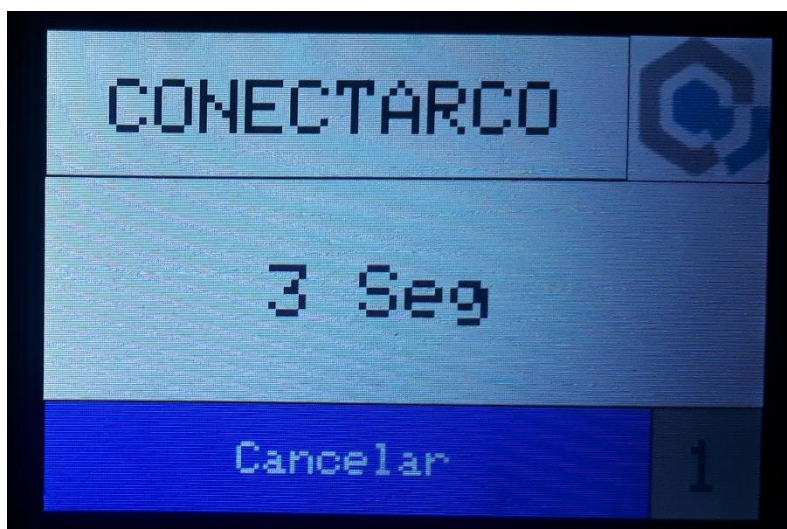


Figura 52. Tiempo de seguridad.

En la figura 52, se puede observar la configuración grafica de la pantalla o interfaz en la que se muestra la cuenta regresiva del tiempo de seguridad.

Tras haber seleccionado el tiempo de esterilización, se cargó automáticamente la pantalla anterior, en la que comienza la cuenta regresiva del tiempo de espera para el inicio del periodo de esterilización, o tiempo de seguridad, ya que, se pensó para que en este tiempo el usuario salga del área a ser tratada. Al seleccionar cancelar se volvía al menú general.



Figura 53. Tiempo de operación de las lámparas germicidas.

En la figura 53, se puede observar la configuración grafica de la pantalla o interfaz en la que se muestra la cuenta regresiva del tiempo de esterilización seleccionado.

Pasado el tiempo de seguridad, comienzo automáticamente el tiempo de operación de las lámparas, en esta pantalla la opción “Cancelar” cambia por “Pausar”, y al haber accedido a esta por medio del control y de la pantalla táctil, se cargó la pantalla de pausa.

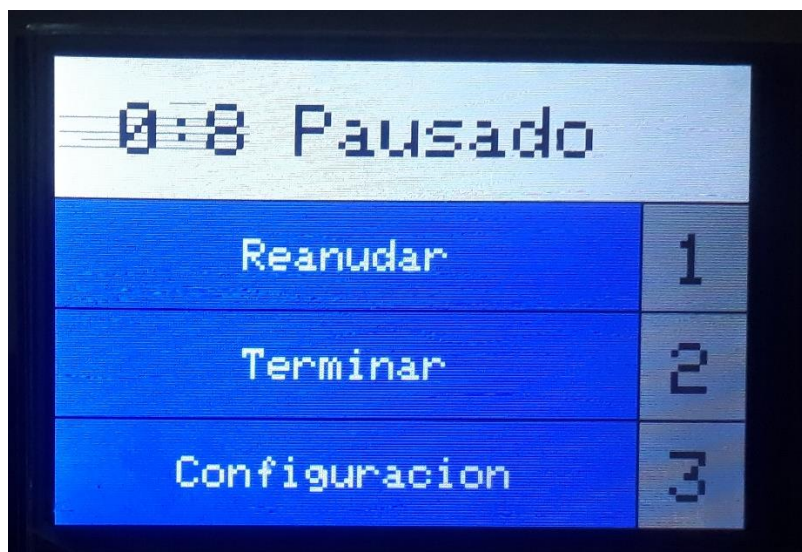


Figura 54. Menú de pausa por medio del control o la pantalla táctil.

En la figura 54, se pueden observar las opciones y la información que conforma el menú de pausa, cuando el tiempo de esterilización es detenido de forma voluntaria por elección del operario.

También se accedió a esta pantalla por medio del sistema de seguridad o de detección de presencia, en este caso, igual que en el anterior, el mensaje mostrado en pantalla concuerda con el método por el cual se accedió a este menú, para ambas situaciones se probó ingresar a la pantalla configuración y modificar el estado del sistema de seguridad, en todas las pruebas la configuración quedaba guardada y el funcionamiento de este sistema correspondía con la configuración hecha, además el tiempo mostrado en pantalla siempre pertenecía con el tiempo en que iba la cuenta. Por último, se probó la opción terminar, la cual llevaba directamente al menú general.

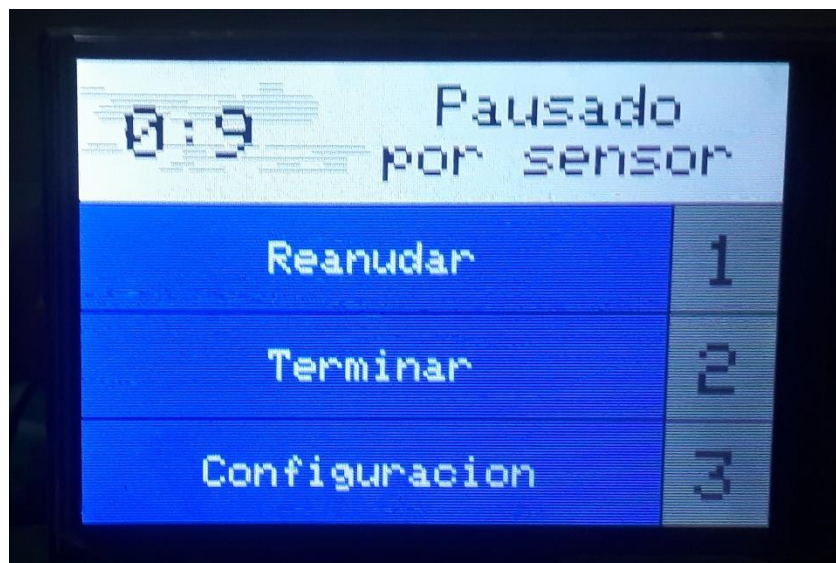


Figura 55. Menú de pausa por el sistema de detección de presencia.

En la figura 55, se pueden observar las opciones y la información que conforma el menú de pausa, cuando el tiempo de esterilización es detenido por la acción del sistema de seguridad.

Después de haber abarcado todas las opciones disponibles, se procedió a reanudar el tiempo de esterilización, el cual iniciaba exactamente en donde había quedado, al terminar, en pantalla se mostraba el siguiente mensaje.

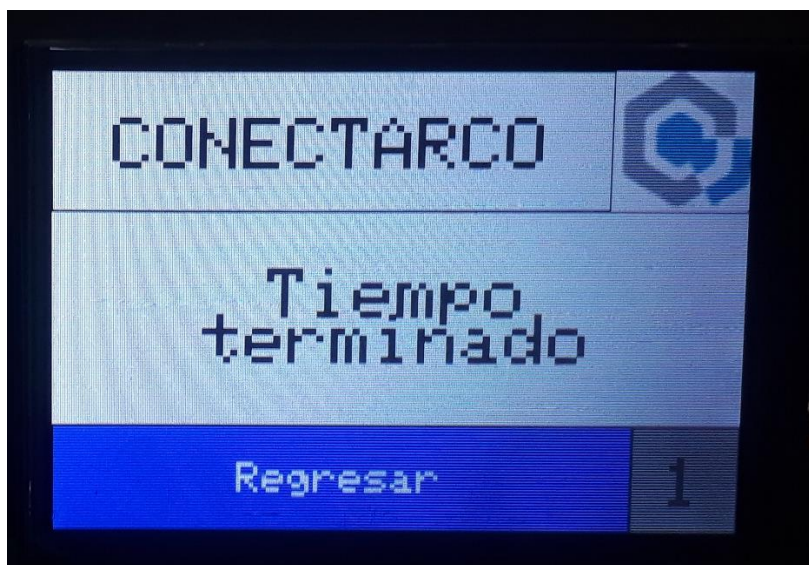


Figura 56. Mensaje tiempo terminado.

En la figura 56, se puede observar el mensaje de finalización del tiempo de esterilización.

Este mensaje también se muestra, cuando el periodo de esterilización transcurre sin interrupciones, al presionar regresar, se vuelve al menú principal.



Figura 57. Menú de configuración con el sistema de detección activado

En la figura 57, se pueden observar; las opciones que componen el menú de configuración, los botones del control que permiten acceder a cada opción y la información relacionada a cada una de ellas, cuando el estado de los sensores es Activados.

También se probó ingresar a la pantalla configuración desde el menú principal, y se corrobora que la configuración hecha por el usuario queda guardada.



Figura 58. Menú de configuración con el sistema de detección desactivado.

En la figura 58, se pueden observar; las opciones que componen el menú de configuración, los botones del control que permiten acceder a cada opción y la información relacionada a cada una de ellas, cuando el estado de los sensores es Desactivados.

Al seleccionar en la opción regresar, se vuelve a la pantalla anterior desde donde se accede, ya sea la de pausa o la principal.

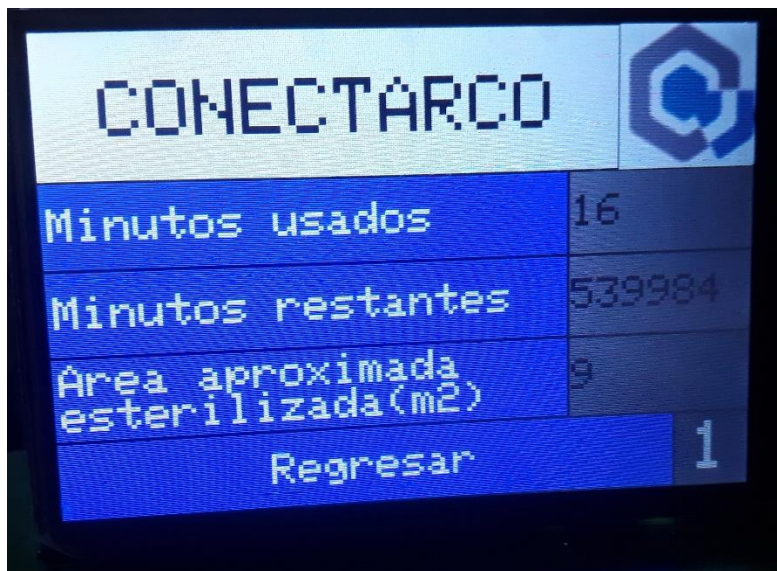


Figura 59. Menú de información.

En la figura 59, se puede ver el menú de información, el cual cuanta con los datos mas relevantes para el usuario, como lo son; el área aproximada esterilizada, y el tiempo de vida útil de las lámparas.

De igual manera, se accedió al menú información, los datos mostrados corresponden a pruebas anteriores en las que las constantes y variables usadas no corresponden a las programadas. En este caso, se verificó que el área aproximada corresponde con la ecuación programada, esta se calculó de forma sencilla, por medio de una regla de tres, en la que se usa como referencia el primer tiempo de esterilización y el área para el que está destinado este, las relaciones son las siguientes:

$$\textit{Tiempo1} \rightarrow \textit{Área1}$$

$$\textit{Tiempo de operación de las lámparas en minutos} \rightarrow \textit{Área aproximada}$$

Para el cálculo del área aproximada, se asume que todos los tiempos que se han seleccionado corresponden al primero, por tal razón, no se puede afirmar que esta corresponde a la superficie real que ha sido esterilizada.

Para finalizar, al ser seleccionado la opción regresar, se vuelve al menú general.

Gracias a esta prueba se puede detectar y corregir los siguientes errores:

- Se pudo detectar un error en la ecuación que determina el área aproximada, debido a una incompatibilidad de las unidades en los tiempos usados, el cual fue solucionado realizando las modificaciones correspondientes al código.

4.5.5.2. Prueba del sistema de detección de presencia

Se seleccionó un periodo de esterilización, con el sistema de detección de presencia activado, posteriormente, después de que este inicio, uno de los investigadores al entrar en el área cubierta por los sensores verificó que la operación de las lámparas se desactiva al pasar el tiempo de espera cargando la pantalla de pausa, mostrando en ella el mensaje “Pausado por sensor”. Seguidamente, desde esta pantalla, se accede a la configuración del equipo para desactivar el sistema en cuestión, una vez desactivado se procede a reanudar el tiempo de esterilización en donde quedo. Una vez más, cuando el investigador entra en el área cubierta después de haber iniciado el periodo de trabajo este no se detuvo hasta terminar satisfactoriamente.

Para verificar por completo el correcto funcionamiento de los sensores que componen el sistema en cuestión, se realizó varias pruebas. En las que, con los sensores activados se permite que el tiempo de esterilización seleccionado termine satisfactoriamente para verificar que este no se detiene a causa de falsas activaciones por parte de los sensores.

Resultados:

A través de la ejecución de estas pruebas se pudo verificar; que el sistema de detección de presencia funciona acorde a la configuración hecha por el usuario, que los sensores no detienen el tiempo de esterilización, hasta que el tiempo de espera ha pasado, y que los sensores no producen falsas activaciones.

4.5.5.3. Prueba de la alarma sonora

Para este caso a medida que se realizaban diferentes pruebas al equipo, se verificaba que la alarma solo sonara cuando estaba previsto.

Resultados:

Gracias a las verificaciones realizadas, se pudo observar un error en el comportamiento de la alarma, la cual se activaba al regresar a la pantalla de pausa, cuando antes se encontraba en la pantalla de configuración, después de hacer las correcciones necesarias al código, se verifico que el error anterior no se repitiera y se le dio solución.

4.5.5.4. Prueba del funcionamiento de las lámparas esterilizadoras

Se selecciona un tiempo de esterilización que nos remite a una pantalla donde inicia el tiempo de seguridad para salir del lugar. Después de transcurrir el tiempo de seguridad inicia el tiempo de esterilización de las lámparas. Una vez el tiempo de esterilización finaliza, las lámparas se desactivan y en pantalla se muestra el mensaje “Tiempo terminado”, esta misma prueba se hizo seleccionado los dos tiempos faltantes.

En esta prueba, se detuvo la operación de las lámparas por todos los medios posibles; a través del sistema de detección de presencia, del control, y de la opción en pantalla. Se verificó que en

todos los casos las lámparas se desactivan y nos dirige a una pantalla donde sale las opciones reanudar, configuración y cancelar.

Resultados:

Con ayuda de las pruebas realizadas se pudo verificar que las lámparas funcionan como deben hacerlo, es decir, mientras el tiempo de operación transcurre. Además, se verificó que encienden las lámparas para los tres tiempos de esterilización ofrecidos, por lo tanto, también, se corroboró que la programación asociada con el funcionamiento de las lámparas es correcta y que el relé hace bien su trabajo.

4.5.5.5. Prueba de la memoria EEPROM

Preparativos para la prueba:

- Antes de ejecutar las pruebas para verificar que el tiempo de operación de las lámparas se guarda como debe ser, se cargó a la tarjeta un programa que recorre todas las posiciones de la memoria EEPROM, desde la 0 a la 4095, con ayuda de un bucle, y escribe en cada celda un cero, con el objetivo de borrar los resultados de pruebas anteriores.
- Se programó que los minutos duren 20 segundos en vez de 60, para agilizar el desarrollo de las pruebas y procurar permanecer el menor tiempo posible ante la exposición de luz UV-C, dado que, al momento de realizar esta prueba se utiliza una lámpara UV-C de 25W.
- Los tiempos de esterilización se programan exclusivamente para la prueba, para ser de 20, 40 y 60 segundos y no de 3, 5 y 10 minutos, para agilizar las pruebas y hacer que estos concuerden con el punto anterior.



Figura 60. Pantalla de información antes de la prueba a la memoria EEPROM

En la figura 60, se observa que el tiempo guardado es 0 minutos para iniciar desde el principio con la prueba. Posteriormente, se seleccionó el primer tiempo (20 segundos) y se espera a que el tiempo finalice. Después, se accede nuevamente al menú de información, en el que se pudo ver que efectivamente la cuanta de minutos aumento a uno, esto se puede observar en la figura 61.



Figura 61. Pantalla de información después de la prueba a la memoria EEPROM.

A continuación, se procede a seleccionar el segundo tiempo (40 segundos). Tras finalizar, se consulta nuevamente la cuenta y así verificar su buen funcionamiento. En este caso, el conteo aumentó a 3 minutos como se muestra en la figura 62.



Figura 62. Segunda prueba a la memoria EEPROM

Por último, se selecciona la opción de 10 minutos (60 segundos para la prueba). tras finalizar este tiempo, se ingresa al menú de información, el resultado de los minutos usados aumentó a 6, como se muestra en la figura 63.

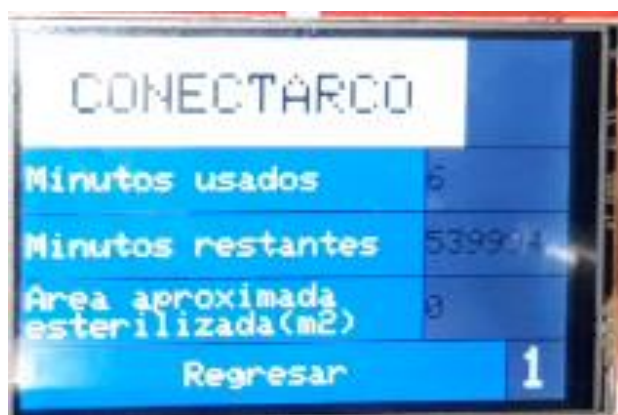


Figura 63. Tercera prueba a la memoria EEPROM

Para finalizar, Se realiza la prueba de apagar y encender nuevamente el equipo y así verificar que el tiempo de operación de las lámparas ha sido almacenado. Esta última prueba, demostró la efectividad del código de programación al almacenar datos en la EEPROM.

5. Conclusiones

- Considerando la dificultad al momento de encontrar información confiable sobre las características de la pantalla usada, se determinó que tomar como factor clave, al momento de adquirir este componente, su bajo costo, fue un error, ya que, esto llevo a comprar una pantalla de marca genérica, la cual no contaba con manual, ni con hoja de características completa.
- Teniendo en cuenta las pruebas realizadas al prototipo del equipo esterilizador, se pudo determinar que, no se necesita modificar la interfaz hombre máquina incorporada en este, ni su método de acceso remoto, ya que, la combinación pantalla táctil más control remoto resultó ser ideal para llevar a cabo las funciones de cada una de las acciones requeridas en el funcionamiento del prototipo.
- Se observó que para aplicaciones en las que se necesite controlar diferentes tiempos y acciones simultaneas, es preferible utilizar un elemento de control cuyas acciones no se ejecuten secuencialmente, ya que, es probable que se presenten desfases entre el tiempo programado y el tiempo requerido, los cuales pueden y deben ser corregidos agregando líneas de código adicionales las cuales agregan complejidad en el desarrollo del algoritmo.

6. Recomendaciones

- Se sugiere a la empresa en donde se desarrolló la investigación que, en caso de decidir construir las piezas diseñadas, esta labor sea realizada a través de una cortadora laser, debido a los diseños realizados en el software SolidWorks.
- Se recomienda que, en caso de querer modificar el método de control remoto, por ejemplo, por un smartphone que use una aplicación, se cambien también, la interfaz hombre maquina incorporada en el equipo, por ejemplo, por una pantalla lcd y botones, ya que, estos elementos deben ser tratados como un conjunto para no llegar a usar componentes que resulten poco útiles o innecesarios.
- Se aconseja que, al momento de la construcción de la máquina, se realice una serie de pruebas de funcionamiento, a todos los sistemas y elementos que la componen de manera que se pueda verificar que el equipo ejecute correctamente todos los procesos ofrecidos al cliente.

7. Referencias

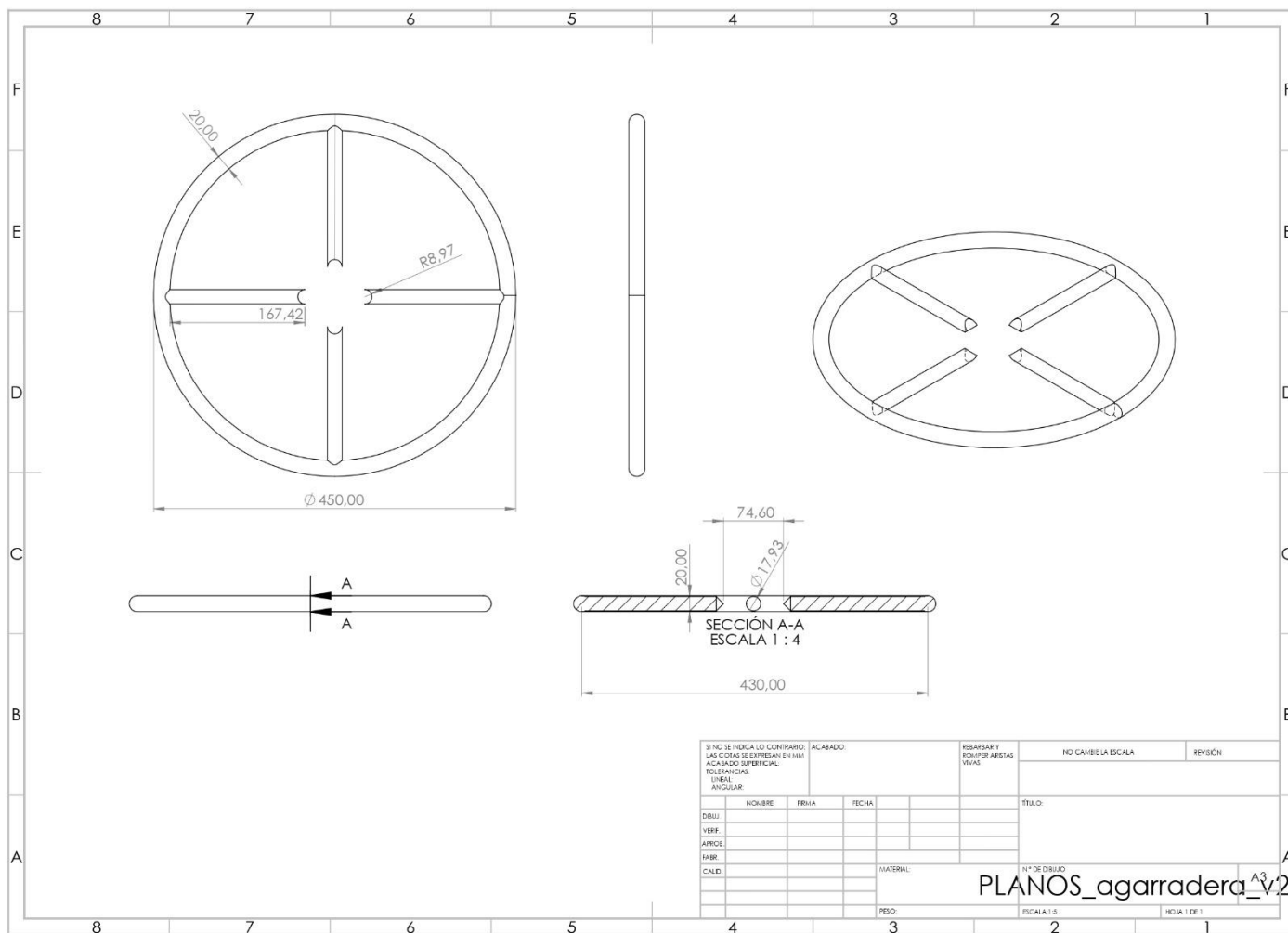
- Carrillo, C. (2021). Propuesta del sistema de desinfección de agua potable por medio de rayos ultra violetas como método alternativo en la planta de potabilización del distrito gubernamental quebrada bonita en el Cantón de Garabito. Disponible en:
<https://repositorio.ulatina.ac.cr/handle/20.500.12411/166>
- De Andrés, M. Prieto, C. Usera, F. (2020). Utilización de la radiación Ultra Violeta (UVC) para desinfección. Disponible en:
https://digital.csic.es/bitstream/10261/216311/1/INFORME_CSIC_utilidad_UV_v3.pdf
- García, A. (2019). Manual para el diseño Paramétrico con Solidworks. Disponible en:
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/37828/TFG-I-1320.pdf?sequence=1>
- García, E. Cardaba, M. Sánchez, L. (2020). Revisión bibliográfica sobre eficacia y seguridad de la luz ultravioleta y ozono para la desinfección de superficies. Madrid: Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (AETS). Disponible en:
- Grajales, T. (2000). Diseño de un equipo de desinfección mediante luz ultravioleta para el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización. Disponible en:
<http://www.bdigital.ula.ve/storage/pdf/rtcuru/n2/art02.pdf>
- IES Committee. (2020). Germicida Ultravioleta (GUV). Disponible en:
<https://www.synertech.com.co/uv/images/uv-irradiant/Informe-del-comite.pdf>
- Larico, P. (2021). Diseño de una cámara electrónica de esterilización UV para equipos de protección medica Contra el Covid 19. Disponible en:
[file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/ehkimosis,+Art%C3%ADculo+Esterilizador%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/ehkimosis,+Art%C3%ADculo+Esterilizador%20(2).pdf)

- Ordoñez, J. Salvatierra, L. Cagua, C. (2019). Uso de la robótica como medio para la esterilización y desinfección con luz ultra violeta en el contexto del Covid-19. Disponible en: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/1369>
- Ortiz, O. (2017). Dispositivo para disminuir la contaminación en catéteres empleados en diálisis peritoneal mediante el empleo de luz ultravioleta subtipo C. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México. Disponible en: [https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67804/Tesis%20final%20\(imprimir\).pdf;jsessionid=F273C0998F36AC98EFF9623A7FA49A84?sequence=3](https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67804/Tesis%20final%20(imprimir).pdf;jsessionid=F273C0998F36AC98EFF9623A7FA49A84?sequence=3)
- Ortiz, O. (2017). Dispositivo para disminuir la contaminación en catéteres empleados en la diálisis peritoneal mediante el empleo de luz ultravioleta subtipo C. Disponible en: [https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67804/Tesis%20final%20\(imprimir\).pdf;jsessionid=F273C0998F36AC98EFF9623A7FA49A84?sequence=3](https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67804/Tesis%20final%20(imprimir).pdf;jsessionid=F273C0998F36AC98EFF9623A7FA49A84?sequence=3)
- Vega, A. Echeverria, T. Reyes, C. (2020). Diseño, optimización y construcción de un Horno de recalentamiento utilizando resistencias y el software SolidWorks. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1424998?show=full>
- Wright, H. Cairns, W. (1998). Desinfección de agua por medio de luz ultravioleta. In Trabajo presentado en los Anales simposio OPS: Calidad de agua, Desinfección efectiva. Disponible en: https://uvlamparas.com/?gclid=Cj0KCQjw29CRBhCUARIsAOboZbLstB-K-BJJdU64rmOxARk5kCwPewZXNqGfECcun40bC4Z9ZodmUjwaAuGpEALw_wcB
- Zorrilla Arena, S. (1993). Introducción a la metodología de la investigación.

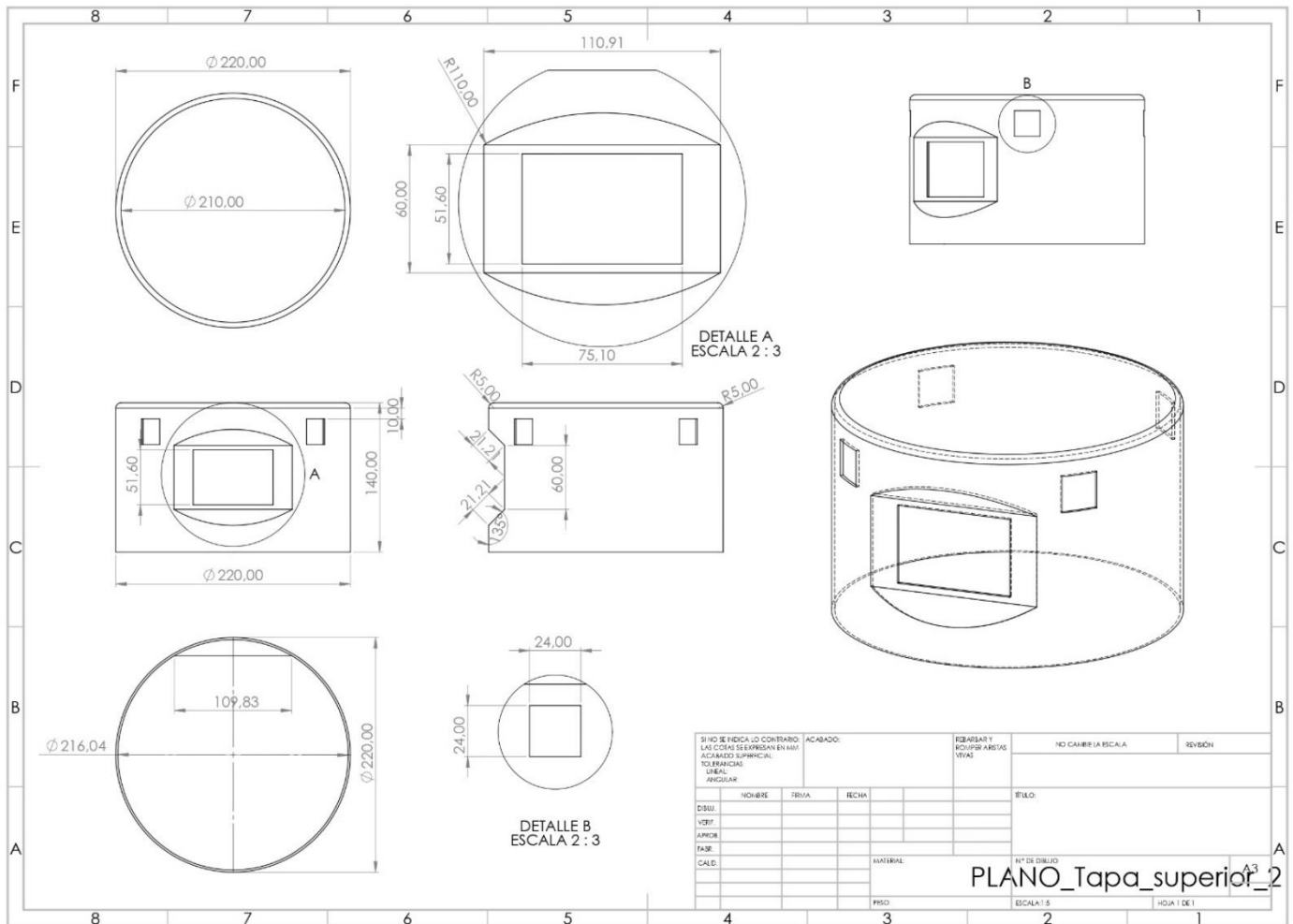
8. Anexos

8.1. Isométrico del equipo de esterilización.

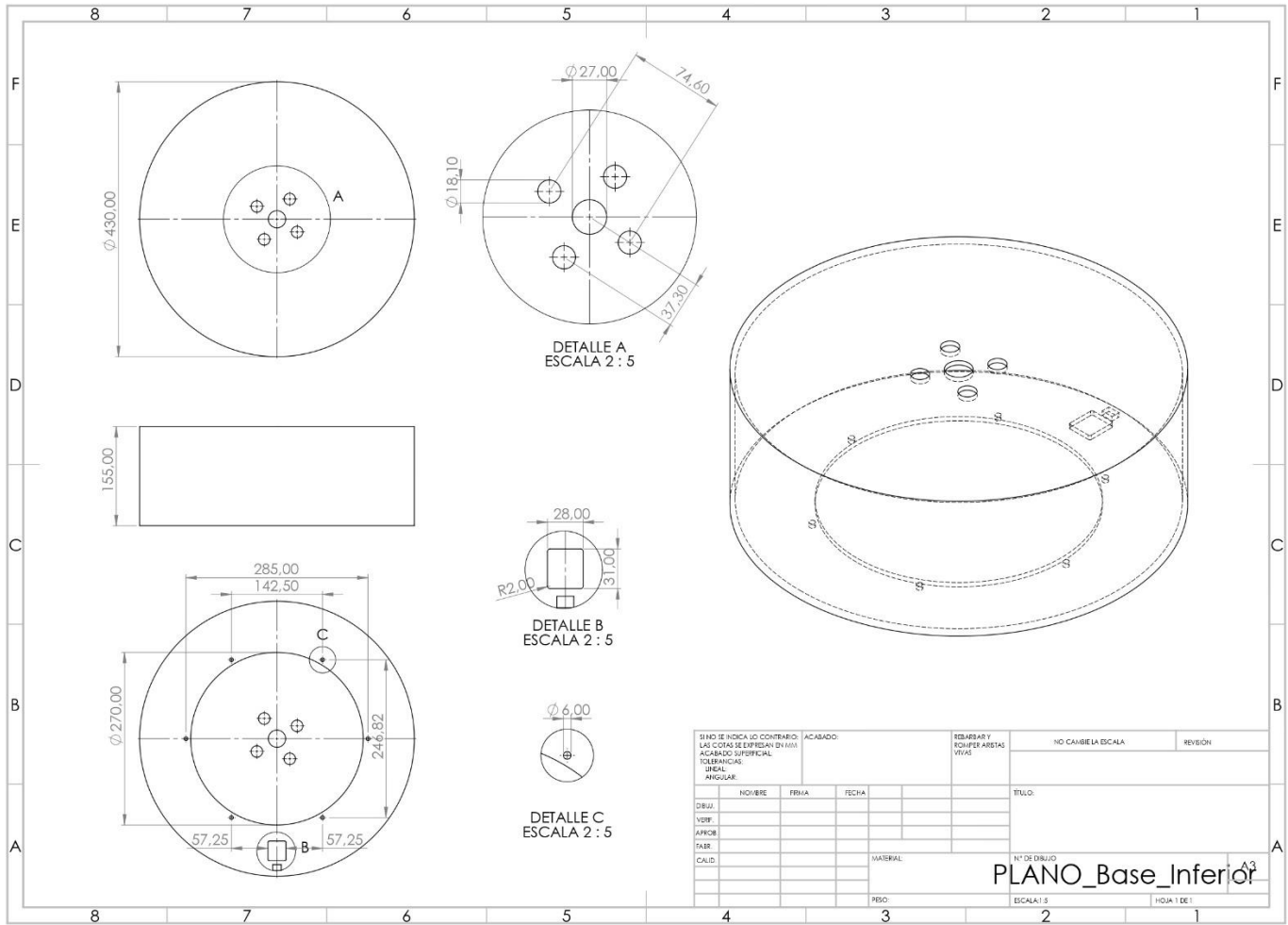
Para la elaboración del equipo, se utilizó el programa SolidWorks, en el diseño final de las partes que son las siguientes:



Anexo 1.Plano isométrico de agarradera.



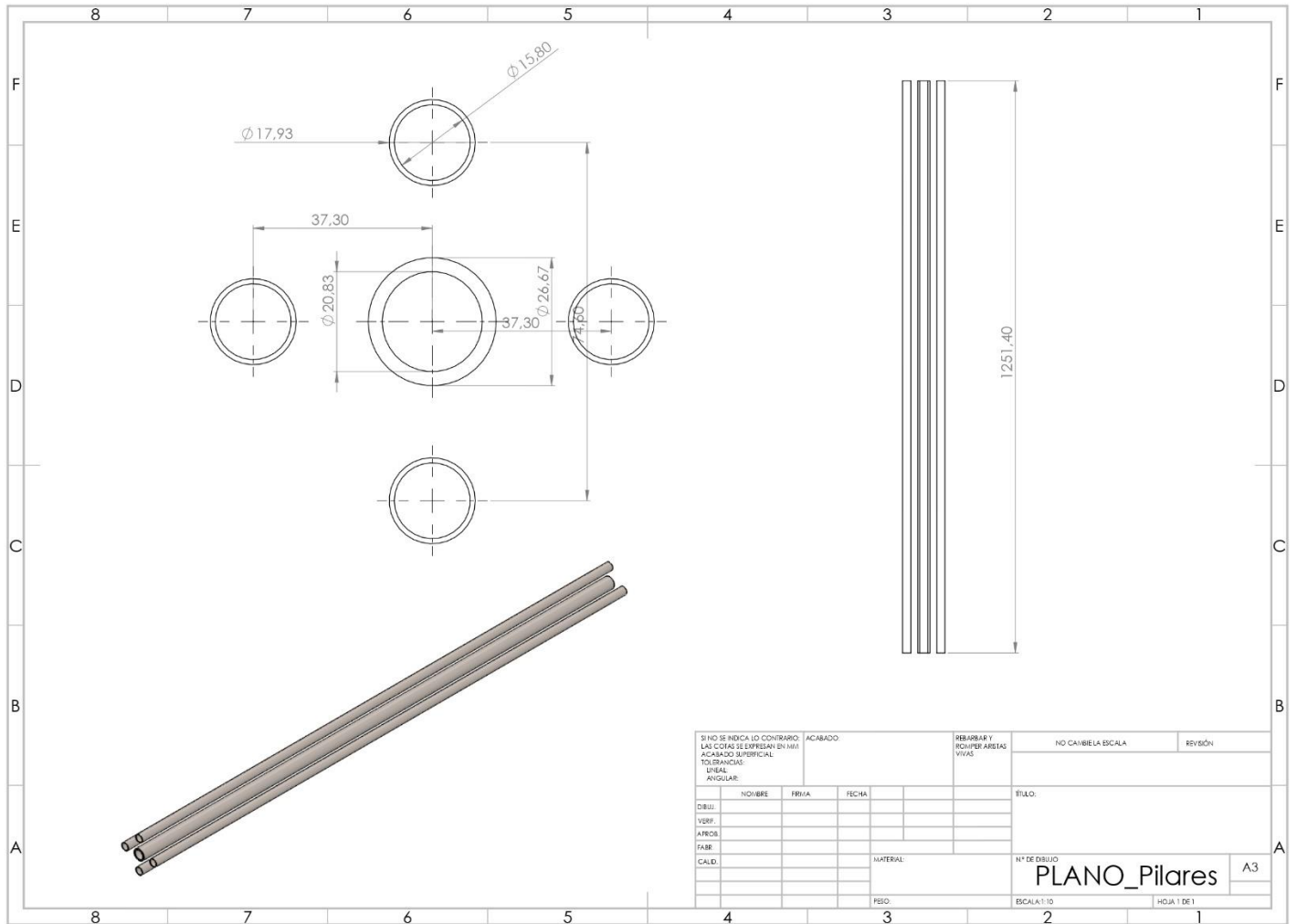
Anexo 2. Plano isométrico del casco superior.



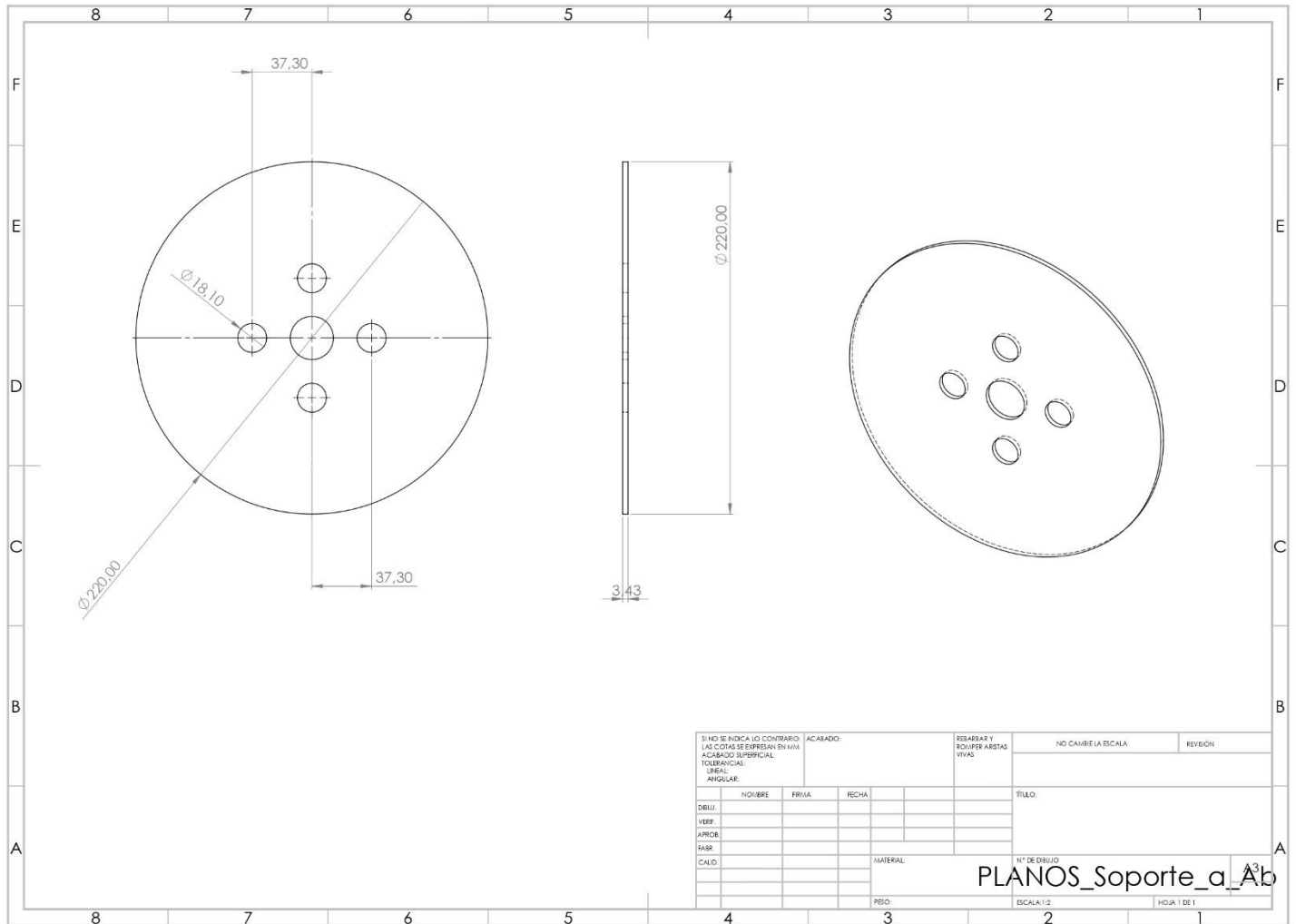
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE ENTENDEN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO: REBMSAR Y EQUIPER ARESTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA:	REVISIÓN:
DIBUJ: VERIF: APROB: FABR: CALID:	NOMBRE: FECHA: FECHA:	TÍTULO: 	Hº DE DIBUJO: ESCALA: 1:5	Hº DE DIBUJO: ESCALA: 1:5	HOJA: 1 DE 1

PLANO_Base_Inferior

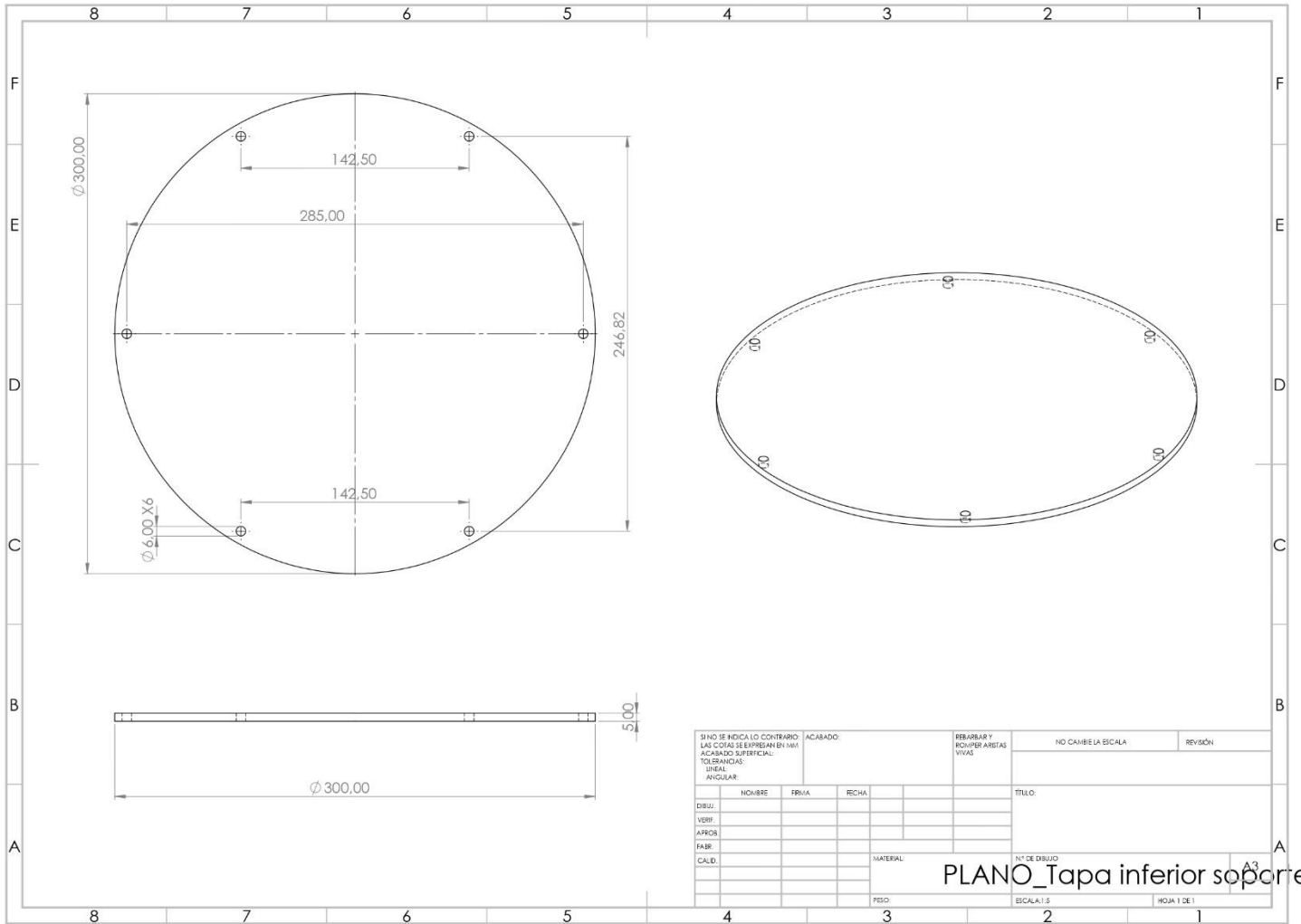
Anexo 3. Isométrico de la base.



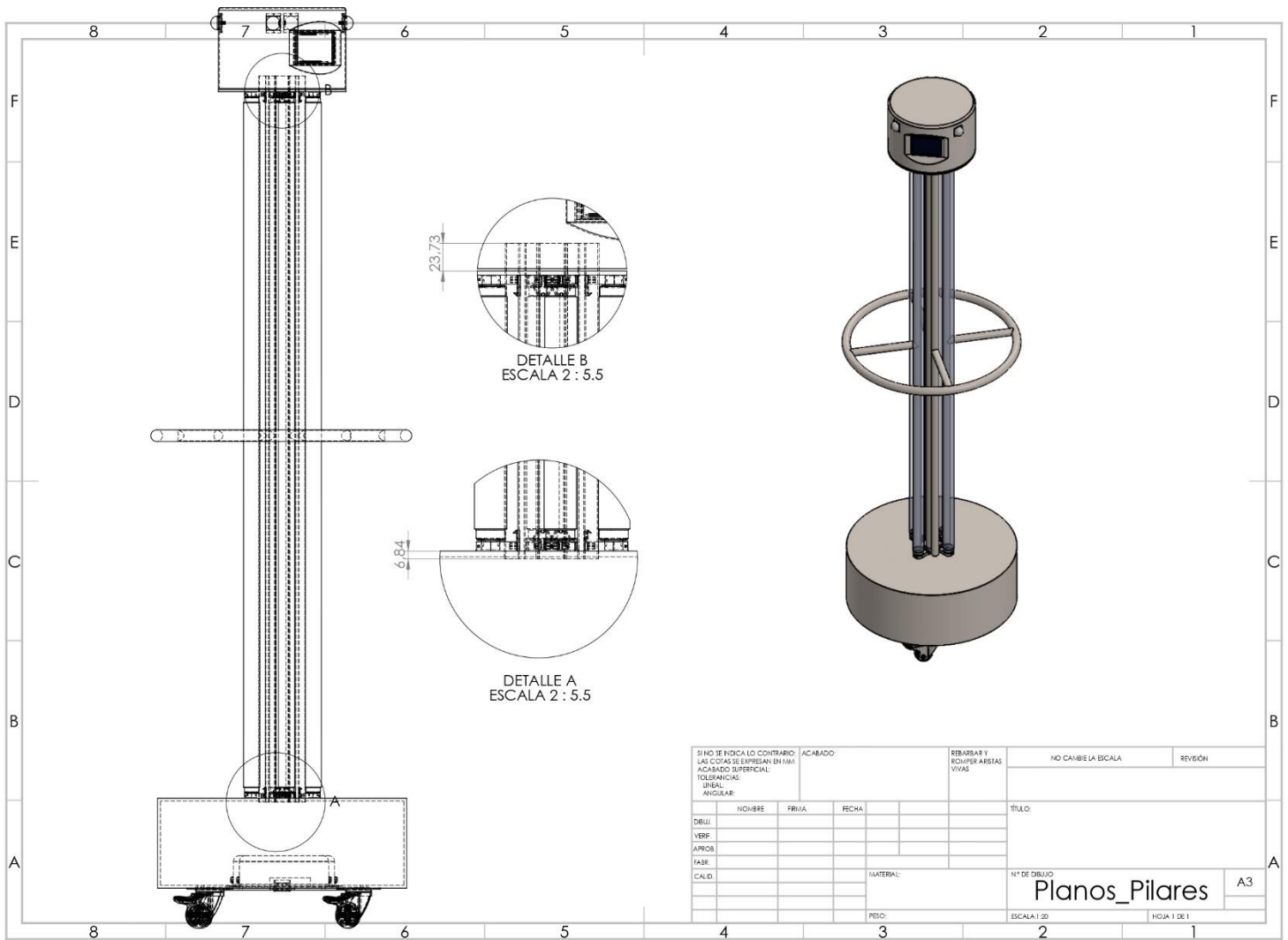
Anexo 4. Isométricos de los pilares.



Anexo 5. Isométrico del soporte de pilares-casco.



Anexo 6. Isométricos de la tapa inferior de la base.



Anexo 7. Isométrico del ensamble del equipo esterilización.