

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN



TEMA:

**DISEÑO DE UN SISTEMA EMBEBIDO DE MÉTODO FOG QUE PERMITA LA
DESINFECCIÓN DE MANOS PARA EL AHORRO DE AGUA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

AUTOR: ACOSTA CHACA MAXEL DAVID

DIRECTOR: MSc. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN

ASESOR: MSc. SUAREZ ZAMBRANO LUIS EDILBERTO

Ibarra-Ecuador

2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100368685-2		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Acosta Chaca Maxel David		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Dr. Cristóbal Tobar Subía y Gral. José María Córdova		
EMAIL:	mdacostasc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0995513988

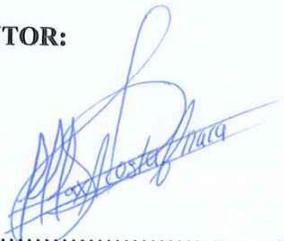
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diseño de un sistema embebido de método fog que permita la desinfección de manos para el ahorro de agua
AUTOR (ES):	Acosta Chaca Maxel David
FECHA DE APROBACIÓN:	19/01/2024
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Electronica y Redes de Comunicación
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. Jaime Michilena Calderón - Director Msc. Luis Suárez Zambrano - Asesor

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 24 días del mes de enero de 2024

EL AUTOR:



(Firma).....

Nombre: Acosta Chaca Maxel David



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

MAGISTER JAIME MICHILENA, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE
TITULACIÓN CERTIFICA:

Que, el presente trabajo de Titulación "DISEÑO DE UN SISTEMA EMBEBIDO DE
MÉTODO FOG QUE PERMITA LA DESINFECCIÓN DE MANOS PARA EL AHORRO
DE AGUA". Ha sido desarrollado por el señor Acosta Chaca Maxel David bajo mi
supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor de la verdad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Jaime Michilena", is written over a horizontal dotted line. A solid blue horizontal line is drawn below the dotted line.

Ing. Jaime Roberto Michilena Calderón, MsC.

C.I. 1002198438

DIRECTOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico con todo mi corazón a 6 personas que han significado mucho para mi a lo largo de toda mi vida, aunque 2 ya no son de este mundo, sus recuerdos siguen regulando mi vida. En primer lugar, a mis abuelitos Carlos Chaca y Martha Ruales quienes me criaron desde muy niño y con su amor sin límites me enseñaron a crecer como persona. En segundo lugar, a mi mamá pues sin ella no lo habría logrado, siempre con su bendición me ayudó a tener confianza en mis días, además, es el pilar fundamental de mi vida y siempre llena mi corazón de sueños, convicciones y es quien me ha enseñado el valor del trabajo duro. Se lo dedico también, a mis hermanas Abigail Chaca y Daniela Acosta quienes son mis compañeras de vida, siempre están ahí en los momentos más importantes y me han ayudado en los más difíciles. Y por último a mi amada Jessica Calderón quien a estado en mi vida más de quince años con su cariño, amor, apoyo y ocurrencia, las cuales me han impulsado cada día ser mejor persona y no rendirme nunca. A todos y a cada uno les dedico este trabajo de titulación porque los amo y porque siempre los llevo en mi corazón.

Acosta Chaca Maxel David

AGRADECIMIENTO

“Tu presencia en mi vida es un regalo invaluable, y este logro es nuestro, en equipo.”

Quiero agradecer a todas las personas que han estado en mi vida, aquellos que se sumaron a mi camino y me han acompañado a caminar hasta el día de hoy, y también aquellos que dieron el paso al costado y se alejaron de mi vida para que yo siguiera adelante.

Agradezco a toda mi familia por que han sido la base fundamental de mi esfuerzo, siempre lograron apoyarme en todos los momentos en que los he necesitado, y porque siempre son mi inspiración, apoyo y fortaleza.

A mis amigos, y compañeros de aula quienes me apoyaron y me han ayudado mucho a lo largo de mi vida universitaria, Kevin Enríquez, Kevin Oñate, Stalin Ibarra, Cristian Ruiz, Israel Vinuesa. Quiero agradecer también a mi mejor amigo Anderson Ibujés quien a sido mi apoyo incondicional por más de 20 años.

A mi tutor de tesis y docente de aula el MSc. Jaime Michilena quien me ha guiado en este trabajo con mucha paciencia, siendo un buen concejero y mentor en este trabajo investigativo.

Y, por último, quiero agradecer a mi persona, por no rendirme nunca, gracias totales.

INDICE

Índice de figuras.....	10
Índice de tablas	11
Índice de ecuaciones	12
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES.....	15
1.1. Tema.....	15
1.2. Problema.....	15
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo General.....	16
1.3.2. Objetivos Específicos	16
1.4. Alcance.....	16
1.5. Justificación.....	19
CAPÍTULO 2. FUNDAMENTO TEÓRICO	21
2.1. Contaminación bacteriana de manos.....	21
2.2. Tipo de actividades requieren desinfección de manos más frecuente.....	22
2.3. Carga bacteriana en espacios públicos y uso diario	23
2.3.1. Pantallas táctiles	23
2.3.2. Gimnasios	24
2.3.3. Manijas de carrito de supermercados	24
2.3.4. Menús de restaurante	25
2.3.5. Cajeros automáticos.....	26
2.4. Transmisión bacteriana a través de las manos	27
2.5. Prevención de la propagación de virus y bacterias	30
2.6. Limpieza y desinfección por niebla	31
2.6.1. Desinfección por nebulización	32
2.6.2. Dry Fog.....	33
2.7. Nebulizadores de niebla fina	34
2.7.1. Principio de atomización	36
2.7.2. ¿Por qué no se moja?.....	36
2.8. Beneficios de la eficacia del sistema de nebulización seca.....	37
2.9. Estado del arte	39
2.9.1. Dispositivo de control de desinfección de manos	39
2.10. Microcontroladores	40

2.10.1. ¿Cómo funcionan los microcontroladores?	40
2.10.2. Aplicaciones de microcontroladores	41
2.11. Sensores ultrasónicos	42
2.12. Nebulizador	43
2.13. Metodología en cascada	44
2.13.1. ¿Cuáles son las ventajas del modelo en cascada?.....	45
CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL SISTEMA	46
3.1. Descripción General Del Sistema	46
3.1.1. Alcance Del Sistema.....	46
3.1.2. Limitaciones Del Sistema.....	47
3.2. Metodología	47
3.3. Propósito del sistema.....	49
3.3.1. Objetivos del sistema.....	49
3.3.2. Beneficiarios	50
3.4. Requerimientos del sistema.....	50
3.4.1. Requerimientos de Stakeholders	51
3.4.2. Requerimientos iniciales del sistema.....	52
3.4.3. Requerimientos de arquitectura	54
3.5. Elección hardware y software	55
3.5.1. Hardware	55
3.5.2. Software.....	62
3.6. Diseño del sistema.....	64
3.6.1. Descripción de bloques del sistema.....	64
3.6.2. Diagrama de flujo	66
3.6.3. Bloque de recepción de señal de presencia de manos	67
3.6.4. Bloque de procesamiento para recepción y envío de señal	69
3.6.5. Bloque de activación, nebulización y desinfección de manos.....	73
3.7. Diagrama de conexiones	75
3.8. Diseño de la estructura física del sistema.....	76
3.9. Pruebas iniciales del sistema	81
3.9.1. Prueba de recepción de señal de presencia de manos.....	81
3.9.2. Prueba de procesamiento	83
3.9.3. Prueba de activación y nebulización	84
CAPÍTULO 4. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	86
4.1. Cronograma de pruebas.....	86

4.2. Prueba 1	88
4.2.1. Verificación	88
4.2.2. Conclusión	90
4.3. Prueba 2	91
4.3.1. Verificación	91
4.3.2. Conclusión	93
4.4. Prueba 3	95
4.4.1. Verificación	95
4.4.2. Análisis de resultados	105
4.5. Prueba 4	105
4.5.1. Verificación	105
4.5.2. Análisis de resultados	116
4.6. Aceptación y validación del dispositivo	116
Conclusiones	118
Recomendaciones	119
Bibliografía	120
ANEXOS	122
Anexo 1: Encuesta realizada para determinar requerimientos de Stakeholders	122
Anexo 2: Diseño de la caja tipo vectores en Adobe Ilustrador	125
Anexo 3: Elaboración de la estructura física de la cámara de desinfección	126
Anexo 4: Encuesta de aceptación del prototipo	140
Anexo 5: Manual de Usuario	142
Anexo 6: Manual de uso técnico	143

Índice de figuras

Figura 1 Arquitectura de proyecto	17
Figura 2 Diagrama de flujo de funcionamiento del sistema	18
Figura 3 Uso de pantallas táctiles	23
Figura 4 Contaminación con pesas de los gimnasios.....	24
Figura 5 Uso de carritos de supermercado.....	25
Figura 6 Manipulación de menús de restaurantes.....	26
Figura 7 Uso cajeros automáticos	27
Figura 8 Transmisión de bacterias por contacto	28
Figura 9 Protección de la desinfección por niebla	31
Figura 10 Funcionamiento de los nebulizadores de niebla fina.....	35
Figura 11 Dispositivo de control de desinfección de manos.....	40
Figura 12 Funcionamiento del sensor ultrasónico	42
Figura 13 Válvula de nebulización	43
Figura 14 Referencia del modelo en cascada.....	44
Figura 15 Modelo en cascada basado en el desarrollo del sistema por etapas.....	48
Figura 16 Diagrama de bloques del sistema de desinfección por método fog.....	65
Figura 17 Diagrama de flujo del sistema	66
Figura 18 Bloque de recepción de señal de presencia de manos	67
Figura 19 Biblioteca de trabajo de la pantalla LCD y pines de salida	70
Figura 20 Variables de trabajo y configuración de pines.....	70
Figura 21 Configuración de los pines en modos entrada o salida.....	71
Figura 22 Funciones iniciales para los pines del relé, trigger y LCD.....	72
Figura 23 Líneas de código para la ecuación de sensor ultrasónico	73
Figura 24 Sección de la condición para la activación del relé	73
Figura 25 Bloque de nebulización y desinfección de manos	74
Figura 26 Diagrama de conexiones e integración.....	75
Figura 27 Diseño de las tapas laterales, cubierta y base de la cámara	77
Figura 28 Diseño de piezas frontal y posterior de la cámara	78
Figura 29 Posición de la pantalla LCD en la cámara	79
Figura 30 Posición de los sensores ultrasónicos	80
Figura 31 Posición del nebulizador ultrasónico.....	80
Figura 32 Diseño final de la cámara de desinfección elaborado en adobe ilustrador	81
Figura 33 Prueba de detección con distancia menor a 15 cm	82
Figura 34 Prueba de detección con distancia mayor a 15 cm	82
Figura 35 Mensajes en la pantalla serial de la distancia según la posición de la mano	83
Figura 36 Verificación de funcionamiento de bloque de presentación por LCD.....	84
Figura 37 Verificación de funcionamiento de la etapa de nebulización	85
Figura 38 Verificación de funcionamiento de la etapa de nebulización	85
Figura 39 Alcohol isopropílico utilizado, la base es del 70%.....	89
Figura 40 Mezcla del desinfectante, compuesta por 70% alcohol isopropílico y 30% agua	90
Figura 41 Bandeja de desinfectante capacidad optima de 350ml	91
Figura 42 Comprobación de consumo de desinfectante 3ml	92
Figura 43 Numero de repeticiones para prueba de capacidad de la bandeja.....	93
Figura 44 Desinfectante sobrante en la bandeja de la cámara de desinfección.....	94
Figura 45 Medida del líquido desinfectante sobrante de la bandeja	94
Figura 46 Establecimiento de comida PAPIKOTA	95
Figura 47 Ubicación del dispositivo cerca del baño	96

Figura 48 Conexión del dispositivo cerca del baño	96
Figura 49 Muestra de consumo de agua del lavamanos.....	97
Figura 50 Cliente del restaurante PAPIKOTA que utilizó la cámara de desinfección	98
Figura 51 Cliente del restaurante PAPIKOTA que utilizó la cámara de desinfección	98
Figura 52 Cliente del restaurante PAPIKOTA que utilizó la cámara de desinfección	99
Figura 53 Cliente del restaurante PAPIKOTA que utilizó la cámara de desinfección	99
Figura 54 Cliente del restaurante PAPIKOTA que utilizó la cámara de desinfección	100
Figura 55 Numero de desinfectados mostrado por pantalla al final de la prueba	101
Figura 56 Liquido desinfectante sobrante de la prueba 150ml aproximadamente	102
Figura 57 Residencia de la familia Chaca Ruales.....	106
Figura 58 Ubicación estratégica de la cámara de desinfección cerca del lavamanos	106
Figura 59 Conexión de dispositivo	107
Figura 60 Muestra de consumo de agua del lavamanos.....	108
Figura 61 Miembro del hogar que utilizó la cámara de desinfección	109
Figura 62 Miembro del hogar que utilizó la cámara de desinfección	109
Figura 63 Miembro del hogar que utilizó la cámara de desinfección	110
Figura 64 Miembro del hogar que utilizó la cámara de desinfección	110
Figura 65 Miembro del hogar que utilizó la cámara de desinfección	111
Figura 66 Miembro del hogar que utilizó la cámara de desinfección	111
Figura 67 Numero de desinfectados mostrado por pantalla al final de la prueba	112
Figura 68 Liquido desinfectante sobrante de la prueba 200ml aproximadamente	113

Índice de tablas

Tabla 1 Representación de Acrónimos.....	51
Tabla 2 Prioridades de requerimientos.....	51
Tabla 3 Requerimientos de Stakeholders	52
Tabla 4 Requerimientos iniciales del sistema.	53
Tabla 5 Requerimientos de Arquitectura.....	54
Tabla 6 Puntuación del microcontrolador basado en los requerimientos	56
Tabla 7 Especificaciones del microcontrolador PIC 16F690	56
Tabla 8 Especificaciones del microcontrolador PIC ATMEGA328P.....	57
Tabla 9 Puntuación del sensor ultrasónico basado en los requerimientos.....	58
Tabla 10 Especificaciones del sensor ultrasónico HC-SR04, US-16 y US-100.....	58
Tabla 11 Puntuación del display LCD basado en los requerimientos	60
Tabla 12 Especificaciones de la pantalla LCD 1602A	60
Tabla 13 Puntuación del relé	61
Tabla 14 Especificaciones de los relés	62
Tabla 15 Puntuación del software de programación IDE y MPLAB	63
Tabla 16 Especificaciones de MPLAB e IDE	63
Tabla 17 Cronograma de pruebas.....	86
Tabla 18 Tabla de valores de ahorro y consumo máximo, promedio y mínimo para el establecimiento de comida PAPIKOTA	104
Tabla 19 Tabla de valores de ahorro y consumo máximo, promedio y mínimo para la residencia ..	116

Índice de ecuaciones

(Ecuación 1).....	68
(Ecuación 2).....	68
(Ecuación 3).....	68
(Ecuación 4).....	72
(Ecuación 5).....	72
(Ecuación 6).....	93
(Ecuación 7).....	93
(Ecuación 8).....	102
(Ecuación 9).....	102
(Ecuación 10).....	103
(Ecuación 11).....	103
(Ecuación 12).....	103
(Ecuación 13).....	103
(Ecuación 14).....	103
(Ecuación 15).....	103
(Ecuación 16).....	104
(Ecuación 17).....	104
(Ecuación 18).....	104
(Ecuación 19).....	114
(Ecuación 20).....	114
(Ecuación 21).....	114
(Ecuación 22).....	114
(Ecuación 23).....	114
(Ecuación 24).....	114
(Ecuación 25).....	115
(Ecuación 26).....	115
(Ecuación 27).....	115
(Ecuación 28).....	115
(Ecuación 29).....	115

RESUMEN

El presente trabajo de titulación detalla el desarrollo de un sistema embebido de método fog para la desinfección de manos que permita el ahorro de agua. Esto dentro de espacios de mayor concurrencia de las personas como restaurantes y para uso personal en el hogar.

El desarrollo del sistema se considera en dos partes, primero el software que abarca la programación del sistema embebido, incluyendo la distribución de voltaje hacia todos los componentes eléctricos y electrónicos (pantalla lcd, relé, sensores y nebulizadores ultrasónicos, microcontrolador, leds) cada uno con la alimentación respectiva de 5v, en este apartado la programación también se encarga del accionamiento de los sensores ultrasónicos para la activación y desactivación de la cámara de desinfección. Además, el software controla los tiempos de desinfección de los sensores ultrasónicos y se encarga de mostrar la información de los desinfectados por pantalla. Y por otro lado el hardware que abarca la estructura física del sistema, el diseño de la cámara de lo realizo con el objetivo de que sea de uso fácil e intuitivo. El sistema en armonía funciona desde el sensor ultrasónico que detecta las manos colocadas dentro de la cámara, el microcontrolador mide la distancia y procede a activar el relé, el resultado es los nebulizadores generando la neblina a partir del desinfectante hacia la cámara donde están las manos.

Finalmente, en las pruebas de funcionamiento del sistema se evidencia la automatización del prototipo, el desempeño correcto de los nebulizadores y la desinfección de las manos. Además, con la implementación del sistema en las pruebas de campo se afirma los objetivos del proyecto, el sistema reduce más del 95% de consumo de agua en comparación a la desinfección de manos tradicional, con la proyección a futuro del sistema se considera causar un impacto ambiental positivo mucho mayor.

ABSTRACT

This degree work details the development of an embedded fog method system for hand disinfection that saves water. This within spaces with the greatest attendance of people such as restaurants and for personal use at home.

The development of the system is considered in two parts, first the software that covers the programming of the embedded system, including the distribution of voltage to all electrical and electronic components (lcd screen, relay, sensors and ultrasonic nebulizers, microcontroller, leds) each one. with the respective 5v supply, in this section the programming is also responsible for the activation of the ultrasonic sensors for the activation and deactivation of the disinfection chamber. In addition, the software controls the disinfection times of the ultrasonic sensors and oversees displaying the information of those disinfected on the screen. And on the other hand, the hardware that covers the physical structure of the system, the design of the camera was conducted with the aim of making it easy and intuitive to use.

The harmonious system works from the ultrasonic sensor that detects the hands placed inside the chamber, the microcontroller measures the distance and proceeds to activate the relay, the result is the nebulizers generating the disinfectant mist towards the chamber where the hands are located.

Finally, in the functional tests of the system, the automation of the prototype, the correct performance of the nebulizers and the disinfection of the hands are evident. In addition, with the implementation of the system in field tests, the objectives of the project are affirmed, having considerable water savings compared to traditional disinfection, with the future projection of the system it is considered to cause a much greater positive environmental impact.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

En este capítulo se presenta una breve introducción sobre la motivación del autor para llevar a cabo el proyecto. Asimismo, se detalla el tema, la problemática, los objetivos, el alcance y la justificación que se van a cumplir a lo largo del estudio, para lo cual, se considera las limitantes y aspectos teóricos necesarios que se necesita para su desarrollo.

1.1. Tema

Diseño de un sistema embebido de método FOG que permita la desinfección de manos para el ahorro de agua.

1.2. Problema

. El principal punto de contacto entre el mundo exterior y otras partes de nuestro cuerpo, efectivamente son nuestras manos. Y desde la instauración de los protocolos de la emergencia mundial sanitaria se debe llevar una constante y correcta higiene de manos, además de que es crucial para evitar la transmisión de infecciones y la primera barrera para protegernos y proteger al resto. Se puede adquirir la rutina de lavarlas con frecuencia y hacerlo con el cuidado que requiere en diferentes momentos del día, como al entrar en casa, lugares públicos, medios de transporte, o antes y después de comer. (OMS, 2020)

Desde que se presentó la emergencia Mundial Sanitaria por la pandemia de COVID-19 las prácticas de lavado de manos de las personas varían y son difíciles de regular. Esto puede desperdiciar mucha agua. Recomendado por la OMS todos deberíamos enjabonarnos y restregarnos las manos durante al menos 20 segundos para una higiene óptima de las manos, pero con una grifería convencional podemos llegar a consumir hasta 12 litros de agua por cada lavado de manos. (EL COMERCIO, 2021) Educar a la gente sobre el cierre del grifo es fundamental, pero requiere tiempo, depende de un cambio de comportamiento o podría ser imposible en algunos edificios públicos.

El presente proyecto va a permitir un ahorro de agua utilizando un sistema basado en niebla. Esto requiere menos del 95% del agua que se necesitaría en el lavado de manos tradicional basado en el grifo. Lo que como consecuencia se espera obtener un ahorro perceptible en el pago de facturas por consumo, además, reducir la media de consumo doméstico de agua y beneficios económicos. Finalmente, esta aplicación tiene objetivo de garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos de aquí a posteriores años.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Desarrollar un sistema embebido controlado que permita la limpieza y desinfección de manos mediante el método de neblina para la disminución del desperdicio de agua de uso doméstico.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar sobre el método de limpieza y desinfección de manos por neblina.
- Determinar los componentes adecuados para el sistema electrónico, dependiendo de los requerimientos que este deba cumplir mediante la metodología en cascada.
- Desarrollar el método de adaptación tanto para el sistema de lavado de manos y monitoreo, así también el diseño de la estructura física del sistema.
- Comprobar resultados mediante las pruebas de funcionamiento y obteniendo la comparativa del consumo de agua antes y después de aplicar el sistema.

1.4. Alcance

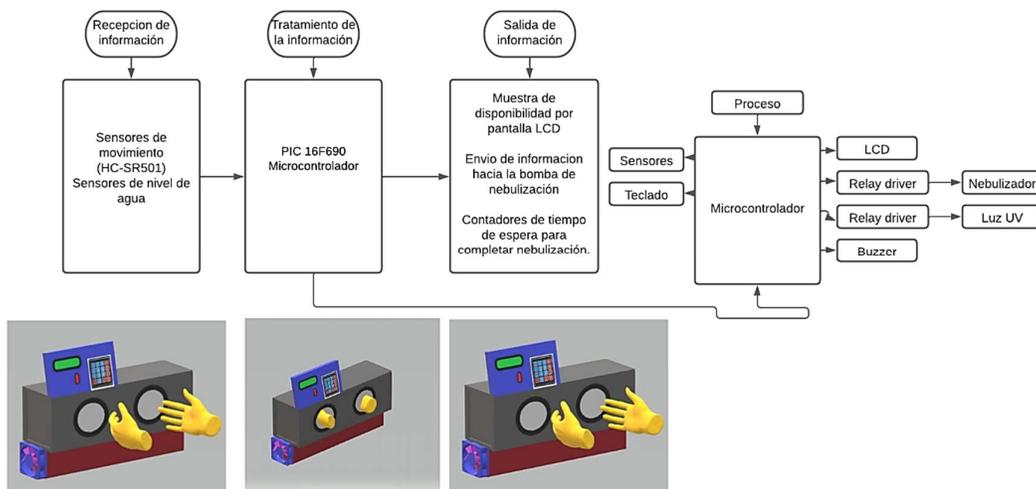
Para el desarrollo del presente proyecto de Titulación se abordará minuciosamente las bases teóricas de este método de desinfección FOG y los respaldos que ayudaría a medir el grado de limpieza que genera la nebulización de desinfectantes con esto se logrará escoger el

nebulizador sanitizante que se encarga de limpiar y esterilizar las manos disminuyendo la carga microbiana.

El sistema electrónico contempla todos los requerimientos necesarios para la ejecución de las distintas fases de proceso del sistema e instalación de los componentes, por esto se seleccionó la metodología en cascada que es un proceso de desarrollo secuencial y así determinar los componentes de hardware y software. Por lo que el sistema tendrá la adquisición de datos mediante los sensores en las entradas de la cámara que detectara la presencia de manos, de tal manera enviará esta información al sistema que ejecutara los tiempos de desinfección establecidos y evaluara los resultados de la desinfección mediante luz UV como se puede observar en el diagrama de arquitectura de la Figura 1.

Figura 1

Arquitectura de proyecto



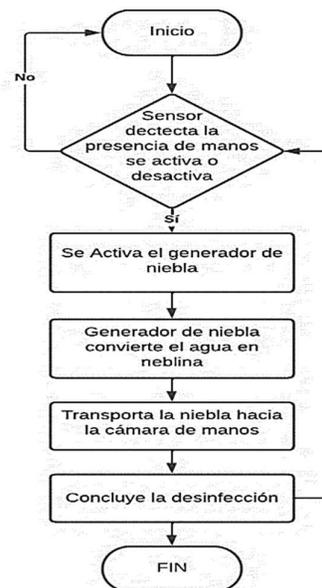
Nota: La Figura representa la arquitectura del proyecto y desarrollo según sus fases. Fuente: (Autoría Propia)

El sistema está integrado con un tanque que se llena con agua junto con cualquier líquido desinfectante. Cuando el usuario inserta sus manos en la cámara del sistema los

sensores detectan la presencia de estas y se activa automáticamente un sistema de nebulización que convierte el agua del tanque en niebla y la conduce a la cámara de lavado de manos mediante los conductos de este. Ahora Fog tiene la capacidad de llegar a todos los rincones de la mano en menos de 5 segundos ya que se encuentra en estado gaseoso. Después de 5 a 15 segundos de exposición a la niebla de agua en la mano del usuario se lava con la misma. Esto requiere menos del 95% del agua que se necesitaría en el lavado de manos tradicional basado en el grifo. La máquina consta de un ventilador de aire que se necesita para impulsar la niebla hacia la cámara de lavado de manos y está impulsada por un sistema de control basado en programación que permite la configuración manual. Estos ajustes incluyen el tiempo durante el cual la máquina debe conducir la niebla por cada uso como se puede observar en el diagrama de flujo de la Figura 2.

Figura 2

Diagrama de flujo de funcionamiento del sistema



Nota: El diagrama representa el orden en el que se considera el trabajo del sistema. Fuente: (Autoría Propia)

Para comprobar y validar el funcionamiento e impacto del sistema electrónico se realizarán pruebas que incluyen la medición de agua ahorrado además del ahorro por consumo mostrando una comparativa con la práctica de desinfección de manos por medio del sistema de FOG a diferencia del uso de agua habitual.

1.5. Justificación

Los artículos y objetos que plantea la Ley Orgánica De Recursos Hídricos Usos Y Aprovechamiento De Agua mencionan el cuidado de este recurso y el control responsable, con la finalidad de incorporar prácticas de cuidado de este patrimonio mencionado desde el Artículo 1.

“El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria” (Asamblea Nacional, 2014)

Además, en el Artículo 3 de la misma ley desglosa en diferentes términos que se debe preservar el líquido vital por esta razón se tiene el control riguroso de cada proceso para su gestión, uso y recuperación con la finalidad de garantizar el Buen Vivir de los ecuatorianos y los derechos a la naturaleza.

Art. 3.- El objeto de la presente Ley es garantizar el derecho humano al agua, así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el SUMAK KAWSAY o BUEN VIVIR y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución. (Asamblea Nacional, 2014)

Se puede analizar también los ODS u Objetivos de Desarrollo Sostenible creado por las Naciones Unidas y adoptado por Ecuador en el 2020, impulsa varias acciones detalladas

en 17 objetivos para acabar con la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad. El objetivo 6 AGUA Y SANEAMIENTO (Naciones Unidas, 2015) menciona que de aquí a 2030, se pueda aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren por falta de este recurso.

Reducir el agua utilizada en el lavado de manos por medio del sistema FOG terminará ahorrando no sólo la cantidad que consumimos, sino también disminuyendo aquella que necesita ser tratada. Apoyado por los artículos y objetivos planteados anteriormente el sistema FOG va directamente a contribuir a conservar el líquido vital y en el futuro fortalecer el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua.

CAPÍTULO 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

En el presente capítulo 2 se detalla los fundamentos teóricos en los que se apoya el proyecto de investigación. Se detallan títulos destacados como la importancia de la sanitización de las manos, formas más usuales de contaminación, la teoría que respalda el uso de la niebla fina para desinfección y así también la descripción de dispositivos y el software con el que se desarrolla el proyecto de investigación.

2.1. Contaminación bacteriana de manos

Los gérmenes, organismos como las bacterias y los virus, pueden ser transmitidos de maneras diferentes, especialmente al tocar con las manos la suciedad. Otras maneras de propagar gérmenes incluyen:

- No se puede descartar que el agua contaminada es un factor de contaminación bacteriana de manos.
- a través de partículas expulsadas durante la tos o un estornudo
- Superficies contaminadas
- A través de los flujos corporales de una persona enferma

Es imposible determinar cuántos virus, bacterias, hongos y otros microorganismos tenemos en la piel de las manos. Pero ciertamente se multiplican por miles, mucho más si tenemos en cuenta que se multiplican rápidamente. Está científicamente demostrado que son muchas las enfermedades que pueden transmitirse a través de las manos: forúnculos, abscesos, distintos tipos de patologías eruptivas, parásitos, resfríos, hepatitis.

Es sumamente crucial lavarse las manos después de mudar pañales, luego de ir al baño y antes y durante la preparación de alimentos. También es correcto hacerlo cuando se manipulan objetos o utensilios sucios como bolsas para desechar residuos, trabajar en

el jardín o higienizar a los niños tras utilizar el servicio sanitario. Dado que nosotros los seres humanos inevitablemente entramos en contacto con millones de microorganismos presentes en la zona genital una región repleta bacterias fecales es imprescindible mantener nuestras manos limpias. (Teresa, 2008)

2.2. Tipo de actividades requieren desinfección de manos más frecuente

Durante el día, los gérmenes se acumulan en las manos debido a la interacción con otras personas y objetos. Estos microorganismos pueden infectar si entran en contacto con ojos, nariz u boca, así como ser transmitidos a otros individuos. Aunque es imposible evitar completamente tener gérmenes en nuestras manos; lavándolas frecuentemente con agua y jabón puede disminuir la transmisión de bacterias, virus y demás agentes patógenos.

Es importante recordar lavarse las manos antes y después de realizar lo siguiente:

- La preparación y consumo de alimentos.
- Atender lesiones o velar por la salud de un paciente.
- Interactuar con elementos o áreas que son de uso común para muchas personas, como las manijas de puertas, los dispensadores de combustible y los carros del supermercado.
- Ingresar o salir de un espacio público.
- Poner o retirar lentes de contacto.
- Después de realizar las siguientes actividades, asegúrate siempre de lavarte las manos:
- Utilizar el retrete, cambiar un pañal o higienizar a un niño que empleó el sanitario.
- Toque un animal, suministre alimento para animales o maneje desperdicios de animales.
- Manejar desechos.

- Preparar alimentos y golosinas para mascotas.

2.3. Carga bacteriana en espacios públicos y uso diario

Muchos de los espacios públicos que se frecuenta habitualmente son el foco de bacterias y algunos dispositivos u artefactos de uso colectivo también son el nicho de bacterias y a continuación se detalla los principales:

2.3.1. Pantallas táctiles

Figura 3

Uso de pantallas táctiles



Nota: Adaptado de Public Hot Spots for Germs, por Carol DerSarkissian, 2021, <https://www.webmd.com/cold-and-flu/ss/slideshow-public-germs>.

Un estudio reveló que manipular pantallas, ya sea para pedir comida o usar cajeros automáticos como se muestra en la Figura 3, no es sorprendente que albergue gérmenes (ya que son "pantallas táctiles"). Sin embargo, se encontraron tipos de bacterias perturbadoras durante los experimentos en las pantallas de ocho restaurantes de comida rápida. Se descubrieron bacterias fecales que causan infecciones típicamente adquiridas en hospitales y estafilococos conocidos por causar envenenamiento de la sangre. Puede ser mejor optar por hacer cola y hacer pedidos a través de un mostrador.

2.3.2. Gimnasios

Los gimnasios comúnmente ofrecen una forma de limpiar el equipo antes de usarlo. Aunque uno va allí para recuperarse, el lugar es el hogar de una amplia gama de gérmenes como el uso de pesas o instrumentos como se muestra en la Figura 4. Eso es porque las bacterias saltan de nuestra piel a todo lo que tocamos. Un estudio mostró que las pesas libres y los mangos de las máquinas elípticas albergaban especies que se encuentran comúnmente en los baños.

Figura 4

Contaminación con pesas de los gimnasios



Nota: Adaptado de Grado de contaminación microbiana de las manos, por Teresa Valencia, 2008, https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/1434/Valencia_bj.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20microbiana%20en%20las,%20deterioro%20de%20su%20salud.

2.3.3. Manijas de carrito de supermercados

Los carritos de compras de las tiendas de comestibles como se indica en la Figura 5 son uno de los peores infractores, especialmente porque alternan entre asas de carrito resistentes y alimentos frescos.

Figura 5

Uso de carritos de supermercado



Nota: Adaptado de Grado de contaminación microbiana de las manos, por Teresa Valencia, 2008, https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/1434/Valencia_bj.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20microbiana%20en%20las,%20deterioro%20de%20su%20salud.

Además, las bolsas de supermercado reutilizables también pueden causar problemas, especialmente si la comida se derrama sobre ellas. Después de todo, la comida lleva su propio conjunto de patógenos, aparte de los virus que pueden causar el resfriado común.

En 2011, investigadores de la Universidad de Arizona y la Universidad de Loma Linda descubrieron que solo el 3 por ciento de los compradores dicen que lavan sus bolsas con regularidad; El 99 por ciento de las bolsas analizadas contenían algún tipo de bacteria. Algunos incluso contenían E. coli, un indicador de materia fecal. (Universidad de Arizona, 2011).

2.3.4. Menús de restaurante

Al frecuentar restaurantes u bases siempre se manipula los menús que proporcionan estos establecimientos la mayoría no realiza la desinfección de estos menús después de ser utilizados por cada mesa y se convierten en albergue para las bacterias.

Figura 6*Manipulación de menús de restaurantes*

Nota: Adaptado de Assessment of the Potential for Cross Contamination of Food Products by Reusable Shopping Bags (p. 20) por Universidad de Arizona, 2011.

La manipulación de menús de papel como se muestra en la Figura 6 se estima que algunos tienen 100 veces más bacterias que el asiento de un inodoro. A pesar de que mucha gente los toca, la mayoría solo se limpian una vez al día, si es así, y generalmente con un trapo sucio. No te laves las manos antes de sentarte. En su lugar, lávese después de ordenar. Y nunca ponga sus cubiertos encima del menú. (Universidad de Arizona, 2011)

2.3.5. Cajeros automáticos

Al manipular efectivo y realizar retiros de cajeros automáticos, se produce una concentración de bacterias en los teclados o pantallas compartidas. Gran cantidad de personas que utilizan dichos dispositivos pueden obtener en sus manos, dejándolas impregnadas sobre los botones del cajero.

Figura 7

Uso cajeros automáticos



Nota: Adaptado de Assessment of the Potential for Cross Contamination of Food Products by Reusable Shopping Bags (p. 23) por Universidad de Arizona, 2011.

Tanto los teclados como el dinero en efectivo y las puertas giratorias de los clientes bancarios son considerados repulsivos, según la Figura 7. Sorprendentemente, un billete puede albergar el virus de la gripe por hasta 17 días sin que nadie tome precauciones para su manejo. Aunque se cree que dentro de poco tiempo serán implementadas pantallas táctiles con vidrio antimicrobiano en cajeros automáticos para combatir enfermedades respiratorias comunes durante esta época del año, actualmente lo mejor es utilizar un bolígrafo al momento de presionar sus botones. (Universidad de Arizona, 2011)

2.4. Transmisión bacteriana a través de las manos

Aunque es verdad que algunos patógenos no son eliminados por el agua y jabón común, aquellos que sobreviven quedan rodeados de las moléculas del jabón y pueden ser removidos con el enjuague. Usualmente se considera necesario utilizar jabones antibacterianos para la mayoría de los propósitos, excepto en situaciones específicas como hospitales donde hay procedimientos invasivos o pacientes inmunocomprometidos en áreas críticas intensivas. Cuando se deseé persistente actividad antimicrobiana y antibacteriana sobre las manos a través

del uso de agentes anti-bacteria debe tenerse cuidado al elegir sus ingredientes activos y características adecuadas.

En caso de falta de agua y jabón, se puede optar por utilizar desinfectantes líquidos o exfoliantes sin necesidad de enjuague. Algunos productos están compuestos con emolientes que suavizan la piel e ingredientes adicionales al alcohol etílico. Se encuentran presentados como geles o toallitas húmedas. Los geles a base de alcohol deben contener una concentración mínima del 60% para proporcionar el efecto deseado. Sin embargo, no garantizará eliminación total contra todos los tipos dañinos patógenos. (CAMPO, 2019)

Figura 8

Transmisión de bacterias por contacto



Nota: Adaptado de Biology of Hand-to-Hand Bacterial Transmission por ROSA DEL

CAMPO, 2019,

[https://www.researchgate.net/profile/RosaCampo/publication/330504451_Biology_of_Hand-to-Hand_Bacterial_Transmission/links/5d31c7ea299bf1995b3824fc/Biology-of-Hand-to-](https://www.researchgate.net/profile/RosaCampo/publication/330504451_Biology_of_Hand-to-Hand_Bacterial_Transmission/links/5d31c7ea299bf1995b3824fc/Biology-of-Hand-to-Hand-Bacterial-Transmission.pdf)

[Hand-Bacterial-Transmission.pdf](https://www.researchgate.net/profile/RosaCampo/publication/330504451_Biology_of_Hand-to-Hand_Bacterial_Transmission/links/5d31c7ea299bf1995b3824fc/Biology-of-Hand-to-Hand-Bacterial-Transmission.pdf)

La transmisión de infecciones tiene importantes implicaciones económicas y sociales, pero cuantificar o establecer cómo se transmiten los patógenos suele ser un desafío debido a las complejas interacciones entre el aire y las superficies, la variabilidad en los comportamientos y la dificultad para detectar patógenos viables en ambientes interiores.

Los gérmenes pueden propagarse de la nariz, boca o incluso los ojos a las manos y luego transferirse a otras personas al estornudar, toser o frotarse los ojos. Sin embargo, lavarse periódicamente las manos puede ser una medida crucial para prevenir posibles enfermedades como el resfriado común y/o infecciones en los órganos visuales. Este sencillo acto garantiza cuidados adecuados no solo para uno mismo sino también para amigos y familiares cercanos.

Lavado de manos y alimentos: En general, las bacterias se propagan desde las manos sucias hacia la comida por parte del manipulador que no realiza una adecuada higiene luego de ir al baño. Posteriormente, quienes consumen los comestibles también pueden verse afectados. Sin embargo, este problema puede prevenirse fácilmente con un correcto lavado frecuente antes de cocinar o después de usar el sanitario.

Los gérmenes pueden transferirse de los alimentos crudos como el pollo a las manos durante la preparación de una comida, y posteriormente contaminar otros alimentos sin cocinar, tal como sucede con la ensalada. Aunque cocinar adecuadamente un alimento crudo puede eliminar los microorganismos iniciales presentes en el mismo, no ocurre lo mismo cuando se trata del caso mencionado anteriormente.

Transmisión por actividad de los padres: Durante el cambio de pañales, los gérmenes que provienen del niño con diarrea se ampliaron a las manos de sus padres. Si éstos no proceden inmediatamente a lavarse, los microorganismos causantes pueden propagarse hacia otras personas. (Healt, 2022)

2.5. Prevención de la propagación de virus y bacterias

Para prevenir el contagio de enfermedades infecciosas, es importante tener en cuenta que algunas pueden ser transmitidas a través del contacto con objetos o superficies contaminadas por una persona infectada. Para evitar su propagación, se recomienda realizar una limpieza regular y minuciosa de las áreas más frecuentemente tocadas en el hogar como mesas, bancos, manijas de puertas e interruptores de luz; aunque también hay que considerar juguetes y grifos entre otros elementos cotidianos probables a la transmisión viral.

Para limpiar las superficies, deberá utilizar agua caliente con jabón o un producto de limpieza común para el hogar. Es importante seguir siempre las instrucciones del fabricante en cuanto al uso correcto del producto. Además, se recomienda usar paños desechables o toallas de papel cuando sea posible para la tarea y si utiliza paños reutilizables estos deben ser previamente desinfectados antes y secados después de su uso.

- Lavarse las manos es una de las mejores maneras de protegerse de enfermarse. Lávese las manos antes de preparar o comer alimentos y después de sonarse la nariz, toser o estornudar. Además, lávese las manos después de usar el baño, sacar la basura, cambiar pañales, visitar a alguien enfermo o jugar con una mascota. Las pautas para el lavado de manos recomiendan lavarse las manos con frecuencia con agua y jabón durante al menos 20 segundos. Frote las palmas de las manos y las uñas, entre los dedos y el dorso de las manos. Si no hay agua y jabón disponibles, use un desinfectante de manos con al menos un 60 por ciento de alcohol y cubra todas las superficies de sus manos.
- Evitar el contacto con la cara: La mayoría de las personas se tocan la cara más de 20 veces por hora. Para ayudar a prevenir infecciones, mantenga las manos alejadas de los ojos, la nariz y la boca. Tocarse la cara con las manos puede permitir que los gérmenes que causan infecciones entren en su cuerpo.

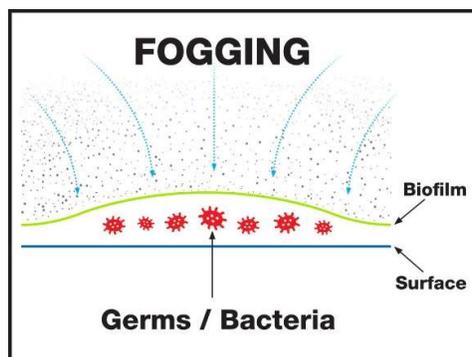
- Cubrirse al toser y estornudar: Muchas enfermedades se transmiten a través de la tos y los estornudos. Cuando tose o estornuda, los gérmenes pueden viajar varios pies. Para evitar la propagación de gérmenes, cúbrase la boca y la nariz con un pañuelo desechable. Deseche los pañuelos usados y lávese las manos. Si no tiene un pañuelo desechable, tosa o estornude en la parte interior del codo.
- Limpiar y desinfectar: Limpia y desinfecta objetos y superficies que tocas con frecuencia. Esto incluye picaportes e interruptores de luz, mesas y encimeras, escritorios, inodoros, grifos y lavabos. Además, no olvides desinfectar tu celular y teclado. Al desinfectar su teléfono celular, evitar los aerosoles o la lejía. Se puede usar una toallita suave que tenga un 70 % de alcohol isopropílico. Además de lavarse las manos después de terminar bacterias y los virus aún pueden sobrevivir en los paños húmedos.

2.6. Limpieza y desinfección por niebla

Cuando se trata de la desinfección del lugar de trabajo, el servicio conocido como 'fogging' se ha promocionado ampliamente como se muestra el proceso en la Figura 9. La nebulización tiene muchos nombres, incluida la protección antimicrobiana, las barreras desinfectantes y la desinfección residual, y la ciencia que lo respalda es igual de turbia.

Figura 9

Protección de la desinfección por niebla



Nota: Adaptado de ¿Is fogging effective for sanitising? por CrestClean, 2021, <https://crestclean.co.nz/2021/04/is-fogging-effective-for-sanitising/>

Las afirmaciones de que un desinfectante 'penetra' o se adhiere a todas las superficies que toca y lo protege de enfermarse hasta por 30 días son engañosas y peligrosas.

2.6.1. Desinfección por nebulización

Cuáles son los diferentes tipos de limpieza por nebulización Los tres tipos más comunes de limpieza por nebulización son húmedo, seco y ultra seco.

- La nebulización húmeda utiliza una solución de limpieza a base de agua que se dispensa en el aire como una fina niebla. Este tipo de proceso de desinfección es mejor para limpiar superficies que no son sensibles a la humedad.
- La nebulización en seco utiliza una solución de limpieza a base de solventes que se dispensa en el aire como una fina niebla. Este tipo de proceso de limpieza es mejor para limpiar superficies sensibles a la humedad.
- La nebulización ultra seca utiliza una solución de limpieza a base de aceite que se dispensa en el aire como una fina niebla.

Limpiar y desinfectar superficies de forma respetuosa con el medio ambiente puede lograrse mediante la técnica de nebulización. Este método consiste en generar una niebla a baja presión para eliminar impurezas sin emplear productos químicos dañinos. Comúnmente utilizado en espacios comerciales e industriales, resulta especialmente mejorado para disminuir la acumulación de suciedad y polvo.

La nebulización ha sido utilizada en diversas industrias como la agrícola, automotriz, alimentaria, sanitaria, educativa y aeroespacial para llevar a cabo tareas de limpieza. Existen

numerosas razones por las cuales es importante desinfectar y asegurar la limpieza de su entorno.

- Puede colaborar en la eliminación de bacterias, virus y hongos que pueden estar presentes.
- Se puede reducir el riesgo de contraer infecciones respiratorias al recibir ayuda.
- Contribuye a mejorar la calidad del aire
- Mejorar su salud integral es posible con ayuda.
- Ayuda a disminuir la cantidad de polvo en el ambiente.
- Se puede contribuir a disminuir la presencia de alérgenos en el aire.

Una máquina nebulizadora es ideal para la desinfección y esterilización generalizada, especialmente en áreas grandes como almacenes y entornos que contienen equipos especializados o difíciles de limpiar, como hospitales. Utilizado con el desinfectante se podría garantizar una tasa de eliminación instantánea del 99,9 % de microorganismos, bacterias y virus sin la necesidad de que esté presente un operario. (CrestClean, 2021)

2.6.2. Dry Fog

Para comprender qué es la niebla seca, debe comprender qué es una micra. Ahora, una micra es extremadamente pequeña. Si tomas un milímetro y lo cortas en mil partes, una de esas partes sería una micra. Entonces, la niebla seca es de cero a diez micrones. Y solo como referencia; un cabello humano tiene alrededor de cien micras, y es difícil para el ojo humano ver por debajo de las treinta micras. Entonces, la niebla seca es de cero a diez micrones, y es extremadamente pequeña. Y se evapora, por lo que cuando Dry Fog entra en el aire, se evapora y cambia el contenido de humedad del aire. (Krishnan, 2019)

De cero a diez micras es en lo que nos enfocamos: ese rango de niebla seca. la niebla es más grande, tiene hasta treinta micrones, y la niebla llega a alrededor de cien micrones. Y el rocío puede ser de hasta... digamos, 250 micrones. Y eso es beneficioso, porque de cero a diez micrones, obtienes una cobertura completa. Además, la microbiología, específicamente los microbios, miden alrededor de una micra, y el tamaño de nuestras gotas de agua es de alrededor de ocho micras.

Entonces, nuestra gota de agua puede brindar microbiología a las plantas, y eso agrega muchos beneficios. Entonces, la niebla seca nuevamente tiene un tamaño de cero a diez micrones y se evapora en el aire.

2.7. Nebulizadores de niebla fina

Se puede definir como un humidificador compacto, pero de alta potencia que ahorra energía y crea una niebla de calidad con un bajo consumo de aire. Se puede utilizar en muchas aplicaciones como humidificación, control de humedad, prevención de electricidad estática, prevención de la adhesión de polvo, supresión de polvo, desinfección y también curado.

Una niebla es una suspensión de pequeñas gotas de líquido en un gas como se muestra en la Figura 10 (generalmente aire) que se caracteriza por la distribución del tamaño de sus gotas. Esto puede variar mucho, pero la mayoría de las personas describen las nieblas en términos cualitativos sin preocuparse por los diámetros de las gotas y demás. No existe una coincidencia generalmente aceptada de estos términos descriptivos cualitativos y tamaños de gota, pero una correspondencia aproximada podría ser: niebla seca (diámetro medio volumétrico de 5 a 15 micras); niebla húmeda (20-30 micras VMD); niebla (30-60 micras); pulverización fina (más de 60 micras), etc.

Figura 10*Funcionamiento de los nebulizadores de niebla fina*

Nota: Adaptado de Disinfection by fogging por IBL, 2022,

<https://www.iblspecific.com/en/disinfection-by-fogging/>

La visibilidad de una niebla depende de la capacidad de las gotas para dispersar o reflejar la luz. Al igual que con el tamaño de las gotas, la visibilidad varía ampliamente. Como era de esperar, las gotas más grandes son más fáciles de ver. Las gotas pequeñas, particularmente en el rango ULV (volumen ultra bajo) de menos de 15 micrones, son prácticamente invisibles sin iluminación especial.

La estabilidad de la niebla también varía ampliamente. Los factores importantes son: el tamaño de las gotas; la humedad relativa; volatilidad del líquido, tensión superficial y densidad; corrientes de aire; distribución de tamaño de partícula; la temperatura; y superficies de condensación. Afortunadamente, no es necesario predecir el comportamiento de la niebla. Solo pensar en su aplicación generalmente sugerirá qué tipo de niebla sería mejor (y, a veces, incluso qué equipo usar).

Por ejemplo, una niebla "seca" de pequeñas gotas es superior cuando desea que las gotas se difundan ampliamente, cuando la humectación puede provocar corrosión o cuando tiene una aplicación de contacto con gas, como el control de olores. Las gotas pequeñas tienen una mayor relación superficie/volumen; es más probable que sean transportados por las corrientes de aire o de viento predominantes; y se difunden fácilmente con propiedades similares a las de los gases.

Por otro lado, una niebla "húmeda" de gotas más grandes es mejor cuando se trata de asentar polvo o partículas de asbesto, y cuando se aplican ciertos productos químicos de limpieza, desinfección o control de moho que requieren que se humedezca la superficie. En tal trabajo, la nebulización puede ofrecer ventajas significativas sobre los procedimientos tradicionales de "cubo y trapeador": aplicación más rápida, cobertura más uniforme y tiempo de secado rápido.

2.7.1. Principio de atomización

La corriente de gotitas atomizadas choca con la otra corriente de gotitas debido a la acción de cizallamiento del aire comprimido expulsado del orificio de la boquilla. Simultáneamente con la acción de corte, se genera una onda ultrasónica complementaria de 3,3 a 40 000 Hz para atomizar e igualar aún más la gota.

2.7.2. ¿Por qué no se moja?

Las pequeñas burbujas/gotas de agua no mojan nada porque rebotan en la superficie que tocan. Como la tensión superficial es alta, en comparación con una gota de agua/burbuja más grande, no estallará ni mojará el medio ambiente. La niebla seca es una niebla muy fina con un diámetro de gota promedio de 10 μm o menos.

2.8. Beneficios de la eficacia del sistema de nebulización seca

La desinfección por niebla seca se destaca entre otros métodos gracias a sus muchos beneficios, que incluyen un rendimiento sobresaliente, tiempos de proceso cortos, bajo impacto ambiental y facilidad de uso.

Entonces, hay seis usos principales para la niebla seca:

- Eliminación de polvo y olores: La niebla seca se usa en operaciones mineras industriales y granjas de pollos y cerdos para reducir el olor y el polvo.
- La niebla seca se usa en hospitales para esterilizar quirófanos, para matar moho, bacterias y virus. Tienes que poner algo en el agua para que la niebla seca sea un medio de esterilización, pero se puede hacer.
- La niebla seca se usa en invernaderos y también en sistemas HVAC para enfriar el aire. Al agregar niebla seca al aire, se evapora y baja la temperatura del aire.
- La niebla seca es realmente buena para aumentar la humedad en el aire. Se usa en invernaderos y también se usa en cuartos de almacenamiento de barriles de vino para evitar que los barriles se agrieten o se sequen.
- La niebla seca es extremadamente eficiente para cubrir la superficie de la hoja, por lo que las boquillas de niebla seca se pueden usar en un invernadero para automatizar el proceso de pulverización foliar.

El principal uso que observa para la niebla seca es en la aeropónica, ya que esta técnica presenta dos ventajas clave: su gran eficiencia en el consumo de agua y el tamaño de micras permiten una adecuada formación del velo radicular. Pocos sistemas pueden lograr esto, pero sí lo hace la neblina seca. Por lo tanto, existen ciertos beneficios importantes de la niebla seca que se menciona a continuación:

- La automatización se logra fácilmente en invernaderos o habitaciones interiores con el uso de boquillas de niebla seca. Estas son impulsadas por aire comprimido, lo que permite un control sencillo del proceso automatizado. Al automatizar el proceso de pulverización foliar o humidificación, reducirá sus costos laborales y logrará un menor costo total en la producción del invernadero.
- Al reducir los riesgos para la salud, se evita que los empleados estén expuestos a pesticidas orgánicos u otros peligros en el entorno laboral. Al automatizar estas tareas, no habrá ningún tipo de riesgo para su bienestar y esto es crucial ya que constituye un costo significativo.
- Utilice la técnica de secado para disminuir los gastos en Manejo Integrado de Plagas (MIP). Así, se reducirán todos aquellos costos relacionados con el uso microbiológico y rociamientos potenciales en su cultivo, permitiéndole utilizar una menor cantidad de sustancias.
- Disminuye el gasto en pulverización foliar y nutrientes al reducir los costos de fertilizantes utilizados en un sistema aeropónico.
- Incrementar la salud vegetal es posiblemente lo más valiosa, ya que las plantas serán mucho más vigorosas al no verse afectadas por las esporas de moho, infecciones bacterianas u otras problemáticas virales. Puedes lograrlo con el uso de una niebla seca controlando algunas enfermedades.
- El control del DPV puede ser un proceso complicado, sin embargo, también se puede lograr mediante el uso de la niebla seca. (Jay, 2020)

2.9. Estado del arte

Actualmente no se ha propuesto o desarrollado dispositivos que permitan la desinfección de manos automatizada con nebulizadores sin embargo existen dispositivos que permiten verificar si las manos han sido sanitizadas correctamente esto en hospitales y centros de emergencias médicas. Por otro lado, el uso de la niebla seca si se usa habitualmente para desinfectar superficies y lugares de trabajo permitiendo la sanitización optima de estos espacios y en menor tiempo.

2.9.1. Dispositivo de control de desinfección de manos

La empresa CENTRAK desarrolló un dispositivo que verifica a si las personas que ingresaron a las habitaciones de los pacientes desinfectaron correctamente sus manos como se puede observar en la Figura 11. El sensor de cumplimiento de higiene de manos detecta cuando hay un gafete de personal cerca y si la persona ha activado el dispensador o la estación de lavado de manos de acuerdo con los protocolos personalizados de la instalación. Los datos de cumplimiento se pueden ver a nivel de hospital, departamento, rol o individuo, lo que permite a los centros de atención médica auditar los procesos de higiene de manos y facilitar las mejoras del flujo de trabajo.

Figura 11

Dispositivo de control de desinfección de manos



Nota: Adaptado de Hand Hygiene Compliance Monitoring por Centrak, 2023, <https://centrak.com/solutions/infection-control/hand-hygiene-compliance-monitoring>

2.10. Microcontroladores

Un microcontrolador es un circuito integrado compacto diseñado para gobernar una operación específica en un sistema integrado. Un microcontrolador típico incluye un procesador, memoria y periféricos de entrada/salida (E/S) en un solo chip. (Khamdamov, 2020)

2.10.1. ¿Cómo funcionan los microcontroladores?

Los microcontroladores funcionan en diferentes fases o secciones primero el programa y los datos se almacenan en la memoria. Cada instrucción se lee (obtiene) de la memoria, se interpreta (decodifica) y se ejecuta. La unidad aritmética lógica (ALU) realiza operaciones en los datos y luego los datos se transfieren (registro, memoria, I/ O) en secuencia el contador de programa (PC) indica la ubicación actual del programa en la memoria y se incrementa automáticamente después de cada instrucción y cada instrucción puede tomar varios ciclos de reloj.

2.10.2. Aplicaciones de microcontroladores

Los microcontroladores encuentran aplicación en variadas industrias, desde el ámbito doméstico y empresarial hasta la automatización edilicia, producción de bienes manufacturados, robótica automotriz e industrial, así como energía inteligente. Además, se utilizan para sistemas de iluminación y comunicaciones junto con implementaciones específicas del Internet de las cosas (IoT).

Los sistemas electromecánicos que se encuentran en artículos de conveniencia diaria, como hornos, refrigeradores y tostadoras son operados por microcontroladores simples. Los dispositivos móviles, llaveros, sistemas de videojuegos y televisores también utilizan estos controladores electrónicos. Además, se pueden encontrar combinados en máquinas de oficina tales como fotocopiadoras e impresoras láser junto con los medidores inteligentes más atractivos para computar estadísticas usadas en cajeros automáticos o incluso seguridad avanzada.

Los microcontroladores más favorables desempeñan funciones críticas en aviones, naves espaciales, buques oceánicos, vehículos, sistemas médicos y sistemas de soporte vital, así como en robots. En entornos médicos, estos controladores regulan las operaciones de un corazón, riñón u otros órganos artificiales y al mismo tiempo siguen desempeñando un papel decisivo en la funcionalidad de la prótesis. (Gunther, 2017)

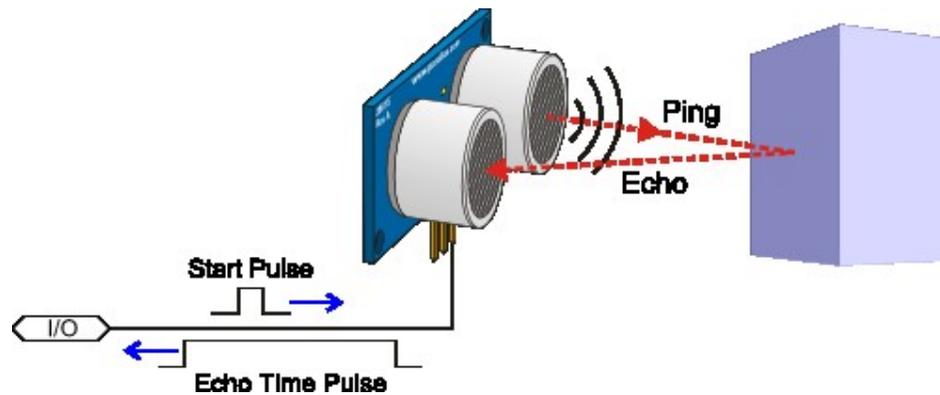
En este campo de investigación en la correcta desinfección de manos el uso de los microcontroladores también es indispensable para agilizar tareas o programar ciertas actividades. Por otro lado, en la nebulización de desinfectantes o de agua los microcontroladores se programan para organizar tiempos de riego en la agricultura o en la desinfección de superficies los microcontroladores son programados para establecer los periodos de nebulización y presión del agua.

2.11. Sensores ultrasónicos

Un sensor ultrasónico es capaz de medir la distancia a un objeto objetivo emitiendo ondas de sonido ultrasónicas y convirtiendo el sonido reflejado en señales eléctricas como se puede observar en la Figura 12. Las ondas ultrasónicas viajan a mayor velocidad que los sonidos perceptibles por los humanos. Consta principalmente de dos componentes, a saber, el transmisor (que utiliza cristales piezoeléctricos para emitir sonido) y el receptor (que detecta los sonidos emitidos después de que rebotan en los objetos).

Figura 12

Funcionamiento del sensor ultrasónico



Nota: Adaptado de Application of ultrasonic sensor for measuring distances in robotics, (p. 120) por Zhmud, 2018

Los sensores ultrasónicos se usan principalmente como dispositivos de proximidad, y están presentes en la tecnología para el estacionamiento automático de vehículos y sistemas anticolidión. Asimismo, los robots utilizan estos mismos sensores para detectar obstáculos mientras operan; además son empleados dentro del ámbito manufacturero. Comparado con los infrarrojos (IR) utilizados en las aplicaciones similares a detección de proximidad, estos últimos no resultan tan vulnerables ante interferencias procedentes tanto de humo o gas, así

como partículas variadas suspendidas debido al aire limitado, aunque si pueden ser afectados por variables físicas tales cual temperaturas ambientales. (Zhmud, 2018)

2.12. Nebulizador

Los nebulizadores funcionan creando una neblina de gotitas suspendidas en un gas que puede ser útil para la hidratación de las vías respiratorias, ambientación de espacios, desinfección de superficies y la administración de medicamentos. Existen diferentes tipos, como nebulizadores de chorro, de disco giratorio y ultrasónicos. Los nebulizadores de chorro toman alta presión gas para causar un diferencial de presión, que extrae líquido del depósito al gas. Esto hace que el líquido se rompa en un rocío.

Figura 13

Válvula de nebulización



Nota: Adaptado de Humidification and Filtration por Benjamin M. Hyers, 2021, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B80323672795000121>

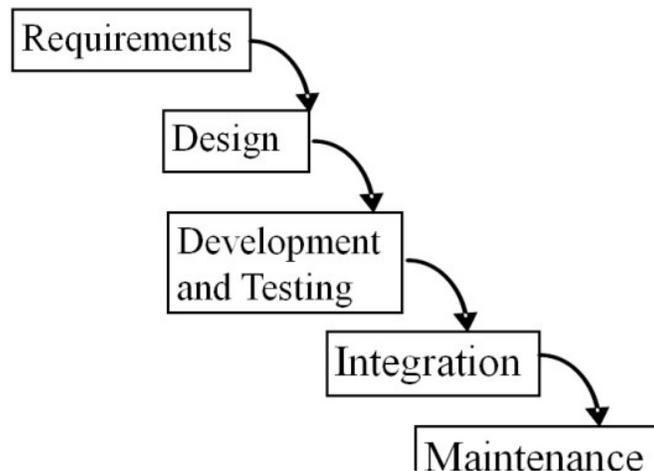
Los nebulizadores de disco giratorio utilizan fuerzas centrífugas para producir microgotas al extraer agua sobre un disco giratorio como se observa en la Figura 13. Los nebulizadores ultrasónicos utilizan vibraciones de alta frecuencia para crear una niebla. (Benjamin M. Hyers, 2021)

2.13. Metodología en cascada

El modelo de cascada es un sistema clásico que, como su nombre indica, se basa en la serie de principios. Cada fase de diseño posterior sigue una tras otra. Cada uno de ellos está sujeto a pruebas separadas y controles de usabilidad como se observa en la Figura 14. Si se requiere una modificación o reconstrucción, esta puede hacerse en la parte en cuestión y entre las personas responsables de esa parte. Realice tantas iteraciones como sea necesario para lograr el objetivo.

Figura 14

Referencia del modelo en cascada



Nota: Adaptado de The Waterfall Model and the Agile Methodologies: A comparison by project characteristics por Van Casteren, 2017

Hay ocho fases en el modelo general que deben completarse una tras otra. Primero, la teoría, es decir, la fase de concepto. Muy importante es una buena planificación. Le evitará volver a trabajar o comenzar todo de nuevo. El trabajo comienza tan pronto como se establece el marco teórico. Analizar, diseñar y construir, exactamente en este orden, es trabajar en la creación de la propia aplicación. Posteriormente, se realizan pruebas para detectar errores. La implementación de la aplicación tiene lugar después de que se completa el proyecto en la fase

de producción. Después del estreno, es hora de manejar el producto terminado. (Casteren, 2017)

2.13.1. ¿Cuáles son las ventajas del modelo en cascada?

Bajo ciertas condiciones, el modelo Waterfall cuenta con ventajas que lo favorecen. Para hacer uso de este método es necesaria una correcta planificación tanto del trabajo como del proyecto en general y mientras más detallada sea la descripción mejor será su utilidad para futuros trabajos de desarrollo especialmente cuando se trate de elementos técnicos complejos. Es importante tener un conocimiento claro sobre los objetivos, aplicaciones y necesidades específicas del cliente a fin de elaborar documentación altamente detallada durante el proceso pautado previamente que pueda ser utilizado por todos aquellos involucrados o relacionados al proyecto; para lograr finalmente lograr un cabo exitosamente.

Una ventaja adicional del modelo Waterfall es la falta de malentendidos. Un plan y una documentación estrictos establecen un ritmo de trabajo en el que no hay lugar para pausas para arreglar detalles. Esto proporcionará al equipo algo de comodidad mientras trabaja, ya que tienen requisitos predeterminados sin giros a ciegas ni sorpresas. El uso de una documentación completa basada en la planificación también significa una transferencia fluida de las partes del proyecto a un subcontratista o la introducción de nuevos especialistas sin transferir las fechas de finalización.

CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL SISTEMA

En este capítulo se presenta una descripción general del sistema y la metodología que se emplea (Modelo en cascada) para su diseño. Asimismo, se analizan los requerimientos del sistema para la selección de los componentes de hardware y software, además, el diseño de los dispositivos de trabajo.

3.1. Descripción General Del Sistema

En esta sección se describen los aspectos importantes, que se consideran a lo largo de las tareas (Pruebas de unidad, pruebas de integración, integración del sistema y validación), además, se describe el alcance y las limitaciones que se consideran para cumplir con las expectativas del proyecto.

3.1.1. Alcance Del Sistema

El sistema de desinfección de manos destinado a reducir el consumo de agua consta de cuatro partes fundamentales: detección de presencia de manos, un sistema de desinfección y un recuento del número de instancias desinfectadas.

El sistema de detección de manos incorpora sensores ultrasónicos calibrados para detectar manos dentro de la cámara de desinfección. Como su nombre indica, miden distancias mediante ondas ultrasónicas. El sistema funciona emitiendo un sonido ultrasónico desde uno de sus transductores y esperando que rebote en un objeto presente (las manos), siendo capturado el eco por otro transductor. La detección de manos dentro de la cámara de desinfección es proporcional al tiempo que tarda en llegar la señal de eco y esta es enviada al sistema de procesamiento de información.

En cambio, el sistema de información del PIC procesa la señal captada por los sensores ultrasónicos y amplía dicha información al procesador del PIC para realizar y monitorear una tarea. En este caso particular, a través de programación se asignan tareas específicas como

activar los relés que controlan la bomba y el atomizador durante un tiempo predefinido para dar luz verde o confirmación de trabajo. Cuando se han cumplido los tiempos establecidos, El PIC envía una señal a estos dispositivos solicitando cerrar su ciclo de trabajo en cuanto la desinfección se ha realizado completamente.

Finalmente, la sección de transmisión de datos funciona en dirección del PIC hacia el dispositivo que exhibe información: una pantalla LCD. Esta muestra el tiempo necesario para llevar a cabo cada desinfección manual y garantiza así un uso eficiente del sistema al mismo tiempo que indica que las personas han sido desinfectadas hasta ese momento para mantener un registro preciso sobre los niveles ahorrados de agua.

3.1.2. Limitaciones Del Sistema

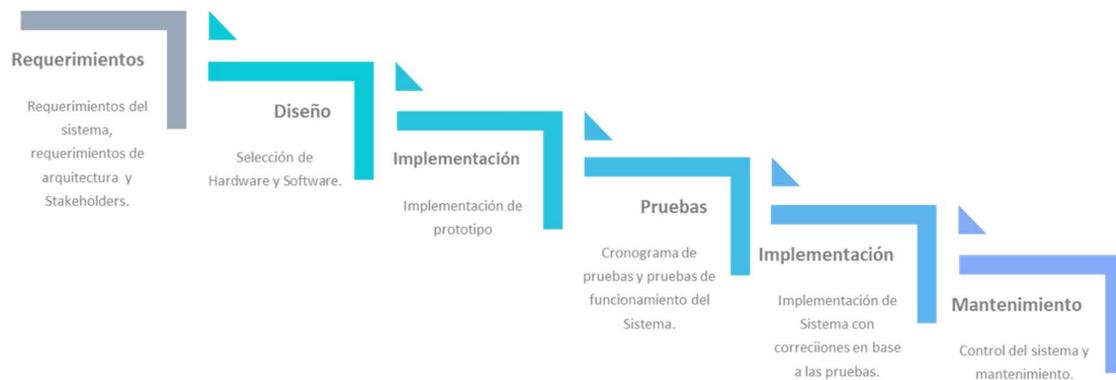
El sistema de desinfección de manos se provee de un tanque de desinfectante que se debe llenar cada vez que se termine al no estar directamente conectado al servicio de agua potable es imperativo que intervenga una persona para poder hacer el abastecimiento de desinfectante cada vez que se termine, además de que debe ser revisado cada cierto número de desinfecciones.

3.2. Metodología

A fin de llevar a cabo la investigación, se ha adoptado un Modelo en Cascada (véase la Figura 15) que contempla las etapas de requisitos, diseño, implementación, pruebas y mantenimiento. Esta metodología permite una ejecución más ordenada del proyecto al estructurar rigurosamente el ciclo del sistema y alcanzar los objetivos correspondientes fase por fase sin tener retroalimentación entre ellos; lo cual resulta particularmente útil para proyectos pequeños. Además, conviene destacar que es fundamental contar con requisitos precisos desde el inicio dado que rediseñar o realizar cambios pueden acarrear costes considerables adicionales y necesarios.

Figura 15

Modelo en cascada basado en el desarrollo del sistema por etapas



Nota: La figura representa las etapas de requisitos, diseño, implementación, pruebas y mantenimiento del sistema. Fuente: (Autoría propia)

En el primer bloque se establece los requerimientos del sistema abarcando las bases fundamentales como son requerimientos funcionales, requisitos de desempeño, requisitos técnicos del sistema y además especificaciones, además de los requerimientos de arquitectura que pueden ser medibles incluyendo software y hardware y Stakeholders que vienen a establecerse de la parte de los usuarios o de las personas interesadas en el sistema.

Basándose en el primer bloque con los requerimientos ya establecidos se realiza la selección de hardware y software a utilizar para implementar el prototipo de este modo se puede pasar al bloque de pruebas en el que se procede a validar el funcionamiento tanto de hardware y software en base al cronograma de pruebas después de esto se evalúa si se producen errores y en secuencia realizar las correcciones apropiadas como se marca en el quinto bloque, de ser necesario se realizan más pruebas y se retroalimenta las correcciones hasta que el prototipo funcione sin ningún inconveniente y cumpla con los objetivos.

3.3. Propósito del sistema

El objetivo fundamental del sistema de nebulización para desinfectar las manos es brindar a los individuos un modelo efectivo que les facilita la tarea adecuada de higienizar sus manos, disminuyendo así el uso excesivo y el desperdicio de agua potable, lo cual conlleva múltiples ventajas.

En este contexto, se llevará a cabo una investigación basada en la metodología de cascada que contemplará el análisis de los siguientes aspectos: requisitos necesarios durante cada fase del proceso, diseño interno del software y estructura correspondiente, programación e implementación acorde con los requisitos especificados previamente, verificación exhaustiva para garantizar su correcto funcionamiento y mantenimiento periódico destinado a verificar que el sistema opere adecuadamente en su lugar final.

3.3.1. Objetivos del sistema

Se lleva a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica de artículos científicos, revistas y libros relacionados con el tema para llevar adelante la investigación. También se analizan implementaciones similares existentes. Por lo que se considera importante describir los resultados esperados del prototipo:

- Diseñar el sistema de detección de manos mediante la implementación electrónica de los sensores y la correcta programación del sistema, para el correcto funcionamiento de la detección de manos y activar los siguientes procesos.
- Elaborar el código de programación que controle los tiempos de activación y desactivación de la bomba y los relés que permiten la desinfección de manos.
- Validar los resultados del prototipo con varias pruebas de funcionamiento y como se desenvuelve en el hogar, con esto se procederá a realizar la comparativa de ahorro de agua en relación con el procedimiento tradicional de lavado de manos.

3.3.2. Beneficiarios

Las personas que se beneficiarán directamente del prototipo son aquellas que buscan ahorrar agua en sus hogares y disminuir los costos mensuales, dependiendo de la frecuencia con la que utilicen el dispositivo. Además, este les asegura una correcta desinfección de manos. Por otro lado, también hay un impacto indirecto positivo en el medio ambiente ya que al reducirse el consumo de agua para su tratamiento y distribución a domicilios particulares se reduce igualmente la energía necesaria para estos procesos lo cual favorece inicialmente a evitar la contaminación ambiental.

3.4. Requerimientos del sistema

A fin de establecer los requisitos indispensables del sistema, se utiliza como punto de referencia el ISO/IEC / IEEE 29148:2011 (ISO/IEC. /IEEE, 2011), que presenta una serie de pautas para describir aspectos propios a los requisitos de ingeniería. Este estándar es válido tanto en productos y servicios informáticos con un ciclo vital extenso porque permite definir las funciones cruciales necesarias para llevar adelante el proyecto junto con posibles restricciones todo ello mediante especificaciones claras referidas a funcionalidades básicas e imprescindibles en cualquier tipo etapa o fase relacionada al software o servicio solicitado.

Se lleva a cabo la elaboración de una tabla que incluye los requisitos esenciales del sistema, como los de arquitectura y usuarios directos e indirectos, siguiendo los criterios recomendados por el estándar. El propósito principal de la tabla es presentar toda la información necesaria con claridad y concisión para tomar decisiones acertadas en cuanto al software, hardware y aspectos físicos relacionados con el sistema. A continuación, se muestra en la Tabla 1 un listado abreviado mediante acrónimos para facilitar su referencia rápida.

Tabla 1*Representación de Acrónimos*

Acrónimo	Descripción
SyRS	Requerimientos iniciales del sistema
SRSR	Requerimientos de Arquitectura
StRS	Requerimientos de Stakeholders(usuarios)

Nota: La tabla representa los acrónimos que se usaran para la elaboración de los

requerimientos Fuente: Elaboración propia

Asimismo, es necesario determinar el grado de prioridad del requerimiento, por lo que, en la Tabla 2 se describe la prioridad de requerimientos con su respectiva descripción. Esto servirá más adelante para la selección de hardware y software.

Tabla 2*Prioridades de requerimientos*

Prioridad	Descripción
Alta	Se refiere a un requerimiento de alta importancia o crítico que debe ser incluido en el desarrollo del sistema. Si no se implementa afecta la funcionalidad del sistema.
Media	Se refiere a un requerimiento de importancia media, si no se lo incluye puede afectar a la decisión final del sistema. Sin embargo, se lo puede omitir en algunos casos.
Baja	Se refiere a un requerimiento de importancia mínima, es decir que se lo puede omitir ya que representa un impacto insignificante en la decisión final del sistema.

Nota: La tabla describe la prioridad de requerimientos con su respectiva descripción. Fuente:

Elaboración propia

3.4.1. Requerimientos de Stakeholders

Para determinar los requerimientos de las partes interesadas en este trabajo, se utilizaron encuestas, ya que no existen foros o investigaciones previas que hayan establecido estos requisitos. En la encuesta se incluyen preguntas de interés operativo con el objetivo de obtener información detallada sobre los intereses y experiencias del grupo implicado véase en la Tabla 3.

Tabla 3*Requerimientos de Stakeholders*

StSR					
Requerimientos de Stakeholders					
#		Prioridad			Relación
		Alta	Media	Baja	
Requerimientos operacionales					
StSR1	El sistema debe ser simple y de uso fácil.		X		
	El control debe ser intuitivo.		X		
StSR2	El prototipo debe ser implementado dentro de una caja/cámara hermética que impida la salida de humedad.	X			
StSR3	El dispositivo debe ser automático para que no se requiera ningún contacto antes ni después de desinfectar las manos.	X			
StSR4	El sistema debe contar con un tanque de desinfectante que pueda durar un día o dos.		X		
StSR5	El dispositivo debe ser fácil de movilizar.	X			
StSR6	Los usuarios pueden revisar el número de desinfecciones que ha realizado el sistema.	X			
StSR7	El sistema debe presentar un bajo consumo de energía.			X	
Requerimientos de usuario					
StSR8	El sistema debe detectar las manos dentro de la cámara con un mínimo de retardo.		X		
StSR9	Los usuarios directos no podrán manipular las opciones del sistema.	X			
StSR10	El usuario podrá cambiar el líquido desinfectante del tanque de reserva según lo requiera.			X	
StSR11	El sistema debe funcionar constantemente mientras esté conectado a la fuente eléctrica en espera que se active los sensores ultrasónicos.	X			
StSR12	El sistema debe permitir a los usuarios directos observar por pantalla el número de desinfectados que se han realizado.	X			

Nota: La tabla muestra información detallada sobre los intereses y experiencias del grupo.

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Requerimientos iniciales del sistema

En los SySR se delimitan las funcionalidades correspondientes al comportamiento del sistema, así como las propiedades del proyecto. Es decir, constituye la descripción del rendimiento, estados, modos, interfaces y requerimientos físicos del sistema. En la Tabla 4 se presentan los SySR.

Tabla 4

Requerimientos iniciales del sistema.

SYSR					
Requerimientos iniciales del sistema					
#	Requerimientos	Prioridad			Relación
		Alta	Media	Baja	
Requerimientos de Interfaz					
SySR1	El sistema deberá enviar datos de cada desinfección y mostrados en pantalla.		X		
SySR2	El sistema debe almacenar el número de desinfectados.			X	
SySR3	El sistema requiere conexión a la red eléctrica	X			
SySR4	El sistema debe controlar los tiempos de desinfección.	X			
SySR5	El sistema debe controlar la distancia a la que trabaja los sensores ultrasónicos.	X			
Requerimientos de Performance					
SySR6	La detección y reconocimiento de las manos dentro de la cámara debe tener el menor delay posible.		X		
SySR7	El sistema cada vez que termina un ciclo de desinfección debe enviar este dato para ser sumado y presentado por pantalla.		X		
SySR8	El sistema debe detectar la presencia de las manos dentro de un entorno controlado dentro de la cámara desinfectante.	X			
SySR9	El sistema debe consumir poca cantidad de desinfectante por ciclo.			X	
Requerimientos de Modos y Estados					
SySR10	El sistema debe tener dos modos de encendido/apagado y requiere la alimentación de la red eléctrica.	X			
SySR11	El sistema consta con estado Stand-by mientras está conectado a la red eléctrica, en espera a que se activen los sensores ultrasónicos.	X			
SySR12	El sistema consta con estado activo, al momento de detectar las manos por medio de los sensores ultrasónicos pasa de Stand-by a activo por medio del relé.	X			
Requerimientos Físicos					
SySR13	El sistema debe ser compacto y hermético.	X			
SySR14	El diseño físico del sistema debe ser amigable y de fácil uso.			X	
SySR15	Los resultados de desinfección deben ser visibles en la pantalla LCD todo el tiempo.		X		
SySR16	El prototipo puede ser ubicado en un sitio que no interfiera en las actividades de las personas y que pueda estar conectado a la red eléctrica.				
SySR17	Las cavidades para el ingreso de las manos a la cámara de desinfección deben ser amplias.				

Nota: La tabla contiene descripción del rendimiento, estados, modos, interfaces y requerimientos físicos del sistema Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Requerimientos de arquitectura

Contar con una arquitectura sólida en las primeras fases del proceso de diseño resulta sumamente crucial para lograr un desarrollo y uso satisfactorio de productos electrónicos. En muchos casos, es necesario establecer los requisitos previamente, véase en la Tabla 5. Para la toma de decisiones acerca de las ventajas o desventajas que pueda ofrecer el proyecto, se debe llevar a cabo un estudio exhaustivo con respecto a su factibilidad técnica. Este análisis permitirá identificar tempranamente cualquier limitación tecnológica actualmente existente, restricciones presupuestarias u otros imprevistos relevantes que podrían representar obstáculos importantes durante todo el ciclo de diseño.

Tabla 5

Requerimientos de Arquitectura.

SRSH					
Requerimientos de arquitectura					
#	Requerimientos de diseño	Prioridad			Relación
		Alta	Media	Baja	
Requerimientos de diseño					
SRSH1	El sistema debe estar protegido de la humedad del nebulizador para prevenir daños.	X			
SRSH2	La movilización del sistema debe ser fácil			X	
SRSH3	El control debe ser intuitivo.		X		
SRSH4	La placa de desarrollo debe estar en una caja o case para protección y correcto funcionamiento	X			
Requerimientos de Hardware					
SRSH5	El microcontrolador debe contar con entradas y salidas análogas y/o digitales y viceversa para el manejo de sensores, módulo relé y pantalla LCD.	X			
SRSH6	Dispositivo debe permitir el control de los tiempos de desinfección y conteo de desinfectados.	X			
SRSH7	El dispositivo debe tener un voltaje de 110v conectado a la red eléctrica sin embargo los componentes electrónicos de la placa trabajan a 5V.	X			
SRSH8	El tanque, el nebulizador y la bomba deben ser compatibles.	X			
Requerimientos de Software					

SRSH9	Se requiere un sistema operativo y lenguaje de programación de código abierto	X
SRSH10	Se requiere una plataforma de programación que sea de código abierto y libre.	X
SRSH11	Se requiere un software de código abierto para la simulación de los componentes y diseños de placa.	X
Requerimientos lógicos		
SRSH12	Se requiere compatibilidad de los sensores y placa de la pantalla LCD con las bibliotecas de programación.	X
SRSH13	Se requiere que el código de programación se ejecute con rapidez al momento de dar lectura los sensores ultrasónicos y dar paso a activar el nebulizador.	X
SRSH14	Se requiere un sistema operativo compatible con el sistema embebido.	X
Requerimientos eléctricos		
SRSH15	El sistema debe conectarse a una red eléctrica	X
SRSH16	Se debe disponer de una conexión de GND y VCC para los sensores, relé y LCD.	X

Nota: La tabla contiene la valuación de los requerimientos de arquitectura. Fuente:

(Elaboración propia)

3.5. Elección hardware y software

El hardware y software se seleccionan a partir de las características de los componentes y relacionándolos con las especificaciones técnicas que se determinaron con los requerimientos tanto iniciales del sistema, arquitectura y Stakeholders. A partir de eso se puede valorar si los componentes del dispositivo cumplen con los requerimientos sea este el caso se valora con 1 caso contrario con 0.

3.5.1. Hardware

En la selección del hardware se valora los componentes necesarios como el microcontrolador, el sensor ultrasónico, la bomba de agua y la pantalla LCD.

3.5.1.1. Microcontrolador

Para la elección del microcontrolador se seleccionó de dos opciones, las cuales que se podrían adaptar a las necesidades del proyecto, sin embargo, se analiza las especificaciones de

cada uno de acuerdo con los requerimientos planteados. Para realizar la valorización de los componentes se establece la tabla de requerimientos sea SRS_H, SySR y StSR y se establece el valor 1 si cumple con el requerimiento y cero en el caso contrario que no lo cumpla.

Basado en las tablas de requerimientos de diseño se valorará el microcontrolador como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6

Puntuación del microcontrolador basado en los requerimientos

	SRS_H3	SRS_H5	SRS_H6	SRS_H7	SRS_H13	SRS_H16	Puntuación total
PIC 16F690	1	0	1	1	1	1	5
Microcontrolador							
PIC	1	1	1	1	1	1	6
ATMEGA328P							

Nota: La tabla contiene la valoración del microcontrolador. Fuente: (Elaboración propia)

Elección: Para la selección del microcontrolador se optó como idóneo el ATMEGA328P que es el microcontrolador correcto según los requisitos indicados en la tabla de arquitectura. Es un microcontrolador con capacidad de procesamiento considerable, y a diferencia del otro microcontrolador con el que se compara, tiene capacidad para conectar sensores. Además, destaca por ser más económico y de fácil adquisición.

En las siguiente Tabla 7 y 8, se presentan las características técnicas principales de los dos microcontroladores elegidos.

Tabla 7

Especificaciones del microcontrolador PIC 16F690

Características	
1	20 MHz máx. Velocidad de la CPU
2	35 instrucciones.
3	Pila de hardware de 8 niveles.

4	Oscilador interno de 8 MHz: rango de frecuencia seleccionable de 8 MHz a 32 kHz.
5	18 pines de E/S.
6	Restablecimiento de encendido (POR).
7	Temporizador de encendido (PWRT)
8	Temporizador de arranque del oscilador (OST)

Nota: La tabla contiene características técnicas principales de los dos microcontroladores elegidos. Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 8

Especificaciones del microcontrolador PIC ATMEGA328P

Características	
1	Voltaje de operación: 1.8 a 5.5 VDC
2	Arquitectura de CPU: 8 bit AVR
3	Memoria flash: 32 KB
4	Memoria RAM: 2 KB
5	Frecuencia de operación: 20 MHz.
6	Pines de IO: 23
7	Canales ADC: 10
8	Temperatura de Operación: -40° a 85° C

Nota: La tabla contiene características técnicas principales de los dos microcontroladores elegidos. Fuente: Elaboración propia

3.5.1.2. Sensor Ultrasónico

Para la elección del sensor ultrasónico se seleccionó de 3 opciones, HC-SR04, US-100 y US-016 de características similares las cuales que se podrían adaptar a las necesidades del proyecto como se muestra en la Tabla 9, sin embargo, se analiza las especificaciones de cada uno de acuerdo con los requerimientos planteados. Para realizar la valorización de los componentes se establece la tabla de requerimientos sea SRSR, SySR y StSR y se establece el valor 1 si cumple con el requerimiento y cero en el caso contrario que no lo cumpla.

Tabla 9

Puntuación del sensor ultrasónico basado en los requerimientos

	SRSH5	SRSH6	SRSH7	SRSH12	SRSH16	SySR5	SySR6	Puntuación total
Sensor ultrasónico HC-SR04	1	1	1	1	1	1	1	7
Sensor ultrasónico US-100	1	1	0	1	1	1	1	6
Sensor ultrasónico US-16	1	1	0	1	1	1	1	6

Nota: La tabla contiene la valoración del sensor ultrasónico. Fuente: Elaboración propia

Elección: El módulo HC-SR04 se seleccionó como el sensor ideal para el proyecto ya que cumple con la mayoría de los requerimientos establecidos, uno de los requerimientos es los pines Trigger, Echo y GND. A diferencia del sensor US-100 consta de una salida uart/serial y el sensor US-16 cuenta con salida de tipo analógico. El módulo de rango ultrasónico HC - SR04 proporciona una función de medición sin contacto de 2 cm - 400 cm, la precisión de rango puede llegar a 3mm. Los módulos incluyen transmisores ultrasónicos, receptor y circuito de control. Las características principales de este componente se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10

Especificaciones del sensor ultrasónico HC-SR04, US-16 y US-100

	Características HC-SR04	Características US-16	Características US-100
1	Voltaje de funcionamiento: 5V DC	Voltaje de operación: 5V DC	Voltaje de Operación: 5V DC
2	Corriente de alimentación: 15 mA	Corriente de trabajo: 3.8 mA	Corriente de trabajo: 15mA
4	Rango de medición: 2 cm a 400 cm	Rango distancia de medición: 4cm a 300cm	Rango de detección: 2cm-450cm
5	Frecuencia de trabajo: 40 KHz	Frecuencia de ultrasonido: 40KHz	Frecuencia de trabajo: 40KHz
6	Precisión: +- 3mm	Precisión: 0.3cm +- 1%	Precisión: 3mm
7	Pines: Vcc: 5 DC Trigger: Input,	Pines: VCC: (5V DC)	VCC: (2.4V-5.5V DC)

disparo del ultrasonido Echo: Output, repetición del ultrasonido o receptor GND	RANGE: (3m: si conectado VCC o flotante, 1m: conectado a GND) OUT: (salida analógica) GND: (Tierra: 0V)	TRIG/TX: En modo UART, se conecta al Serial OUT. En modo trigger, es el trigger ext. ECHO/RX: En modo UART, se conecta el Serial IN. En modo trigger, es el echo return. GND: (Tierra: 0V) GND: (Tierra: 0V)
--	---	---

Nota: La tabla contiene características técnicas principales sensor ultrasónico HC-SR04, US-16 y US-100 Fuente: (Elaboración propia)

3.5.1.3. *Display LCD*

El módulo electrónico de visualización llamado pantalla LCD tiene múltiples aplicaciones. En particular, una pantalla LCD 16x2 es muy común en diversos dispositivos y circuitos por su simplicidad y eficacia frente a las pantallas LED multisegmento o de siete segmentos. Algunas ventajas incluyen que son económicos, fáciles de programar y no tienen limitaciones para mostrar caracteres especiales o personalizados, animaciones u otras funciones adicionales.

Para la elección de este componente del proyecto se seleccionó de 2 opciones comerciales de características similares las cuales que se podrían adaptar a las necesidades del proyecto una es de marca Detonar y la otra de marca HKXD, sin embargo, se analiza las especificaciones de cada uno de acuerdo con los requerimientos planteados. Para realizar la valorización de los componentes se establece la tabla de requerimientos sea SRSR, SySR y StSR y se establece el valor 1 si cumple con el requerimiento y cero en el caso contrario que no lo cumpla.

Tabla 11

Puntuación del display LCD basado en los requerimientos

	SRSH5	SRSH7	SRSH12	SRSH16	Puntuación total
Display LCD STN	1	1	1	1	4
Display LCD 1602A	1	1	1	1	4

Nota: La tabla contiene la valoración del display LCD. Fuente: (Elaboración propia)

Elección: Ambos componentes en comparación cumplen los requisitos sin embargo para su selección se resaltó otras características y se eligió el módulo 1602A como la pantalla ideal para el proyecto debido a que cumple con la mayoría de los requisitos establecidos. Además, tiene un bajo consumo de energía y cuenta con LED para proporcionar retroiluminación y mejorar la visibilidad. También se cumple uno de los requisitos necesarios: contar con pines VCC (tensión positiva) y GND (tierra). La mayoría de estas especificaciones se resumen y resaltan las más importantes en la Tabla 12.

Tabla 12

Especificaciones de la pantalla LCD 1602A

Características display 1602A	
1	Voltaje de funcionamiento de esta pantalla oscila entre 4,7 V y 5,3 V.
2	Corriente de funcionamiento es de 1 mA sin retroiluminación
3	Número de columnas 16.
4	Número de filas 2.
5	Número de pines LCD: 16.
6	Funciona en modos de 4 y 8 bits
7	El cuadro de píxeles de cada carácter es de 5 × 8 píxeles
8	LED para la luz de fondo
9	Pines: GND: Voltaje de alimentación negativo – VCC: Voltaje de alimentación positivo + SDA: Pin de datos interfaz I2C SCL: Pin de reloj interfaz I2C

Nota: La tabla contiene características técnicas principales de la pantalla LCD 1602A Fuente:
(Elaboración propia)

3.5.1.4. Relé

Un relé es un interruptor que funciona mediante electricidad. Aunque muchos utilizan electroimanes para la activación de su mecanismo, también hay otros principios operativos disponibles. Para la elección de este dispositivo se valoró dos marcas con características similares una es TONGLING y la otra SONGLE. sin embargo, se analiza las especificaciones de cada uno de acuerdo con los requerimientos planteados. Para realizar la valorización de los componentes se establece la tabla de requerimientos sea SRSR, SySR y StSR y se establece el valor 1 si cumple con el requerimiento y cero en el caso contrario que no lo cumpla.

Tabla 13

Puntuación del relé

	SySR12	SRSR5	SRSR7	SRSR16	Puntuación total
Relé marca TONGLING	1	1	1	1	4
Relé marca SONGLE	1	1	1	1	4

Nota: La tabla contiene la valorización de los relés TONGLING y SONGLE Fuente:

(Elaboración propia)

Elección: El dispositivo relé de la marca SONGLE se considera la mejor opción debido a su diseño ya que tienen los requisitos mínimos de voltaje y corriente para funcionar. Además, esta marca ofrece una diferencia notable de precios en el mercado siendo más económica, pero con mejoras adicionales en comparación con otras opciones disponibles. Asimismo, es mucho más fácil adquirir este dispositivo elegido. La mayoría de estas especificaciones se resumen y resaltan las más importantes en la Tabla 14.

Tabla 14*Especificaciones de los relés*

	Características marca SONGLE	Características marca TONGLING
1	Voltaje de funcionamiento: 5V	Voltaje de funcionamiento: 5V
2	Corriente de activación: 5 mA	Corriente de activación: 5 mA
3	Tamaño del módulo: 46.5 x 12 x 18.5 mm (largo x ancho x alto)	Tamaño del módulo: 42 x 12 x 18.5 mm (largo x ancho x alto)
4	Cuatro agujeros de pernos de montaje, diámetro 3.1mm	No posee agujeros para pernos de montaje
5	Tiempo de funcionamiento: ≤ 10 ms.	Tiempo de funcionamiento: ≤ 10 ms.
6	Tiempo de liberación: ≤ 5 ms	Tiempo de liberación: ≤ 5 ms
7	Pines: VCC y GND	Pines: VCC y GND

Nota: La tabla contiene características técnicas principales de los relés. Fuente: (Elaboración propia)

3.5.2. Software

Para la seleccionar el software se basa en las tablas de requerimientos específicamente en los requerimientos iniciales del sistema y de arquitectura. Para el desarrollo del proyecto se utiliza dos programas; el lenguaje de programación y para determinar las funciones que llevara a cabo los componentes la plataforma de simulación. En esta parte se analizan diversas opciones en cuanto a cómo codificar el sistema utilizando una plataforma de programación adecuada y bien documentada. Dado que la principal atención de este proyecto está puesta en su implementación.

3.5.2.1. Lenguaje de programación

Para selección de software de programación se estableció dos plataformas MPLAB e IDE que son software diseñados para la creación de aplicaciones en microcontroladores. Son considerados como un entorno de desarrollo integrado debido a que proporciona una interfaz única para el desarrollo de código específicamente dirigido hacia los microcontroladores incorporados. sin embargo, se analiza las especificaciones de cada uno de acuerdo con los requerimientos planteados. Para realizar la valorización de los componentes se establece la

tabla de requerimientos sea SRS_H y se establece el valor 1 si cumple con el requerimiento y cero en el caso contrario que no lo cumpla como se observa en la Tabla 15.

Tabla 15

Puntuación del software de programación IDE y MPLAB

	SRS_{H9}	SRS_{H10}	SRS_{H11}	SRS_{H14}	Puntuación total
MPLAB	1	0	1	0	2
IDE	1	1	1	1	4

Nota: La tabla contiene la valoración del software de programación. Fuente: (Elaboración propia)

Elección: El software idóneo para el proyecto es IDE ya que posee mayor puntuación bajo los requerimientos de arquitectura siendo un software de código abierto y libre lo que hace más fácil su adquisición y trabajo, además de que es compatible con las bibliotecas del sistema embebido que se va a realizar. Algunas de sus características de desarrollo se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16

Especificaciones de MPLAB e IDE

	Características de MPLAB	Características de IDE
1	MPLAB permite la administración de proyectos, edición, depuración y programación de microcontroladores PIC de 8, 16 y 32 bits.	Entorno de desarrollo integrado para programación de microcontroladores PIC de 8bits.
2	Este software solo es compatible con el sistema operativo Microsoft Windows.	Compatible con sistemas operativos como Windows, Mac OS X y Linux
3	MPLAB para utilizar sus funciones completas se necesita licencia de pago,	Software de código abierto

Nota: La tabla contiene características técnicas principales de MPLAB e IDE. Fuente:

(Elaboración propia)

3.6. Diseño del sistema

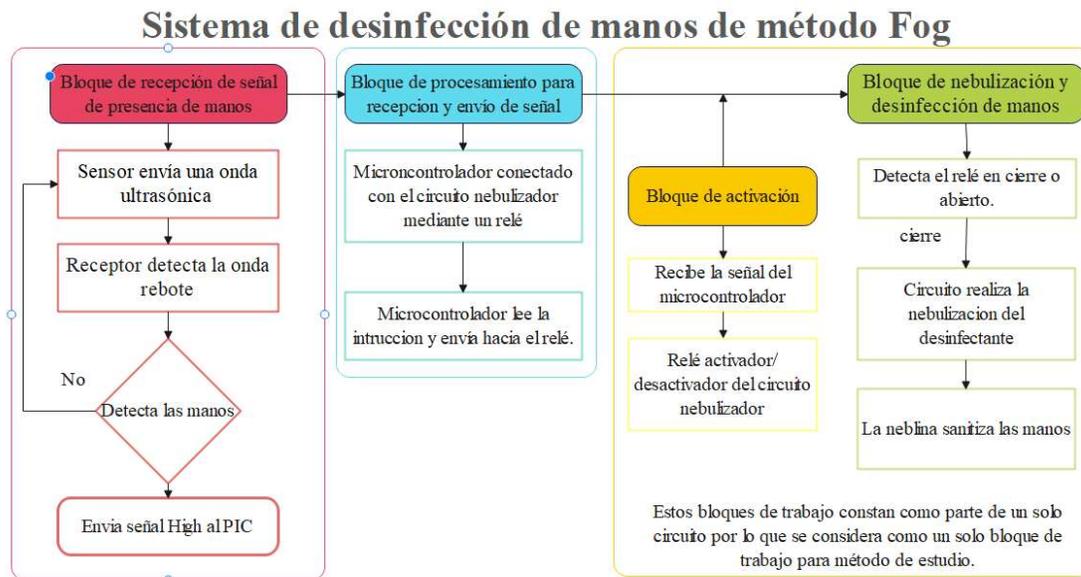
En esta sección, se concluyen las pautas del sistema considerando los criterios identificadores en la etapa de análisis del proyecto. En dicha etapa, se establecen los requisitos necesarios para el desarrollo e implementación del prototipo de desinfección de manos por método fog. De igual manera se presenta las funciones del sistema mediante diagramas de flujo lo cual da una mejor percepción de los procesos del prototipo de inicio a fin.

3.6.1. Descripción de bloques del sistema

La metodología de proyecto propuesta se resume en la Figura 16. Siguiendo el diagrama de flujo, es necesario determinar primero el mejor producto químico desinfectante. Dado que nuestro objetivo principal es la desinfección de manos, no hay sustituto para determinar el producto químico correcto para matar los gérmenes. La desinfección por nebulización con alcohol isopropílico al 70% mezclado con agua que se transformará en neblina resulta eficaz. El alcohol isopropílico se presenta como un desinfectante de uso común y ampliamente empleado en la industria farmacéutica, así como en hospitales, salas limpias e instalaciones de fabricación de equipos electrónicos o médicos. Posteriormente, en el siguiente paso de este proceso, se vuelve imprescindible crear un circuito electrónico para generar niebla a partir de la solución sanitizante líquida.

Figura 16

Diagrama de bloques del sistema de desinfección por método fog



Nota: La figura representa la metodología de proyecto propuesta Fuente: Autoría Propia

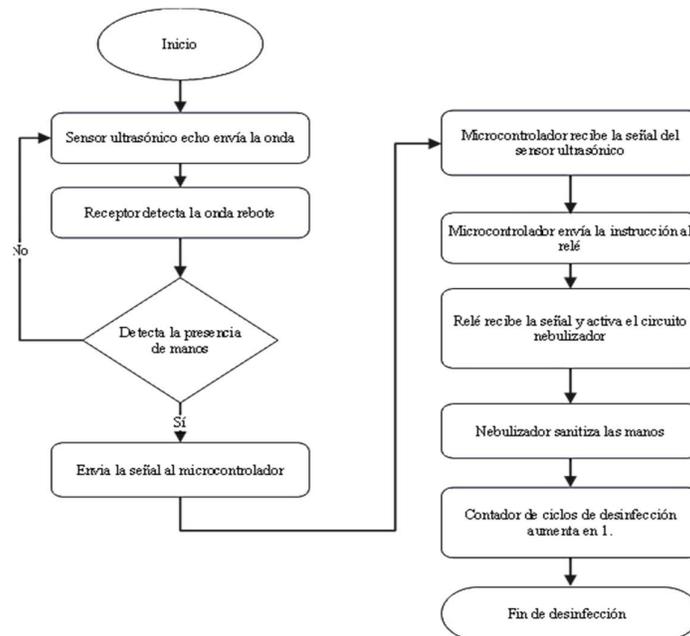
En este proyecto, el microcontrolador está conectado al circuito del nebulizador para obtener las instrucciones necesarias para realizar la nebulización. Durante los pasos tres y cuatro, todo el sistema de nebulización y desinfección de manos se encuentra dentro de una cámara diseñada específicamente para que las manos puedan ingresar fácilmente. Los sensores ultrasónicos ubicados en la cámara detectan rápidamente la presencia de las manos, transmitiendo esta información al microcontrolador. Según los datos enviados por el microcontrolador en el quinto paso, se activa o desactiva un relé que controlará el encendido y apagado del circuito del nebulizador. Inmediatamente después de recibir una señal durante el anterior paso comienza a generar la niebla del circuito del nebulizador. El circuito nebulizador se coloca dentro de la cámara de tal manera que la niebla cae directamente sobre la mano después de entrar. El proceso de nebulización continúa durante algún tiempo. Esto generalmente se hace para evitar el desperdicio de líquido desinfectante.

3.6.2. Diagrama de flujo

El diagrama representado en la Figura 17 comienza desde los sensores ultrasónicos que son una parte importante del sistema. La presencia o ausencia de manos es detectada por los sensores ultrasónicos. Cuando se para frente a la máquina de nebulización o toca el frente, el sensor ultrasónico lo detecta y luego la señal se transmite al microcontrolador a través del sensor. El mismo está calibrado para que solo se detecten las manos.

Figura 17

Diagrama de flujo del sistema



Nota: La figura muestra el diagrama de flujo del sistema de acuerdo con los pasos principales y condiciones necesarias. (Fuente: Autoría propia)

Cuando la mano entra en la cámara, el sensor del sonar detecta la mano. El sensor envía datos al microcontrolador, que espera la señal. El pin de entrada se conecta con el sensor de sonda y el pin de salida se conecta con el relé. Cuando un sensor de sonda detecta la mano y lee, entonces el pin de salida es alto. Tan pronto como la señal llega al microcontrolador, se pasa al módulo de relé. El pin de salida envía la señal al relé. Cuando el relé recibe una señal, el relé funciona; de lo contrario, el relé no se activa. Luego, el módulo de relé activa el circuito

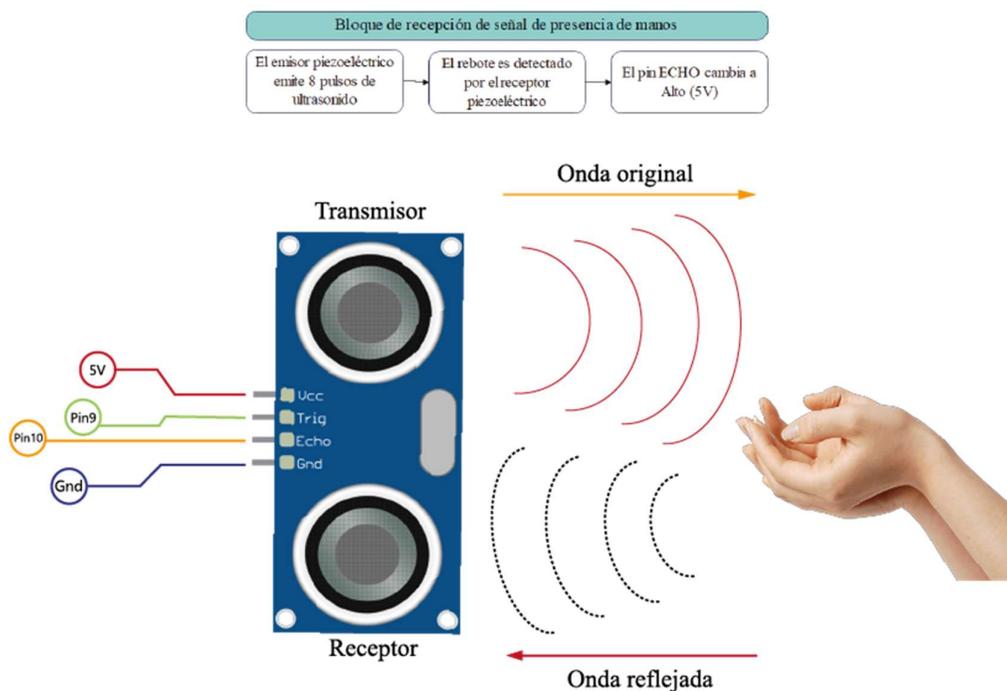
del nebulizador. De tal manera que pasa a estado activo al circuito del nebulizador creando niebla. La niebla desinfecta las manos del usuario que ingresa a la cámara. Cuando un usuario retira sus manos de la cámara, se apagará el flujo de niebla ya que el sonar no detecta nada en una cámara vacía.

3.6.3. Bloque de recepción de señal de presencia de manos

Es la primera etapa del sistema y de las más importante ya que de esta etapa inicia todo el proceso de trabajo. Se implementó un diseño que incorpora sensores ultrasónicos en esta etapa estos están calibrados para detectar las manos dentro de un ambiente controlado que es la cámara. En el caso de no detectar el rebote inmediato de la onda significa que la cámara de desinfección está vacía. Este estado se denominaría Stand-by ya que está en espera a la activación de los sensores.

Figura 18

Bloque de recepción de señal de presencia de manos



Nota: El grafico muestra primera etapa del sistema desde los sensores. Fuente: Autoría propia

El pin número 12 como se observa en la Figura 18 va hacia el microcontrolador el cual indica que se comienza a realizar la evaluación de la presencia de manos mediante la distancia entre el emisor y el choque de la onda con las manos, de esta manera el pin 13 con la señal del Echo devuelve al microcontrolador el pulso de activación. De este modo el PIC recibe la señal de presencia de manos dentro de la cámara y continua con la Etapa 2. Para la lectura de los sensores ultrasónicos mediante el microcontrolador se utilizará el principio de distancia mientras más se acerque las manos y vulnere la condicionante de distancia se activará los sensores. Para esto se parte de la siguiente formula:

$$Velocidad\ del\ sonido = \frac{2 * Distancia}{Tiempo} \quad (Ecuación\ 1)$$

Se realiza el despeje y se pasa la variable de tiempo a multiplicar con la variable de velocidad del sonido como se muestra en la Ecuación 2:

$$Velocidad\ del\ sonido * Tiempo = 2 * Distancia \quad (Ecuación\ 2)$$

De nuevo se realiza el despeje del valor 2 que pasará a dividir y dará como resultado la siguiente ecuación (Ecuación 3) con la que se va a trabajar.

$$Distancia = \frac{Tiempo * velocidad\ del\ sonido}{2} \quad (Ecuación\ 3)$$

De esta manera se obtendrá una distancia de referencia para poder activar y desactivar los sensores, sea la condicionante que se aplique en la programación del microcontrolador. Las unidades de encendido y apagado de agua basadas en sensores se utilizan en la mayoría de los

modelos de lavadoras de manos automáticas. En la mayoría de los casos, esto se hace para evitar el contacto físico directo entre el usuario y las superficies.

3.6.4. Bloque de procesamiento para recepción y envío de señal

En esta sección, se proporciona una descripción detallada del código desarrollado para hacer funcionar el sistema. Esto permitirá comprender de manera más clara el diagrama de bloques que se ha presentado. Como se utilizan componentes digitales la mayoría utilizan puertos de lectura y de escritura digitales. A continuación, se describe la mayoría de la sintaxis usada en la programación:

- **LiquidCrystal:** Esta biblioteca permite que una placa controle pantallas LiquidCrystal (LCD)
- **Const:** significa constante. Es un calificador de variable que modifica el comportamiento de la variable.
- **Long:** son variables de tamaño extendido para el almacenamiento de números y almacenan 32 bits (4 bytes)
- **pinMode:** Configura el pin especificado para que se comporte como una entrada o una salida.
- **Lcd.begin:** Descripción Inicializa la interfaz de la pantalla LCD y especifica las dimensiones (ancho y alto) de la pantalla.
- **digitalWrite:** Escribe un valor ALTO o BAJO en un pin digital.
- **Lcd.setCursor:** Posiciona el cursor LCD; es decir, establece la ubicación en la que se mostrará el texto subsiguiente escrito en la pantalla LCD.
- **Lcd.print:** Imprime texto en la pantalla LCD.

- **delayMicroseconds:** Pausa el programa por la cantidad de tiempo (en microsegundos) especificado por el parámetro.
- **pulseIn:** Lee un pulso (ya sea ALTO o BAJO) en un pin.

En primera instancia se incluye la biblioteca **LiquidCrystal** que se usa para la pantalla de cristal líquido y hay múltiples funciones de la biblioteca que se pueden usar para realizar varias tareas para mostrar la salida. Y además se configura los pines de salida hacia la LCD como se muestra en la Figura 19.

Figura 19

Biblioteca de trabajo de la pantalla LCD y pines de salida

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd (7,6,5,4,3,2);
```

Nota: La figura muestra la biblioteca LiquidCrystal en línea de código. Fuente: Autoría propia

Se establecen las variables para los pines de trabajo 9 y 10 destinados para el Trigger y Echo de el sensor ultrasónico en este caso son de tipo lectura y los valores son de tipo entero. Además de la variable de relay tipo entero para el pin número 11. Dos variables de tipo entero que sería la distancia y el contador. Y además una de tipo LONG para número extendidos como se observa en la Figura 20.

Figura 20

Variables de trabajo y configuración de pines

```
const int echoPin=10;
int relay = 11;
long duracion;
int distancia;
int contador=0;
```

Nota: La figura muestra las variables para los pines de trabajo 9 y 10 en línea de código. Fuente: (Autoría propia)

Se establece el modo de trabajo de los pines tanto entrada INPUT o de salida OUTPUT, en esta línea se configura para el Trigger que es el emisor del sensor ultrasónico y el Relay para salida al relé en modo OUTPUT y de entrada INPUT a la variable que vienen del sensor Echo, tal como se puede observar en la captura de código de la Figura 21.

Figura 21

Configuración de los pines en modos entrada o salida

```
pinMode(triPin, OUTPUT);
pinMode(echoPin, INPUT) ;
pinMode (relay, OUTPUT);
lcd.begin(16, 2)|
```

Nota: La figura muestra el modo de trabajo de los pines en línea de código. Fuente: (Autoría propia)

En esta sección se establecen diferentes parámetros y funciones tanto para los pines del relé, trigger y LCD. Se explica de manera ordenada en los siguientes literales con referencia a la Figura 22:

- Se establece la salida de relay en LOW porque aún no procede a la activación del rele
- El cursor de la LCD se establece en la posición inicial para digitar la palabra de desinfectados en la siguiente línea.
- En secuencia se establece el pin del trigger del sensor ultrasónico en Low y cada dos microsegundos en High esto con la intención de realizar el pánico de presencia de manos mediante el envío de las ondas por el emisor.

Figura 22

Funciones iniciales para los pines del relé, trigger y LCD

```
digitalWrite(relay,LOW);
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print(" Desinfectados: ");
digitalWrite(triPin,LOW);
delayMicroseconds (2);
digitalWrite(triPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(triPin,LOW);
```

Nota: La figura muestra diferentes parámetros y funciones tanto para los pines del relé, trigger y LCD en línea de código. Fuente: (Autoría propia)

En la siguiente sección se realiza la ecuación con la que trabaja el sensor ultrasónico y además la condición para que se pueda activar el relé y posterior el circuito nebulizador.

- La variable “duración” lee el pulso que viene del receptor en HIGH y el valor de tiempo con el que se demoró la onda en hacer el rebote.
- Con el valor recibido de la anterior línea se establece la formula como se observa en la Figura 23 como línea de código y en su forma original en las Ecuaciones 4 y 5.
-

$$Distancia = \frac{Tiempo * velocidad\ del\ sonido}{2} \quad (Ecuación\ 4)$$

Haciendo el remplazo:

$$Distancia = \frac{Valor\ del\ pulso * 0.034}{2} \quad (Ecuación\ 5)$$

Figura 23

Líneas de código para la ecuación de sensor ultrasónico

```
duracion=pulseIn(echoPin,HIGH);
distancia=(duracion*0.034)/2 ;
```

Nota: La figura muestra las líneas de código para la condición del sensor. Fuente: (Autoría propia)

De esta manera se obtiene la distancia a la que se encuentra las manos para establecer la condición en la siguiente Figura 24.

Figura 24

Sección de la condición para la activación del relé

```
if(distancia>0 && distancia <15){
    Serial.println("limpieza");
    contador++;
    Serial.println(contador);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("          ");
    lcd.print(contador);
    digitalWrite(relay,HIGH);
```

Nota: La figura muestra las líneas de código para la condición de activación del relé. Fuente: (Autoría propia)

- La condición se establece si la distancia calculada en la sección anterior es menor a 15cm y mayor a 0cm se activa el relé para lo cual se escribe en el pin de salida el valor HIGH que activará en sistema de nebulización.
- Las líneas adicionales escriben por pantalla que se está realizando la nebulización en ese momento y además se añade el valor +1 al contador de las desinfecciones.

3.6.5. Bloque de activación, nebulización y desinfección de manos

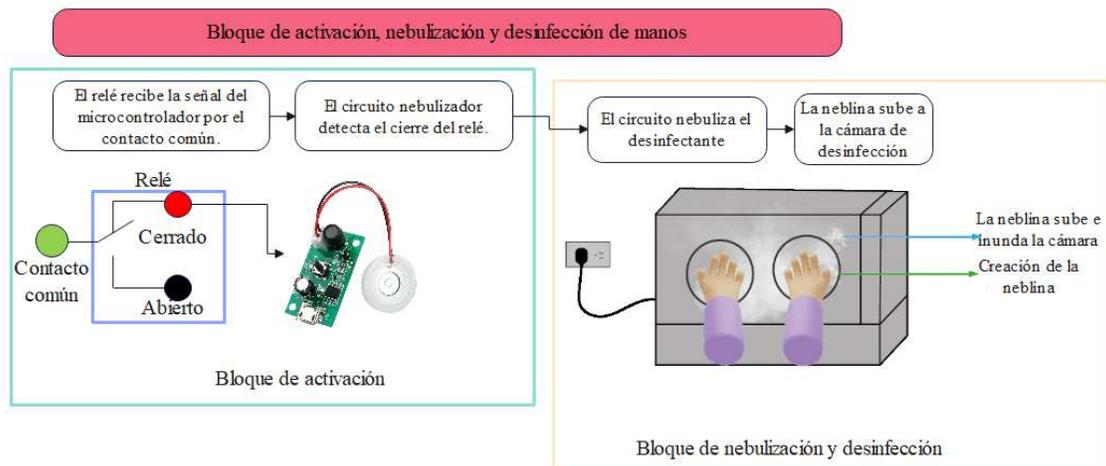
Este bloque del sistema de nebulización y desinfección de manos se compone principalmente de dos partes: la parte de activación y la parte de nebulización. La primera etapa

comienza cuando el circuito se activa al cerrarse el relé, esta instrucción viene desde un contacto conectado a un pin del microcontrolador como muestra la Figura 25, lo que provoca que el relé permanezca en estado cerrado o activo hasta realizar la nebulización. Mientras no reciba una instrucción por parte del microcontrolador permanecerá en estado abierto sin permitir así el encendido del nebulizador. El diseño estándar alimentará al nebulizador con 5 VCC y el nebulizador funciona utilizando ondas sonoras transpuestas hacia energía mecánica para cubrir el líquido desinfectante activando ondas estacionarias.

A medida que el líquido sale de la superficie atomizadora del disco, se descompone en una fina niebla de gotas uniformes del tamaño de una micra, por lo que el componente clave requerido para este proyecto es un disco atomizador.

Figura 25

Bloque de nebulización y desinfección de manos



Nota: El grafico representa los bloques del sistema de nebulización y desinfección de manos.
Fuente: (Autoría propia)

La segunda etapa del bloque, representada en la Figura 25, consiste en nebulizar y desinfectar. Esta etapa comienza cuando se genera una neblina a través del nebulizador ubicado debajo de la cámara. La neblina aumenta hacia el área destinada para las manos donde,

mediante las partículas del líquido desinfectante, se realiza la sanitización por un tiempo determinado. Una vez finalizado el ciclo de desinfección, el usuario puede retirar sus manos fuera de la cámara de desinfección.

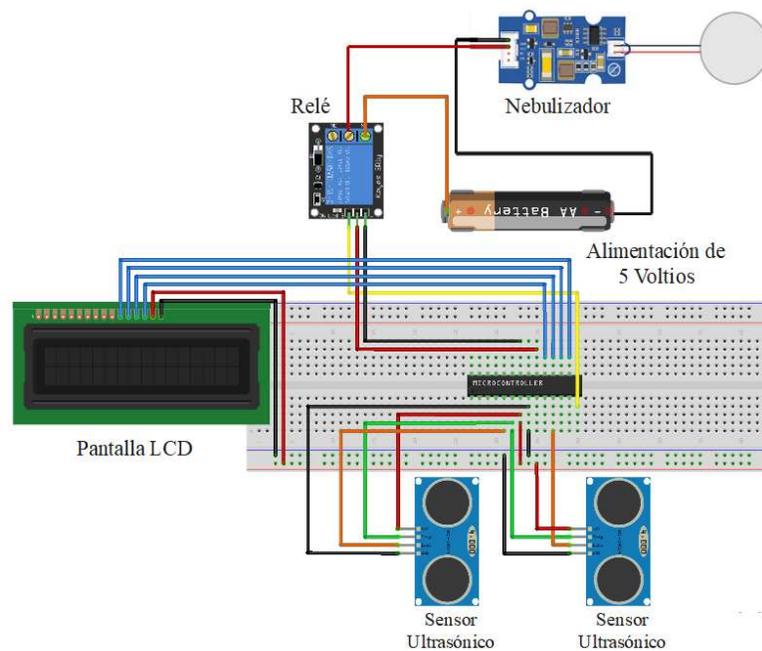
3.7. Diagrama de conexiones

Cada dispositivo electrónico opera por un conjunto de principios llamados principios de trabajo. Un principio de trabajo es una regla que es suficiente para permitir que se complete el proceso de principio a fin.

En las secciones previas, hemos descrito cómo la fase de Diseño está compuesta por varios módulos y bloques de trabajo que eventualmente se integrarán para funcionar como un solo sistema. La Figura 26 muestra el diagrama de conexiones e integración mencionado anteriormente.

Figura 26

Diagrama de conexiones e integración



Nota: La figura muestra módulos y bloques de trabajo adaptados. Fuente: (Autoría propia)

- Como se muestra en la Figura 26, en un principio una fuente de voltaje de 5V alimenta al dispositivo que provee energía a los sensores ultrasónicos mediante el pin VCC. Después, esta misma es entregada a los circuitos del microcontrolador y la pantalla LCD.
- Los pines de datos del microcontrolador están conectados a los pines de entrada de la pantalla LCD 16x2 además de que recibe la alimentación de 5V.
- Del mismo modo, los pines de salida digital están conectados al relé, si el microcontrolador recibe la señal de que las condiciones de programación se cumplieron como se estableció en el BLOQUE DE PROCESAMIENTO dará paso a alimentar el relé con el mismo voltaje de entrada que son 5V, lo que hará que se cierre el relé y de paso a la activación del nebulizador.
- La placa del controlador de humificación se alimenta con 5V que vienen desde el relé que hace que se active el elemento transductor piezoeléctrico para aspirar el agua y realizar la atomización.

3.8. Diseño de la estructura física del sistema

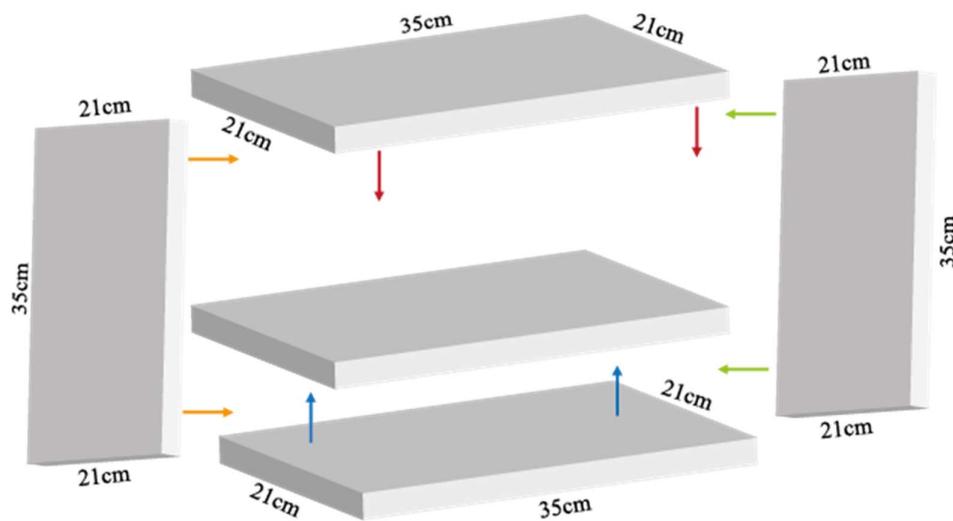
El sistema estará contenido en una cámara de material acrílico con dos orificios de servicio, los cuales permitirán introducir las manos. Se han redondeado estos orificios para facilitar el acceso manual. Además, habrá un túnel de recarga a un lado donde podrá rellenar el desinfectante después de que se haya agotado. El diseño físico de la cámara de nebulización consta de diferentes partes mencionado de la siguiente manera:

- La cámara de desinfección
- Cavidades para el ingreso de las manos
- Un tanque de líquido desinfectante

En primera instancia se diseña las 4 tapas que conforma el cuadro de la cámara, las medidas de las tapas laterales son de 21 cm de ancho por 35 cm de alto. Las medidas de la cubierta y de la base son de 35 cm de ancho por 21 cm de profundidad como se observa en la Figura 27. Cabe mencionar que el acrílico tiene un grosor de 5mm. Se presenta un boceto hecho en Adobe Ilustrador del diseño de las tapas.

Figura 27

Diseño de las tapas laterales, cubierta y base de la cámara

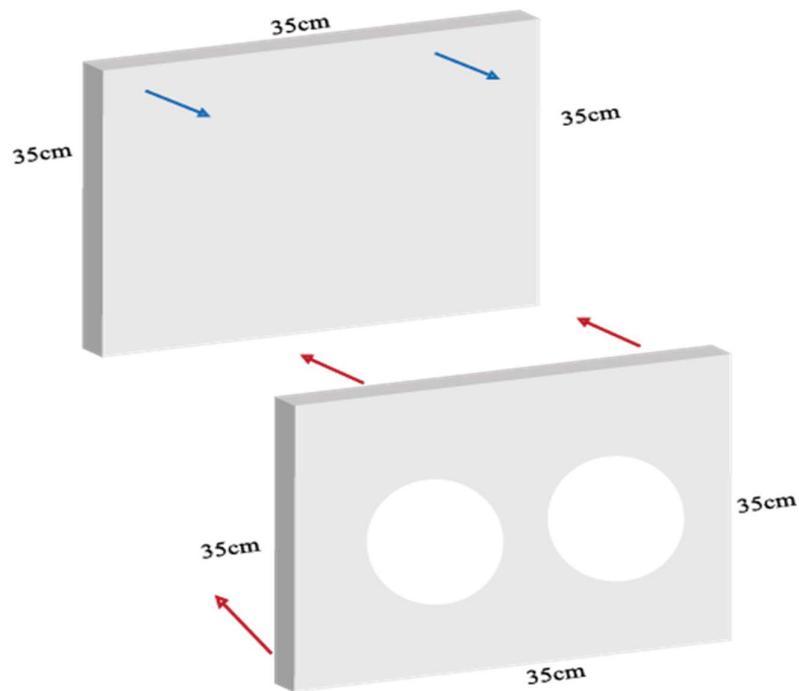


Nota: La figura muestra las 4 tapas que conforma el cuadro de la cámara. Fuente: (Autoría propia)

La segunda parte de la estructura es el diseño de la parte frontal y posterior de la cámara de desinfección, la pieza posterior cuenta con medidas de 35cm de alto y 35 cm de ancho, la pieza frontal cuenta con las mismas medidas 35 cm de alto y 35 cm ancho, adicional a esto tiene cavidades circulares de 10 cm de diámetro para el ingreso de las manos como muestra la Figura 28.

Figura 28

Diseño de piezas frontal y posterior de la cámara

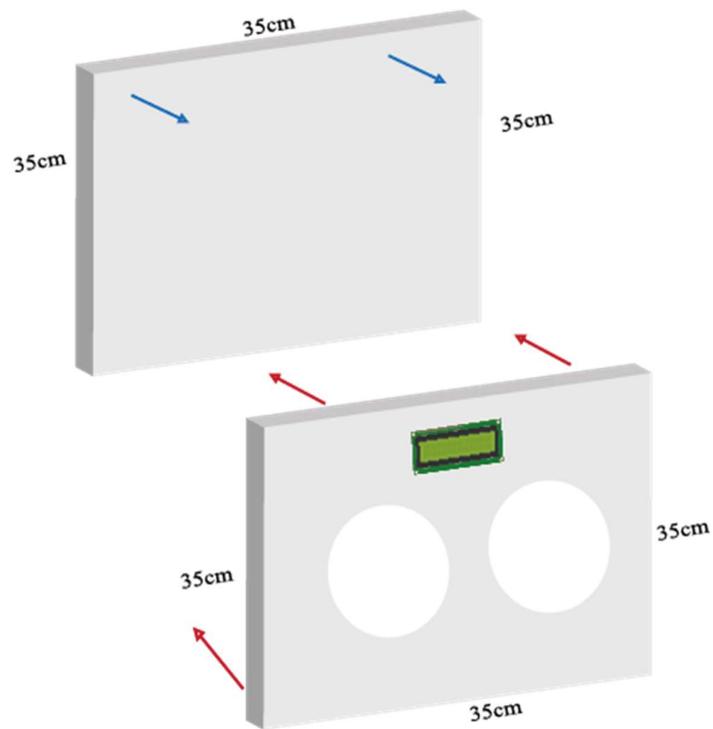


Nota: La figura muestra segunda parte de la estructura es el diseño de la parte frontal y posterior Fuente: (Autoría propia)

La posición de los distintos componentes del sistema se detalla a continuación y se muestran en las siguientes figuras, la posición de la pantalla LCD será en la pieza frontal de la cámara en la parte superior de las cavidades para el ingreso de las manos como se puede observar en la Figura 29.

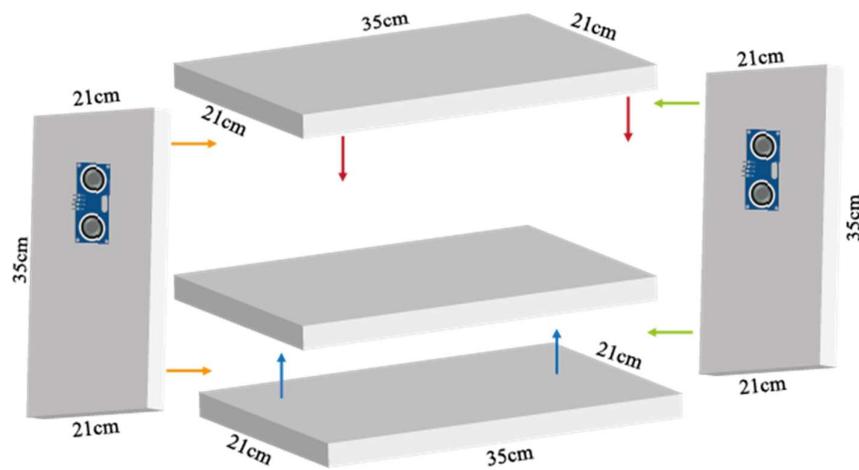
Figura 29

Posición de la pantalla LCD en la cámara



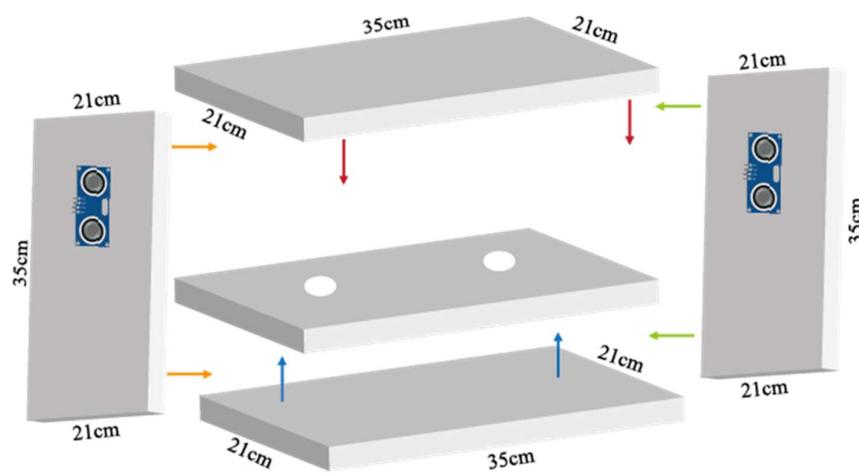
Nota: La figura muestra la posición de los distintos componentes del sistema Fuente: (Autoría propia)

La posición de los sensores ultrasónicos será en las piezas laterales de la cámara así estarán mejor enfocados a las cavidades de las manos para poder detectar las mismas a penas ingresen a la cámara como se muestra en la Figura 30.

Figura 30*Posición de los sensores ultrasónicos*

Nota: La figura muestra la posición de los sensores ultrasónicos. Fuente: (Autoría propia)

La posición del nebulizador ultrasónico será en la parte de arriba de la base 1 de la caja como se muestra en la Figura 31 ya que el transductor piezoeléctrico debe posicionarse sobre el desinfectante.

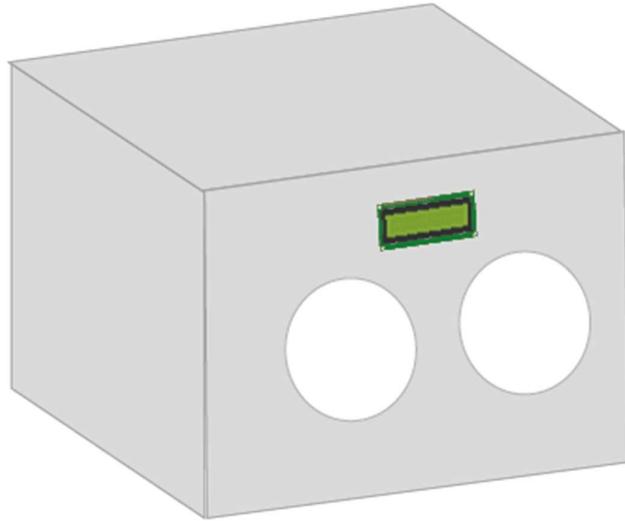
Figura 31*Posición del nebulizador ultrasónico*

Nota: La figura representa posición del nebulizador. Fuente: (Autoría propia)

El ensamble de las diferentes piezas de la caja muestra como producto final la siguiente Figura 32. El tamaño de la caja es de 35cm de ancho, 21 cm de profundidad y 35 cm de alto.

Figura 32

Diseño final de la cámara de desinfección elaborado en adobe ilustrador



Nota: El grafico muestra el ensamble de las diferentes piezas de la caja muestra. Fuente: (Autoría propia)

3.9. Pruebas iniciales del sistema

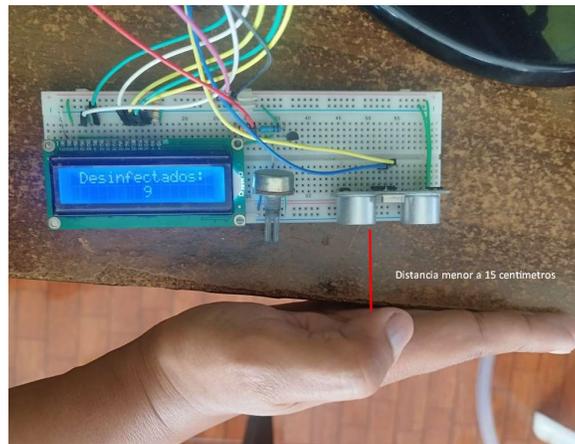
Las pruebas iniciales son una inspección formal de dispositivos, máquinas y sistemas eléctricos, que se lleva a cabo para determinar su funcionalidad. La prueba inicial tiene lugar antes de la puesta en servicio inicial en el sitio del usuario final. El propósito de la prueba inicial es identificar posibles fallas antes de que puedan provocar un cortocircuito o una mala operación posterior.

3.9.1. Prueba de recepción de señal de presencia de manos

En este bloque se verifica la activación de los sensores tanto dentro del rango y fuera del mismo, en la programación de los sensores se estableció la activación a la distancia de 15cm ya que esa sería el espacio que cubre la mitad de la caja, como son dos sensores se cubriría correctamente ambas entradas de la cámara.

Figura 33

Prueba de detección con distancia menor a 15 cm

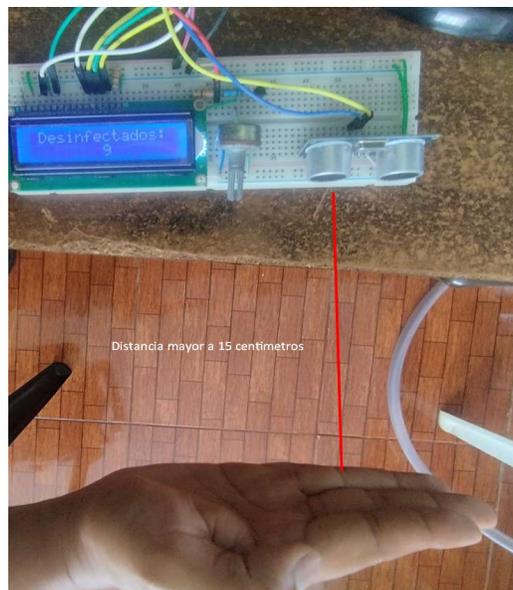


Nota: La fotografía muestra la prueba de distancia menos a 15 cm. Fuente: (Autoría propia)

Como se puede verificar en la Figura 33 los sensores logran activarse ya que la onda del emisor es reflejada y tomada por el receptor que indica que existe presencia cercana de las manos, el indicador solo es activado en el rango de 0cm a 15cm.

Figura 34

Prueba de detección con distancia mayor a 15 cm



Nota: La fotografía muestra la prueba del sensor mayor a 15 cm. Fuente: (Autoría propia)

Como se puede verificar en la Figura 34 los sensores logran no logran activarse ya que la onda del emisor no es reflejada a la distancia correcta lo que indica que no existe presencia cercana de las manos, el indicador solo es activado en el rango de 0cm a 15cm.

3.9.2. Prueba de procesamiento

En primera instancia se realiza el testeo del sistema por separado de acuerdo con los bloques de trabajo, en este caso la verificación del funcionamiento de los sensores ultrasónicos que se reciba la señal a la distancia que se ha colocado las manos. El sistema realiza la detección de la mano a una distancia menor a 15 centímetros.

Figura 35

Mensajes en la pantalla serial de la distancia según la posición de la mano

```
Mano detectada a 10 centímetros  
Desinfeccion  
Mano detectada a 12 centímetros  
Desinfeccion  
Mano detectada a 12 centímetros  
Desinfeccion  
Mano detectada a 14 centímetros  
Desinfeccion  
Mano detectada a 14 centímetros  
Desinfeccion
```

Nota: El grafico representa la detección de la mano a una distancia menor a 15 centímetros.
Fuente: (Autoría propia)

En la Figura 35 se puede apreciar los mensajes en el terminal serial, el sistema realiza la desinfección cuando la posición de la mano está dentro de la distancia indicada. Fuera del rango establecido, el sistema no detecta la posición de la mano.

La segunda parte de prueba es la presentación de datos en la pantalla LCD, el indicador de éxito es que en pantalla se muestren los mensajes enviados y seteados por el microcontrolador, además que el texto presentado no debe tener mucho delay en digitarse y buena presentación del texto.

Figura 36

Verificación de funcionamiento de bloque de presentación por LCD



Nota: La fotografía muestra los datos en la pantalla LCD Fuente: (Autoría propia)

Como se observa en la Figura 36 el texto se presenta de manera correcta, los indicadores del número de desinfectados funcionan correctamente, y además no se observa delay al momento de presentar el texto por pantalla.

3.9.3. Prueba de activación y nebulización

En la tercera etapa se verifica el funcionamiento del nebulizador, el indicador correcto es que trabaje con buena potencia y nebulice el desinfectante, hay que tomar nota de que el transductor piezoeléctrico no se sumerge en el desinfectante sino permanece en la superficie.

Figura 37

Verificación de funcionamiento de la etapa de nebulización



Nota: La fotografía muestra el funcionamiento del nebulizador ultrasónico con una bandeja de agua. Fuente: (Autoría propia)

Figura 38

Verificación de funcionamiento de la etapa de nebulización



Nota: La fotografía muestra el funcionamiento del nebulizador ultrasónico y la fuerza que genera la neblina. Fuente: (Autoría propia)

Como se puede observar en las Figuras 37 y 38 se verifica el correcto funcionamiento del nebulizador ultrasónico además que la alimentación de 5V es suficiente para que se active correctamente. La nebulización del desinfectante proyecta fuerza y se verifica que cumple con el objetivo de desinfectar las manos.

CAPÍTULO 4. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Cronograma de pruebas

En este plan de pruebas se especifica y clasifica el tipo de prueba, los objetivos, la programación, las estimaciones, la ubicación, los plazos y los recursos necesarios para llevar a cabo ese proyecto. Se implementa utilizando el dispositivo necesario para realizar las pruebas y garantizar que tanto el software como el hardware funcionen correctamente; todo esto es controlado y supervisado por parte del autor del proyecto.

- **Criterios de salida:** en esta sección de la tabla se define los puntos de referencia que significan la finalización exitosa de la prueba. Los criterios de salida son los resultados esperados de las pruebas y deben cumplirse antes de pasar a la siguiente.

Los entregables de las pruebas se refieren a las tablas comparativas entre el uso habitual de agua para desinfectar las manos en comparación con el uso de la cámara, estas tablas deben crearse para respaldar las actividades de prueba del proyecto.

Tabla 17

Cronograma de pruebas

Cronograma de pruebas			
Tipo de prueba	Ubicación donde se desarrolla la prueba	Criterios de salida	Duración (fechas)
Prueba 1 Selección de desinfectante		El criterio de salida es la selección correcta del desinfectante que se va	1 día. La fecha de la prueba es el

		a utilizar, apoyado de sustentación científica.	lunes 11 de agosto de 2023.
Prueba 2 Capacidad del tanque de desinfectante		El criterio de salida es realizar las pruebas de la capacidad del tanque con el objetivo de tener un numero de desinfecciones de referencia para volver a llenar el tanque con desinfectante.	1 día. La fecha de la prueba es el martes 12 de agosto de 2023.
Prueba 3 Funcionamiento de la cámara de desinfección	Instalaciones del restaurante PAPIKOTA en el sector el Olivo.	El resultado esperado es lograr la desinfección de manos con un alcance de 40 a 60 personas para realizar la comparativa con el consumo habitual del restaurante.	1 día. La fecha de la prueba es el viernes 15 de agosto de 2023.
Prueba 4 Funcionamiento de la cámara de desinfección	Domicilio de la familia Chaca Ruales. Dirección Los Andes – Bolívar - Carchi	El criterio de salida de esta prueba es usar la cámara en varias ocasiones del día, comprobando la durabilidad del desinfectante, el consumo que se haría en un estimado de 30 y 50 desinfecciones, y la comparativa con el consumo habitual de agua en lavado de manos.	1 día. La fecha de la prueba es el lunes 18 de agosto de 2023.

Nota: La tabla contiene el cronograma de pruebas, con sus especificaciones y tiempos de trabajo. Fuente: (Elaboración propia)

En la mayoría de los artículos de investigación, se ha llegado a un consenso en que el tamaño mínimo de muestra necesario para obtener resultados significativos en las pruebas de

cualquier dispositivo es 100 personas. Este valor tiene en cuenta todos los aspectos importantes que deben ser extraídos durante las pruebas. Por otro lado, algunas investigaciones establecieron que si el proyecto o investigación está dirigido hacia un grupo cerrado y la población total supera las 100 personas, entonces el tamaño muestral debe estar entre el 5% y 10% del total. En caso contrario (es decir, si la población es inferior a 100), será necesaria la participación integral de todos sus integrantes.

Por otro lado, en ciertas bibliografías se menciona que la relación debería no ser menor de 5 a 1. (Memon, 2020) Por ejemplo, a estudiar con 30 elementos se requiere 150 participantes, para la desarrollar las pruebas de este proyecto se toma como referencia que los elementos de estudio son 4 y se tomará la relación 20 a 1 que nos dará un tamaño de muestra de 80 participantes.

4.2. Prueba 1

Esta prueba consiste en la revisión de artículos y bibliografía que ayude a la selección del desinfectante, incluido el grado de alcohol isopropílico y cantidad de agua que se va a utilizar para la correcta desinfección y que no afecte la salud del usuario ni tampoco tenga impacto negativo con el ambiente.

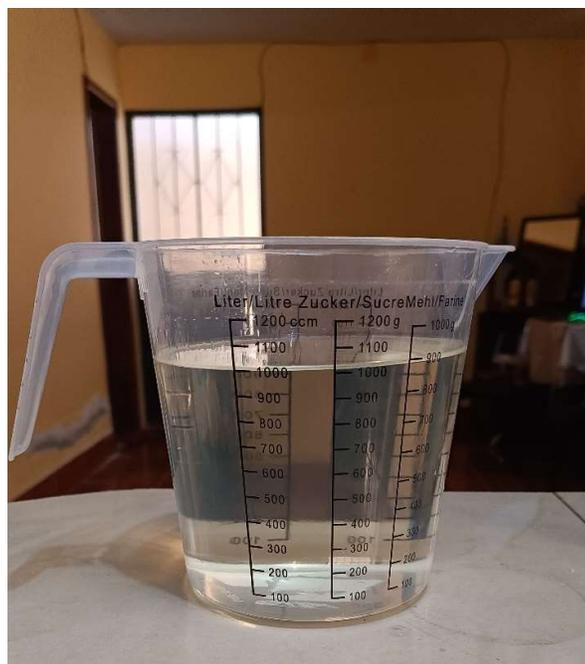
4.2.1. Verificación

El alcohol isopropílico, también conocido como isopropanol o IPA, es el desinfectante más común y ampliamente utilizado en la industria farmacéutica, hospitales, salas blancas y en la fabricación de dispositivos médicos o electrónicos. La variedad de soluciones disponibles con distintos grados de pureza y concentraciones hacen del alcohol isopropílico un eficaz agente limpiador y desinfectante cuando se utiliza correctamente; sin embargo, puede tener consecuencias peligrosas si no se usa adecuadamente. Esta primera prueba tiene por objetivo identificar el uso correcto del alcohol isopropílico.

El alcohol isopropílico, especialmente en soluciones que contienen entre 60% y 90% de alcohol junto con un 10% - 40% de agua purificada, presenta una rápida acción antimicrobiana contra bacterias, hongos y virus. (Maurício, 2020). Sin embargo, cuando la concentración de alcohol desciende por debajo del 50%, su eficacia como desinfección disminuye significativamente. Es importante destacar que niveles más altos de alcohol no mejoran las propiedades antibacterianas ni antivirales o fungicidas deseables. Como se puede evidenciar en la Figura 39 se utiliza alcohol isopropílico del 70% que está dentro de rango adecuado para desinfectar.

Figura 39

Alcohol isopropílico utilizado, la base es del 70%



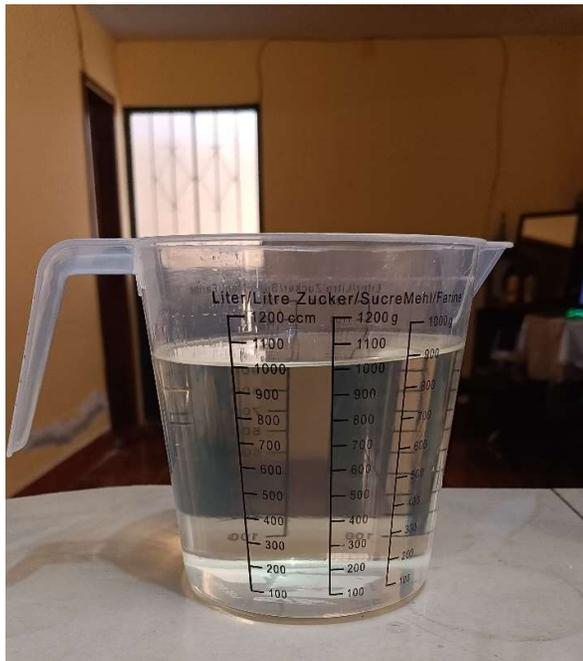
Nota: La fotografía muestra la medida del alcohol isopropílico. Fuente: (Autoría propia)

En la siguiente Figura 40 se muestra la mezcla utilizada para la nebulización, el alcohol isopropílico al 70 % que es alrededor de 700ml junto con 300ml de agua que cumplen los

requisitos clave para su uso como bactericida en salas blancas, partes del cuerpo como las manos e instalaciones médicas, pero también para fines generales.

Figura 40

Mezcla del desinfectante, compuesta por 70% alcohol isopropílico y 30% agua



Nota: La fotografía muestra la medida de la mezcla de agua y alcohol. Fuente: (Autoría propia)

Las soluciones de 70 % de IPA y 30 % de agua producen menos vapor y olor, lo que reduce los riesgos de humos tóxicos o combustión.

4.2.2. Conclusión

Se ha seleccionado el alcohol isopropílico al 70% mezclado con el 30% de agua como mejor opción, basado en que al usar las soluciones de IPA al 70% penetran completamente en la pared celular, lo que impregna toda la célula, coagula todas las proteínas y, por lo tanto, el microorganismo muere, por lo que proporciona mejor desinfección de las manos. Adicional a esto como regla general, el alcohol isopropílico al 70 por ciento es más amigable para usar en la piel ya que no produce resequedad ni infecciones.

4.3. Prueba 2

El criterio de salida que se requiere obtener de esta prueba es la capacidad del tanque o bandeja de desinfectante, que utiliza la cámara de desinfección. Para el desarrollo de esta prueba se tomará por referencia el número de desinfecciones en proporción a la capacidad del tanque.

4.3.1. Verificación

La cámara de desinfección posee un tanque o bandeja de desinfectante como se observa en la Figura 41, el líquido desinfectante no debe sobrepasar el nivel de la bandeja, la cual representa una capacidad de 350ml.

Figura 41

Bandeja de desinfectante capacidad optima de 350ml



Nota: La fotografía muestra de manera física la bandeja que contendrá el desinfectante y la posición de los nebulizadores. Fuente: (Autoría propia)

Cada desinfección producida por los nebulizadores que se pueden observar en la Figura 41, utiliza alrededor de 3ml de desinfectante por cada ciclo. Esta comprobación se realizó poniendo líquido desinfectante sobre una bandeja externa con la cantidad mínima de 3ml, se

aplica la nebulización por el tiempo de trabajo que son 12 segundos, de manera que todo el líquido es consumido como se puede observar en la Figura 42.

Figura 42

Comprobación de consumo de desinfectante 3ml



Nota: La fotografía muestra desinfección producida por los nebulizadores. Fuente: (Autoría propia)

Para tener como referencia la capacidad de nebulizaciones que posee el tanque se realiza las siguientes operaciones.

NNB = Número de nebulizaciones por bandeja

350ml = Capacidad de la bandeja

3ml = Desinfectante utilizado por cada ciclo de nebulización.

$$NNB = \frac{350ml}{3ml} \quad (\text{Ecuación 6})$$

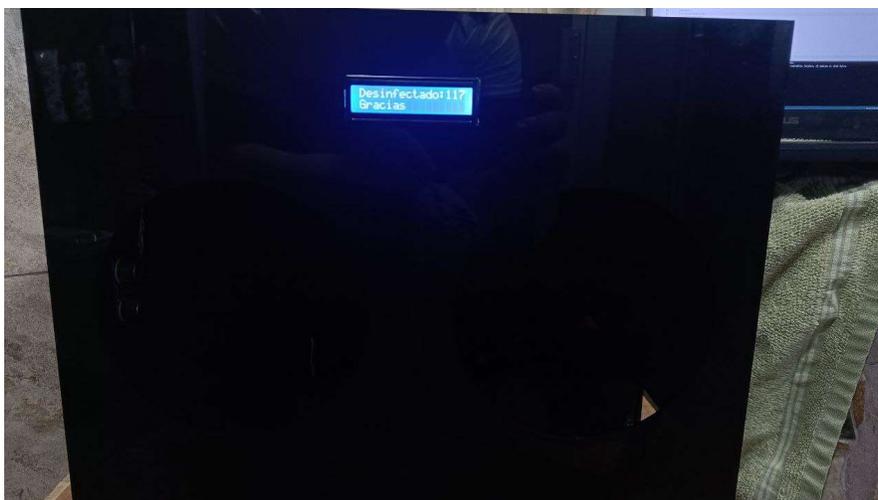
$$NNB = 117 \quad (\text{Ecuación 7})$$

4.3.2. Conclusión

El criterio de salida que se obtuvo es que la capacidad de la bandeja de desinfectante abarca alrededor de 117 repeticiones, las cuales se deben tomar como referencia para volver a rellenar la bandeja. Además, la bandeja es extraíble lo que permitiría también la visualización del nivel de desinfectante. Y como se puede observar en la Figura 43, Figura 44 y Figura 45 el número de repeticiones es cercano al obtenido en los cálculos y el sobrante de desinfectante en la bandeja muy bajo, lo que respalda los cálculos realizados.

Figura 43

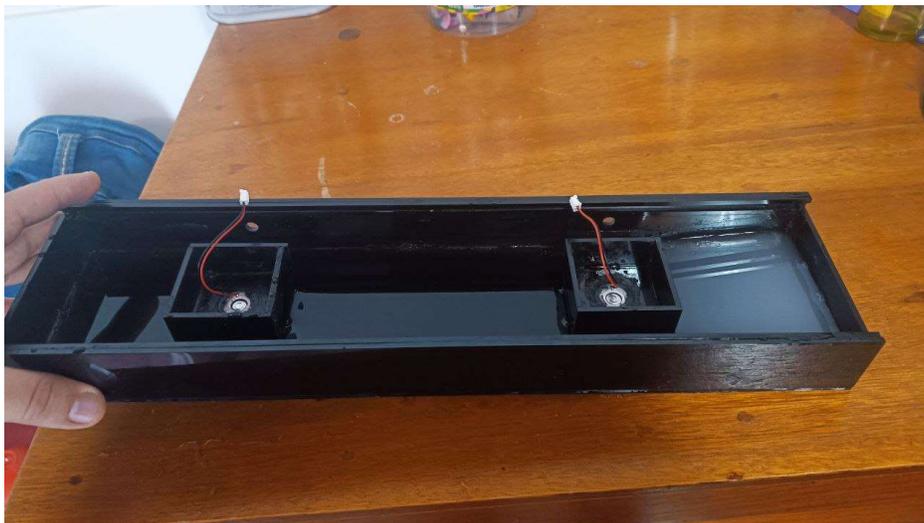
Numero de repeticiones para prueba de capacidad de la bandeja



Nota: La fotografía muestra las desinfecciones realizadas hasta bajar el nivel del tanque y medir su capacidad. Fuente: (Autoría propia)

Figura 44

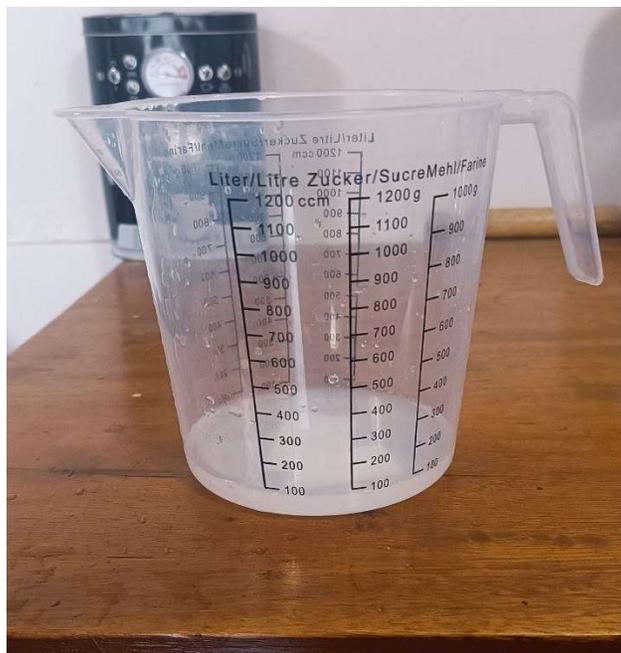
Desinfectante sobrante en la bandeja de la cámara de desinfección



Nota: La fotografía muestra el líquido desinfectante sobrante. Fuente: (Autoría propia)

Figura 45

Medida del líquido desinfectante sobrante de la bandeja



Nota: La fotografía muestra la medida del líquido sobrante de la bandeja. Fuente: (Autoría propia)

4.4. Prueba 3

El criterio de salida de la prueba es evaluar el rendimiento y ahorro de agua dentro del restaurante nombrado PAPIKOTA. El objetivo es realizar las pruebas con los asistentes al restaurante, tomar nota de su experiencia usando el dispositivo, a través de la encuesta y por último realizar la comparativa entre el consumo habitual de agua para desinfección de manos en relación con el uso del prototipo.

4.4.1. Verificación

El establecimiento como se muestra en la Figura 46 está situado en el sector El Olivo panamericana Norte, frente a la gasolinera. Este local recibe entre 40 y 60 personas diariamente.

Figura 46

Establecimiento de comida PAPIKOTA



Nota: La fotografía muestra el establecimiento donde se realizará las pruebas. Fuente: (Autoría propia)

La ubicación del prototipo es estratégica en este caso junto a la entrada del baño del establecimiento, no se necesitó extender cable eléctrico ya que existe un tomacorriente cerca de la puerta del baño como se observa en la Figura 47.

Figura 47

Ubicación del dispositivo cerca del baño



Nota: La fotografía muestra donde se ubicó el prototipo con el fin de no impedir el paso a las personas. Fuente: (Autoría propia)

Se ubica el dispositivo en este sitio para que pueda ser más visible por los clientes del restaurante como se muestra en la Figura 48.

Figura 48

Conexión del dispositivo cerca del baño

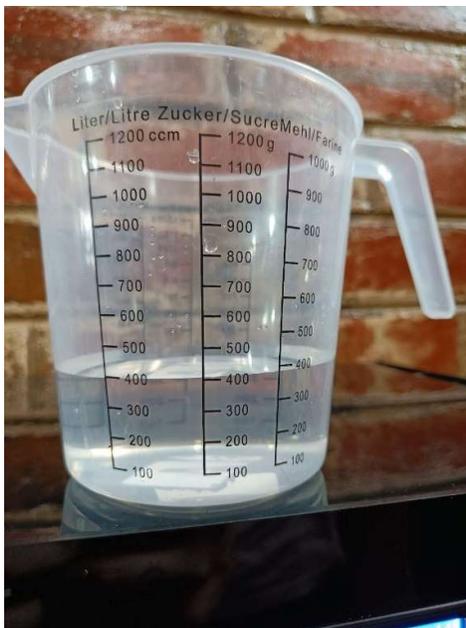


Nota: La fotografía muestra la fuente de energía del prototipo. Fuente: (Autoría propia)

Se procedió a tomar muestra o referencia de que cantidad de agua consume el lavamanos del baño, y se estimó que en un uso rápido de desinfección por agua se consume 400ml de agua, este respaldo se muestra en la Figura 49.

Figura 49

Muestra de consumo de agua del lavamanos



Nota: La fotografía muestra el agua que utiliza en la desinfección mediante el lavamanos.

Fuente: (Autoría propia)

Se invito a los clientes que asistieron al lugar a utilizar la cámara de desinfección, en este paso se le explicó a cada uno el funcionamiento de la máquina, como utilizar y los beneficios que conlleva el uso permanente del dispositivo; en este caso reducir el consumo de agua. La mayoría de las participantes utilizaron la cámara de desinfección antes de realizar la ingesta de alimentos. Cabe mencionar que entre las personas que utilizaron la cámara son niños y jóvenes que asisten al lugar como se muestra en la Figura 50. En las siguientes imágenes se presenta como referencia las personas que lo utilizaron.

Figura 50

Cliente del restaurante PAPIKOTA que utilizó la cámara de desinfección



Nota: La fotografía muestra un cliente que asiste al establecimiento. Fuente: (Autoría propia)

Se invitó a más personas del lugar a utilizar el prototipo como se puede observar en la Figura 51 y Figura 52.

Figura 51

Cliente del restaurante PAPIKOTA que utilizó la cámara de desinfección



Nota: La fotografía muestra un cliente que asiste al establecimiento. Fuente: (Autoría propia)

Figura 52

Cliente del restaurante PAPIKOTA que utilizó la cámara de desinfección



Nota: La fotografía muestra un cliente que asiste al establecimiento. Fuente: (Autoría propia)

Figura 53

Cliente del restaurante PAPIKOTA que utilizó la cámara de desinfección



Nota: La fotografía muestra un cliente que asiste al establecimiento. Fuente: (Autoría propia)

También se invitó al personal que trabaja en el local a realizar las pruebas como se observa en la Figura 54.

Figura 54

Cliente del restaurante PAPIKOTA que utilizó la cámara de desinfección



Nota: La fotografía muestra un cliente que asiste al establecimiento. Fuente: (Autoría propia)

En esta prueba se realizó total 64 desinfecciones en todo el día, cabe mencionar que el establecimiento trabaja desde las 11:00 am hasta las 24:00 pm. Siendo un día de bastante concurrencia en comparación al promedio. En la Figura 55 consta por pantalla el número de desinfectados que mostro la cámara de desinfección al final de la jornada de prueba.

Figura 55

Numero de desinfectados mostrado por pantalla al final de la prueba

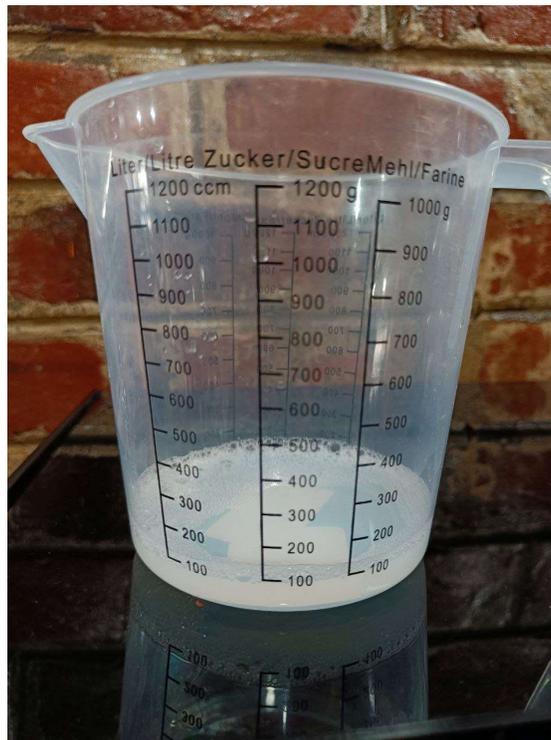


Nota: La fotografía muestra el número de desinfecciones que se alcanzó a realizar en ese día de prueba dentro del establecimiento. Fuente: (Autoría propia)

Para realizar la comparativa del consumo de agua, se toma como referencia la cantidad sobrante del líquido desinfectante al final del día, en este caso se tuvo un sobrante de 150ml como se observa en la Figura 56, si la bandeja de desinfectante contiene un estimado de 350ml tenemos como resultado que el consumo neto de las 64 desinfecciones ocupó 200ml de desinfectante.

Figura 56

Líquido desinfectante sobrante de la prueba 150ml aproximadamente



Nota: La fotografía muestra el líquido desinfectante sobrante después de las desinfecciones que se alcanzó a realizar en ese día de prueba dentro del establecimiento. Fuente: (Autoría propia)

El consumo de la cámara de desinfección en la prueba es de 200ml con un alcance de 64 personas desinfectadas.

$$\text{Consumo de desinfectante por persona} = \frac{200\text{ml}}{64} \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$\text{Consumo de desinfectante por persona} = 3.125 \text{ ml} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Haciendo la comparación con el uso habitual de agua que son los 400ml aproximadamente por persona.

$$\mathbf{Diferencia} = 400\text{ml} - 3.125\text{ml} \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$\mathbf{Diferencia} = 396.8 \text{ ml} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Como se puede evidenciar se obtiene un ahorro considerable de agua, siendo la diferencia de 396.8ml por cada persona. Ahora el ahorro de agua estimado en las 64 personas en esta prueba es el siguiente.

$$\mathbf{Ahorro de agua en la prueba 2} = (64 \text{ personas})(Diferencia) \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$\mathbf{Ahorro de agua en la prueba 2} = 25395.2 \text{ ml} \quad (\text{Ecuación 13})$$

Transformados a litros sería un aproximado de

$$25.4 \text{ Litros de agua} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Esta cantidad 25.4 litros de agua es la cantidad que se ahorró en el día que se realizó la prueba a comparación de los 200 ml de desinfectante consumidos se obtiene una gran diferencia de consumo. Haciendo una proyección mensual tomando en cuenta 20 días laborables se obtiene lo siguiente:

$$\mathbf{Ahorro mensual} = (25.4 \text{ litros})(20 \text{ dias laborables}) \quad (\text{Ecuación 15})$$

$$\mathbf{Ahorro\ mensual = 508\ litros\ de\ agua} \quad (\text{Ecuación 16})$$

El ahorro mensual con el uso de la maquina por veinte días laborables seria aproximadamente 508 litros de agua. Y el consumo de desinfectante por los 20 días sería el siguiente:

$$\mathbf{Consumo\ mensual\ de\ desinfectante = (0.2\ litros)(20\ dias\ laborables)} \quad (\text{Ecuación 17})$$

$$\mathbf{Consumo\ mensual\ de\ desinfectante = 4\ litros} \quad (\text{Ecuación 18})$$

Los datos que se obtuvieron anteriormente se realizaron con el número de personas que asistieron ese día al local de comida, como se había mencionado el lugar recibe un estimado entre 40 y 60 personas, lo cual nos ayuda como referencia para obtener datos mínimos y máximos de ahorro de agua, consumo de desinfectante ya sea diario y mensual, esto se resume en la Tabla 18.

Tabla 18

Tabla de valores de ahorro y consumo máximo, promedio y mínimo para el establecimiento de comida PAPIKOTA

Número de personas	Ahorro diario (0.3968) *(#Personas)	Consumo diario de desinfectante (3.125ml) *(#personas)	Ahorro mensual de agua (Columna2*20 días)	Consumo mensual de desinfectante (Columna3*20 días)
Valor mínimo 40	15.872 litros de agua	0.125 litros de desinfectante	317.44 litros de agua	2.5 litros de desinfectante

Valor promedio 50	19.84 litros de agua	0.156 litros de desinfectante	396.8 litros de agua	3.12 litros de desinfectante
Valor máximo 60	23.808 litros de agua	0.187 litros de desinfectante	476.16 litros de agua	3.74 litros de desinfectante

Nota: La tabla contiene los datos de ahorro de agua a futuro aplicando el sistema de desinfección. Fuente: (Autoría propia)

4.4.2. Análisis de resultados

Como criterio de salida de la prueba de uso en el establecimiento de comida PAPIKOTA se obtuvo que por cada persona que utilizó la cámara de desinfección se ahorró 0.396 litros de agua, la recurrencia de las personas de este día fue de 64, la mismas que ocuparon el dispositivo, dando como ahorro de agua total un estimado de 25.4 litros de agua y un consumo de 0.2 litros de desinfectante diario. Haciendo la proyección mensual con una base de 20 día laborables, se estima un ahorro mensual de 508 litros de agua y un consumo de 4 litros de desinfectante mensual.

4.5. Prueba 4

El criterio de salida de la prueba es evaluar el rendimiento y ahorro de agua dentro de la residencia de la familia Chaca Ruales. El objetivo es realizar las pruebas con los miembros del hogar, tomar nota de su experiencia usando el dispositivo, a través de la encuesta y por último realizar la comparativa entre el consumo habitual de agua para desinfección de manos en relación con el uso del prototipo.

4.5.1. Verificación

La residencia que se observa en la Figura 57 está situada en la Calle 9 de octubre, perteneciente a la parroquia Los Andes del Cantón Bolívar en la Provincia del Carchi. Los miembros del hogar son 10 personas. De tal manera que se usará la cámara de desinfección en varias ocasiones del día, sea antes de las comidas y después del uso del baño.

Figura 57

Residencia de la familia Chaca Ruales



Nota: La fotografía muestra la vivienda donde se realizará las pruebas. Fuente: (Autoría propia)

La ubicación del prototipo es estratégica en este caso dentro del cuarto de baño cerca del lavamanos, no se necesitó extender cable eléctrico ya que existe un tomacorriente cerca del lavamanos del baño como se observa en la Figura 58.

Figura 58

Ubicación estratégica de la cámara de desinfección cerca del lavamanos



Nota: La fotografía muestra la ubicación estratégica del prototipo donde se realizará las pruebas. Fuente: (Autoría propia)

Conexión del dispositivo en el tomacorriente cerca del lavamanos como se puede observar en la Figura 59.

Figura 59

Conexión de dispositivo

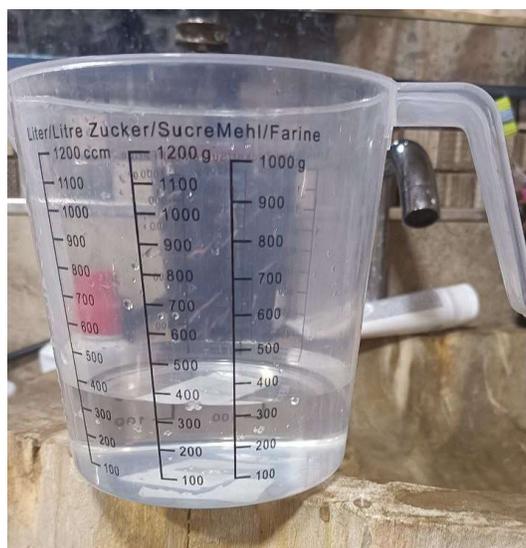


Nota: La fotografía muestra la fuente de alimentación y ubicación estratégica del prototipo y donde se realizará las pruebas. Fuente: (Autoría propia)

Se procedió a tomar muestra o referencia de que cantidad de agua que consume el lavamanos del baño esta evidencia es mostrada en la Figura 60, siendo un grifo muy diferente al de la prueba anterior se estimó que en un uso rápido de desinfección por agua se consume 350ml de agua.

Figura 60

Muestra de consumo de agua del lavamanos



Nota: La fotografía muestra el agua que se consume desinfectando las manos con agua. Fuente: (Autoría propia)

Se invito a los miembros de la familia del lugar, a utilizar la cámara de desinfección, en este paso se le explicó a cada uno el funcionamiento de la máquina, como utilizar y los beneficios que conlleva el uso del dispositivo; en este caso el mayor beneficio es reducir el consumo de agua. La mayoría de los participantes utilizaron la cámara de desinfección antes de realizar la ingesta de alimentos y en diferentes ocasiones del día. Cabe mencionar que entre las personas que utilizaron la cámara son niños, jóvenes y adultos que son miembros del hogar. En las siguientes imágenes se presenta como referencia las personas que lo utilizaron como se puede observar en la Figura 61.

Figura 61

Miembro del hogar que utilizó la cámara de desinfección



Nota: La fotografía muestra un miembro del hogar usando el sistema. Fuente: (Autoría propia)

Las pruebas también las realizaron los niños de la familia como se observa en la Figura 62.

Figura 62

Miembro del hogar que utilizó la cámara de desinfección



Nota: La fotografía muestra un miembro del hogar usando el sistema. Fuente: (Autoría Propia)

Los miembros más jóvenes de la familia también recibieron las instrucciones para utilizar la cámara de desinfección como se muestra en la Figura 63 y Figura 64.

Figura 63

Miembro del hogar que utilizó la cámara de desinfección



Nota: La fotografía muestra un miembro del hogar usando el sistema. Fuente: (Autoría propia)

Figura 64

Miembro del hogar que utilizó la cámara de desinfección



Nota: La fotografía muestra un miembro del hogar usando el sistema. Fuente: (Autoría propia)

Figura 65

Miembro del hogar que utilizó la cámara de desinfección



Nota: La fotografía muestra un miembro del hogar usando el sistema. Fuente: (Autoría propia)

Figura 66

Miembro del hogar que utilizó la cámara de desinfección



Nota: La fotografía muestra un miembro del hogar usando el sistema. Fuente: (Autoría propia)

En esta prueba se realizó total 48 desinfecciones en todo el día, cabe mencionar que el dispositivo funciono por 24 horas. Siendo utilizado por las mismas personas en diferentes momentos del día. En la Figura 67 consta por pantalla el número de desinfectados que mostro la cámara de desinfección al final de la jornada de prueba.

Figura 67

Numero de desinfectados mostrado por pantalla al final de la prueba

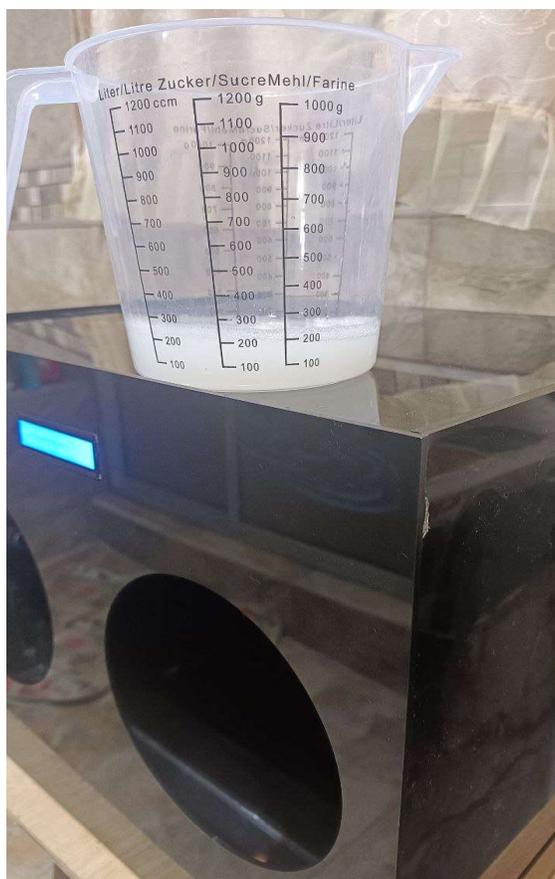


Nota: La fotografía muestra el alcance de desinfecciones que se alcanzó a realizar el día de la prueba. Fuente: (Autoría propia)

Para realizar la comparativa del consumo de agua, se toma como referencia la cantidad sobrante del líquido desinfectante al final del día, en este caso se tuvo un sobrante de 200ml como se observa en la Figura 68, si la bandeja de desinfectante contiene un estimado de 350ml tenemos como resultado que el consumo neto de las 48 desinfecciones ocupó 150ml de desinfectante.

Figura 68

Líquido desinfectante sobrante de la prueba 200ml aproximadamente



Nota: Desinfectante sobrante en el envase de medidas para realizar los cálculos. Fuente:

(Autoría propia)

El consumo de la cámara de desinfección en la prueba es de 150ml con un alcance de 48 personas desinfectadas.

$$\textit{Consumo de desinfectante por persona} = \frac{150\textit{ml}}{48} \quad (\text{Ecuación 19})$$

$$\textit{Consumo de desinfectante por persona} = 3.125 \textit{ ml} \quad (\text{Ecuación 20})$$

Haciendo la comparación con el uso habitual de agua que son los 350ml aproximadamente por persona.

$$\textit{Diferencia} = 350\textit{ml} - 3.125\textit{ml} \quad (\text{Ecuación 21})$$

$$\textit{Diferencia} = 346.8 \textit{ ml} \quad (\text{Ecuación 22})$$

Como se puede evidenciar se obtiene un ahorro considerable de agua, siendo la diferencia de 346.8ml por cada persona. Ahora el ahorro de agua estimado en las 48 personas en esta prueba es el siguiente.

$$\textit{Ahorro de agua en la prueba 3} = (48 \textit{ personas})(\textit{Diferencia}) \quad (\text{Ecuación 23})$$

$$\textit{Ahorro de agua en la prueba 3} = 16646.4 \textit{ ml} \quad (\text{Ecuación 24})$$

Transformados a litros sería un aproximado de

16.65 Litros de agua

(Ecuación 25)

Esta cantidad 16.65 litros de agua es la cantidad que se ahorró en el día que se realizó la prueba a comparación de los 150 ml de desinfectante consumidos se obtiene una gran diferencia de consumo. Haciendo una proyección mensual tomando en cuenta 30 días del mes en los que se puede utilizar la maquina se obtiene lo siguiente:

$$\mathbf{Ahorro\ mensual = (16.65\ litros)(30\ dias)}$$

(Ecuación 26)

$$\mathbf{Ahorro\ mensual = 499.5\ litros\ de\ agua}$$

(Ecuación 27)

El ahorro mensual con el uso de la maquina por veinte días laborables seria aproximadamente 499.5 litros de agua. Y el consumo de desinfectante por los 30 días sería el siguiente:

$$\mathbf{Consumo\ mensual\ de\ desinfectante = (0.15\ litros)(30\ dias)}$$

(Ecuación 28)

$$\mathbf{Consumo\ mensual\ de\ desinfectante = 4.5\ litros}$$

(Ecuación 29)

Los datos que se obtuvieron anteriormente se realizaron con el número de personas que utilizaron la maquina en ese día, como se había mencionado en el cronograma se tenía un estimado entre 30 y 50 repeticiones, lo cual nos ayuda como referencia para obtener datos

mínimos y máximos de ahorro de agua, y el consumo de desinfectante ya sea diario y mensual y se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19

Tabla de valores de ahorro y consumo máximo, promedio y mínimo para la residencia

Número de personas	Ahorro diario (0.346) *(#Personas)	Consumo diario de desinfectante (3.125ml) *(#personas)	Ahorro mensual de agua (Columna2*30 días)	Consumo mensual de desinfectante (Columna3*30 días)
Valor mínimo 30	10.38 litros de agua	0.093 litros de desinfectante	311.4 litros de agua	2.79 litros de desinfectante
Valor promedio 40	13.84 litros de agua	0.125 litros de desinfectante	415.2 litros de agua	3.75 litros de desinfectante
Valor máximo 50	17.3 litros de agua	0.156 litros de desinfectante	519 litros de agua	4.68 litros de desinfectante

Nota: La tabla contiene los datos de ahorro de agua a futuro aplicando el sistema de desinfección. Fuente: (Autoría propia)

4.5.2. Análisis de resultados

Como criterio de salida de la prueba de uso en el lugar de residencia; se obtuvo que por cada persona que utilizó la cámara de desinfección se ahorró 0.346 litros de agua, la recurrencia de los miembros del hogar de este día fue de 10, la mismas que ocuparon el dispositivo 48 veces, dando como ahorro de agua total un estimado de 16.65 litros de agua y un consumo de 0.15 litros de desinfectante diario. Haciendo la proyección mensual con una base de 30 días, se estima un ahorro mensual de 499.5 litros de agua y un consumo de 4.5 litros de desinfectante mensual.

4.6. Aceptación y validación del dispositivo

En general los participantes de las encuestas y de las pruebas del dispositivo se mostraron abiertos a la cooperación de responder a las preguntas. La aceptación del dispositivo

fue bastante positiva y brinda un enfoque de mejorar y validar los objetivos y requerimientos planteados con anterioridad.

De la encuesta realizada y adjunta en el Anexo 4 se puede validar los siguientes puntos clave del trabajo:

- El 100% de los encuestados consideró que el dispositivo tiene un diseño bastante intuitivo y es fácil de usar. Este parámetro fue establecido en los requerimientos de Stakeholders y se pudo respaldar su cumplimiento en base a la opinión de los participantes.
- El tiempo empleado para la desinfección fue considerado en base a la bibliografía, en la programación se estableció el tiempo de 12 segundos por cada ciclo de desinfección, el 100% de los participantes estuvieron de acuerdo que el tiempo empleado es el adecuado.
- El siguiente punto es un resultado cualitativo, se cuestionó a las personas que grado de satisfacción les brinda el olor del desinfectante después de la desinfección de manos por este método, el 52.7% valoró como muy buena, el 37.8% como excelente y por último el 9.5% señaló como bueno, se obtuvo el criterio de salida que más de la mitad de las personas señalan que el compuesto de desinfectante es muy bueno.
- El siguiente punto también el criterio de salida es cualitativo, se cuestionó a las personas que grado de limpieza sienten en sus manos después de usar el dispositivo, en este caso la mayoría con un 46.6% señaló entre muy buena y excelente.
- Las dos últimas preguntas son relacionadas, se tomó en cuenta si las personas consideran que el uso del dispositivo a diario y a largo plazo reducirían el consumo de agua y generaría un impacto positivo al ambiente. Los resultados son del 100% ya que

las personas se pudieron informar del dispositivo antes de usarlo y brindaron opiniones positivas del mismo, las recomendaciones en base a estas preguntas son que se pueda instalar el prototipo en varios espacios públicos donde se genera mayor desperdicio de agua.

Conclusiones

- La tecnología utilizada es nueva e innovadora. Utilizando alrededor de un 95% menos de agua que la desinfección de manos tradicional, resuelve uno de los mayores problemas de ahorro de agua, por lo que se podría ver a futuro avances y nuevos productos en el mercado con un mecanismo similar. Utilizar menos del 95% del agua necesaria para lavarse las manos utilizando grifos convencionales genera un impacto ambiental positivo.
- Con la instalación estratégica de este sistema en espacios públicos las personas pueden operarlo de forma cómoda, sin contacto y muy higiénico. El agua ahorrada se puede utilizar para otros fines.
- El sistema está totalmente automatizado y evita errores manuales como abrir el grifo, fugas en el grifo y maximiza el ahorro de agua.
- Mediante la investigación del uso de la neblina para desinfección de manos y otros espacios se respalda que el trabajo propuesto tiene muchas ventajas importantes y ayuda a eliminar bacterias en lugares públicos como restaurantes, centros de salud, y también en los hogares. Mediante el aprovechamiento de esta tecnología se obtiene buena higiene, que es muy útil ya que es un enfoque sin contacto que ayuda a mantener un distanciamiento social adecuado de acuerdo con las normas generales de salud.

- Los equipos electrónicos seleccionados son de bajo costo y consumo eléctrico reducido lo que mejora la calidad y se puede considerar mejor la vida útil del sistema. La metodología ayudó claramente desde el principio a definir de manera ordenada las fases de trabajo y los entregables, adicional a esto se obtuvo visión clara y estructurada de verificar los requisitos y especificaciones del sistema.
- Su estructura portátil facilita su instalación y uso en distintas ubicaciones según sus necesidades. Los indicadores y diseño intuitivo hacen que el sistema sea fácil de usar y visualmente llamativo. Además, el material de la cámara como es el acrílico ayuda que la neblina no se filtre y tampoco acumule humedad, de tal manera que protege a los componentes electrónicos alargando la vida útil del sistema.
- Los resultados después de aplicar el sistema en las pruebas de campo revelan que el sistema reduce más del 95% de consumo de agua en comparación a la desinfección de manos tradicional, con la proyección a largo plazo se puede recibir datos mucho más altos de ahorro de agua y un impacto ambiental más positivo.

Recomendaciones

- El uso del lavado de manos automatizado sin contacto es una de las mejores estrategias para eliminar o disminuir la propagación de bacterias. Las pruebas muestran que se cumplen todos los requisitos. Sigue perfectamente el protocolo de desinfección de manos exigido por la OMS. El trabajo futuro puede incluir un lavado de manos automatizado con energía solar y un lector de temperatura sin contacto y sin cortes de energía.
- El trabajo realizado promueve la desinfección de manos mediante neblina generada por los nebulizadores ultrasónicos, sin embargo, no garantiza el 100% de desinfección, para

obtener un porcentaje mucho más cercano al mismo se podría implementar luz UV dentro de la cámara que ayuda a mejorar esterilización de las manos, esto puede ser apoyado de la bibliografía científica y médica.

- El material utilizado como el acrílico permite mejorar la estructura física del sistema, en futuras investigaciones se podrían mejorar el diseño y el tamaño de la cámara de desinfección.

Bibliografía

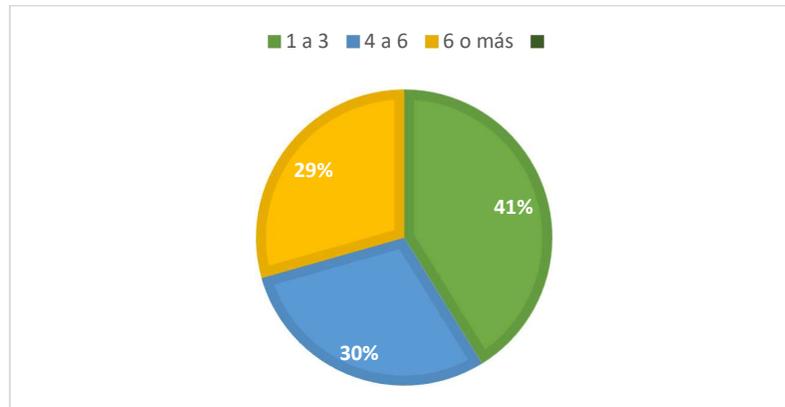
- Benjamin M. Hyers, C. S. (2021). *Humidification and Filtration*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323672795000121>
- CAMPO, R. D. (Julio de 2019). *Biology of Hand-to-Hand Bacterial Transmission*.
https://www.researchgate.net/profile/Rosa-Campo/publication/330504451_Biology_of_Hand-to-Hand_Bacterial_Transmission/links/5d31c7ea299bf1995b3824fc/Biology-of-Hand-to-Hand-Bacterial-Transmission.pdf
- Carol, D. (11 de Marzo de 2021). *Public Hot Spots for Germs*.
<https://www.webmd.com/cold-and-flu/ss/slideshow-public-germs>
- Casteren, V. (2017). *The Waterfall Model and the Agile Methodologies: A comparison by project characteristics*. Research Gate, 2, 1-6.
- Centrak. (2023). *Hand Hygiene Compliance Monitoring*.
<https://centrak.com/solutions/infection-control/hand-hygiene-compliance-monitoring>
- Chang, I. (2018). *Procesamiento de datos hiperespectrales: diseño y análisis de algoritmos*.
- CrestClean. (16 de Abril de 2021). *Is fogging effective for sanitising?*
<https://crestclean.co.nz/2021/04/is-fogging-effective-for-sanitising/>
- EL COMERCIO. (22 de Marzo de 2021). *Una persona puede consumir hasta 150 litros de agua al día. Así se desperdicia el líquido vital en el mundo*.
<https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/persona-desperdicio-agua-ahorroambiente.html>
- Gunther, G. (2017). *Introduction to Microcontrollers*.
<https://ti.tuwien.ac.at/ecs/teaching/courses/mclu/theory-material/Microcontroller.pdf>
- Healt, D. o. (11 de 2022). *Common Ways Germs are Spread*.
<https://www.health.state.mn.us/people/handhygiene/why/5ways.pdf>
- IBL. (6 de Mayo de 2022). *Disinfection by fogging*.
<https://www.iblspecific.com/en/disinfection-by-fogging/>

- Jay, K. (2020). *Evaluation of a Dry Fogging System for Laboratory Decontamination*.
<https://www.ikeuchi.eu/wp-content/uploads/2020/05/Evaluation-of-a-Dry-Fogging-System-for-Laboratory-Decontamination.pdf>
- Khamdamov, U. (Marzo de 2020). *Introduction to Microcontrollers*.
https://www.researchgate.net/publication/340022584_Introduction_to_Microcontrollers
- Krishnan, J. (Marzo de 2019). *Evaluation of a Dry Fogging System for Laboratory Decontamination*. <https://www.ikeuchi.eu/wp-content/uploads/2020/05/Evaluation-of-a-Dry-Fogging-System-for-Laboratory-Decontamination.pdf>
- Maurício, U. G. (Marzo de 2020). *Effectiveness of disinfection with alcohol 70% (w/v) of contaminated surfaces not previously cleaned*.
<https://www.scielo.br/j/rlae/a/CfZMMxxqFn6mgd74MK8m8Sh/?format=pdf>
- Memon, M. &.-H. (2020). *Sample Size for Survey Research: Review and Recommendations*.
- OMS. (15 de Mayo de 2020). *Limpieza y desinfección de las superficies del entorno inmediato en el marco de la COVID-19*.
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332168/WHO-2019-nCoVDisinfection-2020.1-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Teresa, V. (2008). *Grado de contaminación microbiana de las manos*.
https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/1434/Valencia_bj.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20microbiana%20en%20las,al%20deterioro%20de%20su%20salud.
- Universidad de Arizona. (Agosto de 2011). *Assessment of the Potential for Cross Contamination of Food Products by Reusable Shopping Bags*. Arizona.
- Zhmud, V. A. (Mayo de 2018). *Application of ultrasonic sensor for measuring distances in robotics*. IOP Publishing.

ANEXOS

Anexo 1: Encuesta realizada para determinar requerimientos de Stakeholders

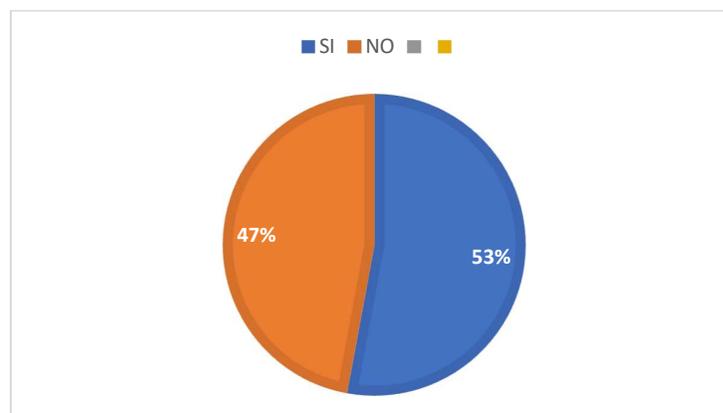
¿Qué número de personas trabajan con usted en su oficina o lugar de trabajo?



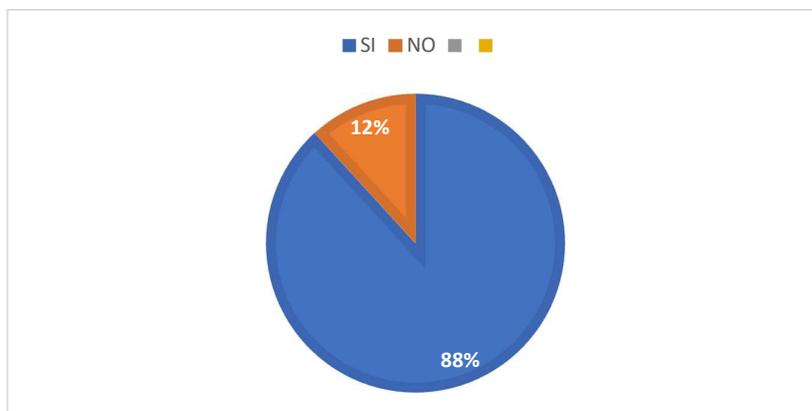
¿Con qué frecuencia se lavan las manos en el día?



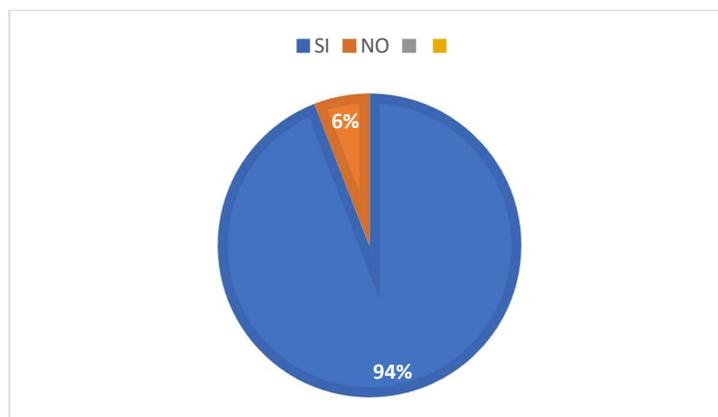
¿Conoce el método de desinfección por nebulizadores o vapor de agua?



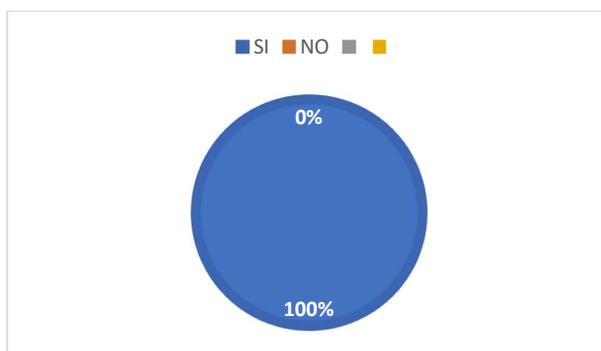
¿Utilizaría un método electrónico de lavado y desinfección de manos por medio de la nebulización de desinfectante que le permita ahorrar agua?



¿En base a la descripción grafica del dispositivo cree usted que para utilizarlo debería ser completamente automático para no generar ningún contacto antes ni después de la desinfección de manos?



¿En base al dispositivo mostrado anteriormente cree usted que debería ser simple y fácil de utilizar?



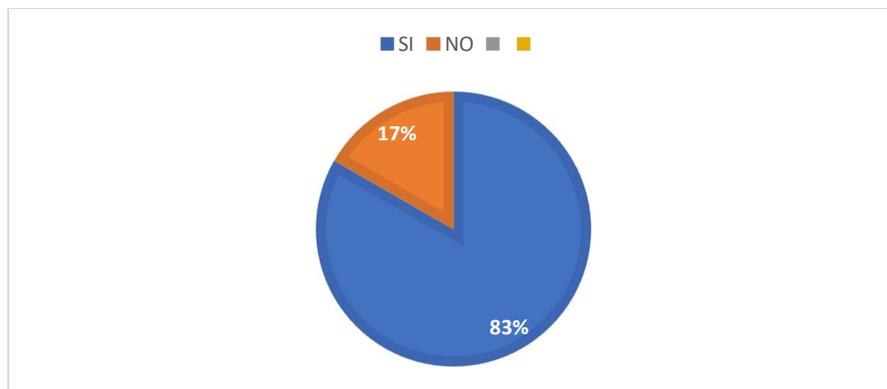
¿En base al dispositivo mostrado anteriormente cree usted que debería ser simple y fácil de utilizar?

- Las respuestas más frecuentes de esta pregunta fueron en Baños y en la entrada principal de la casa u oficina.

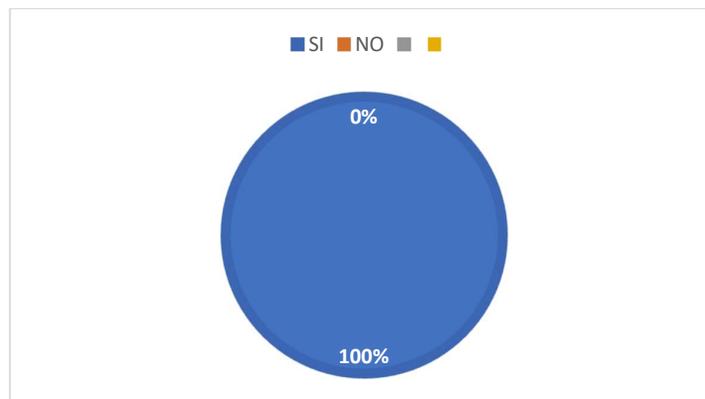
El dispositivo cuenta con un tanque lleno de desinfectante. ¿Para usted, cuanto debería durar el tanque para volver a ser llenado?

- La respuesta más aceptada fue que el tanque de desinfectante debería durar entre 1 o 2 días.

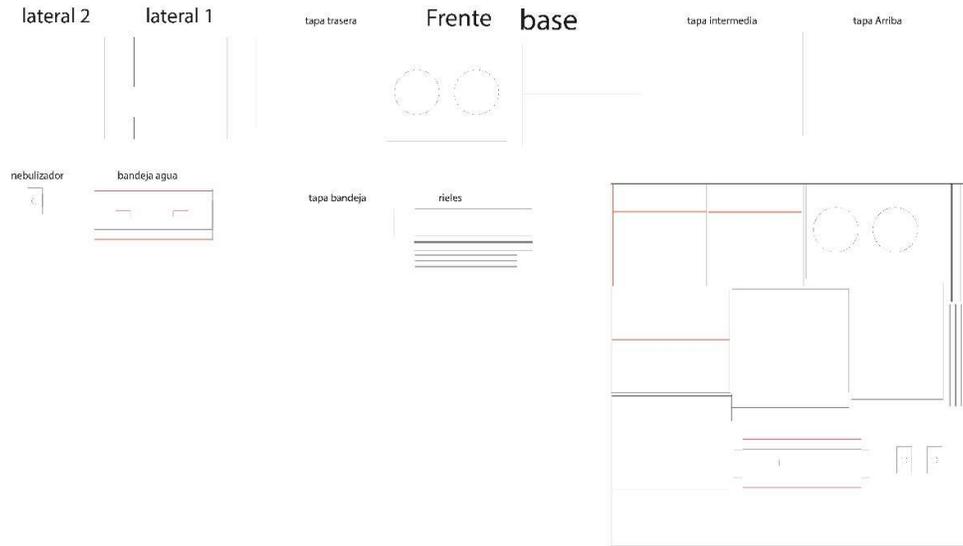
¿En el dispositivo se debería mostrar el número de veces que se desinfectaron las manos?

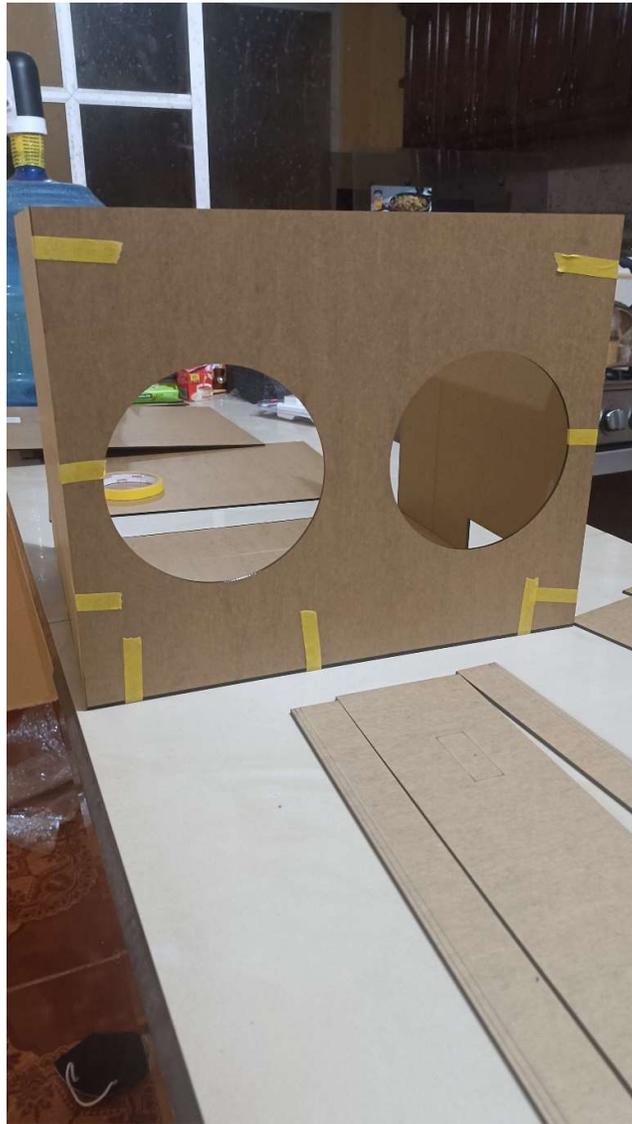


¿Cree usted que el dispositivo debería ser liviano para poder movilizarlo de manera más fácil?



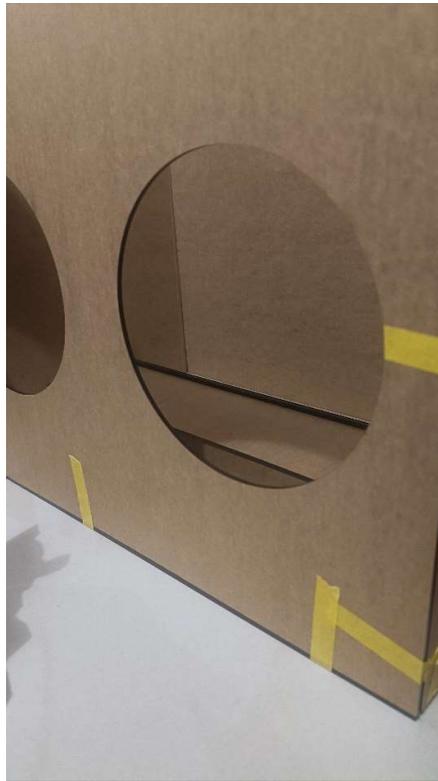
Anexo 2: Diseño de la caja tipo vectores en Adobe Illustrator

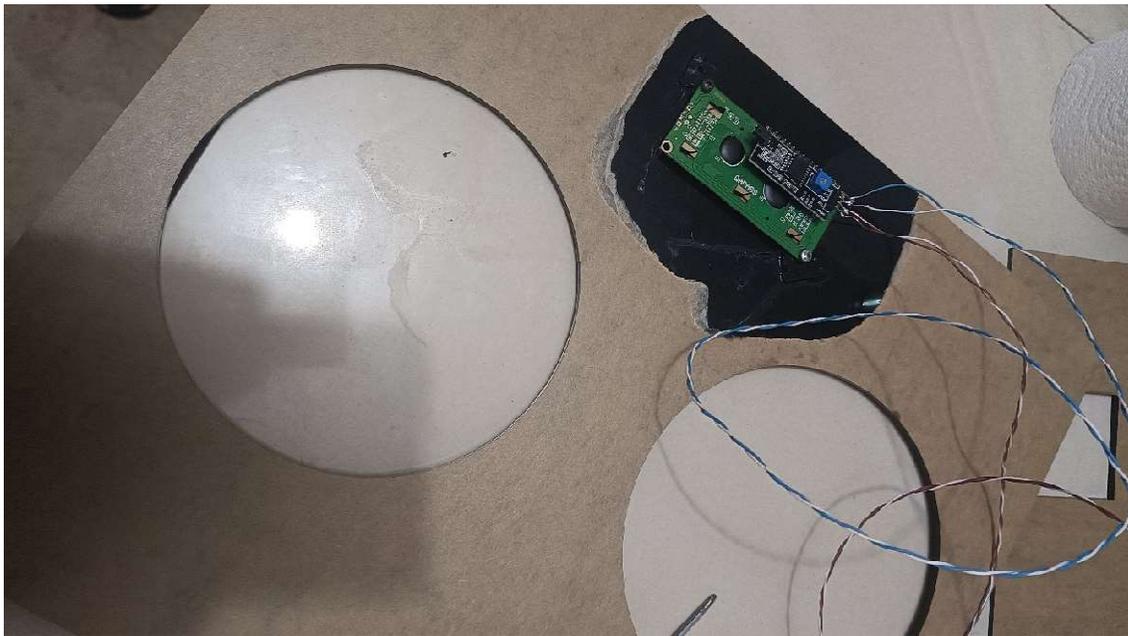


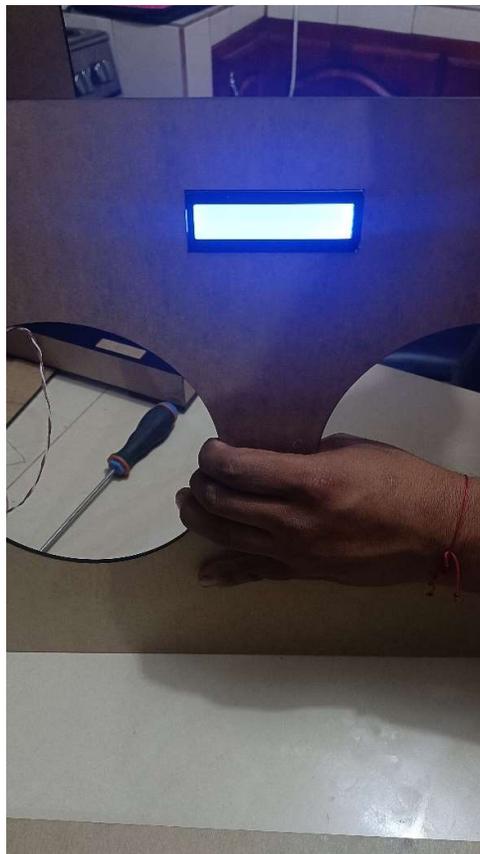
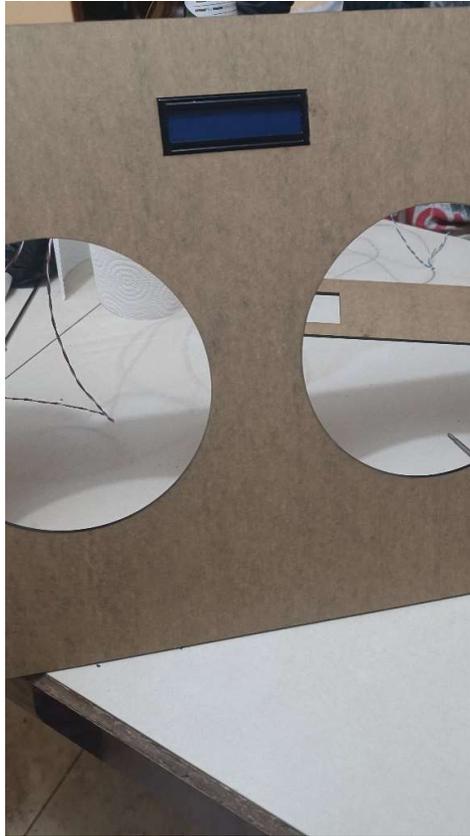
Anexo 3: Elaboración de la estructura física de la cámara de desinfección



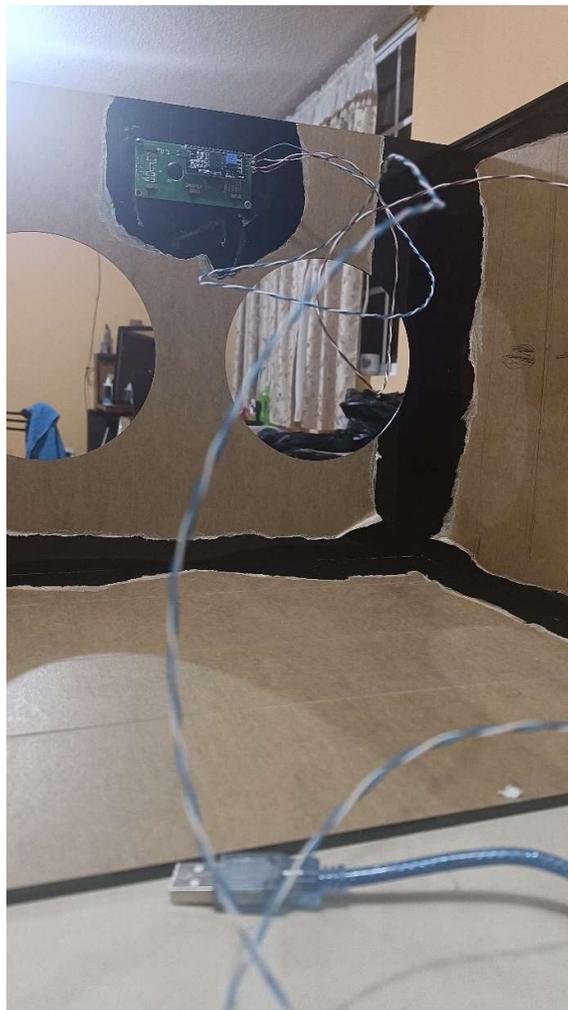


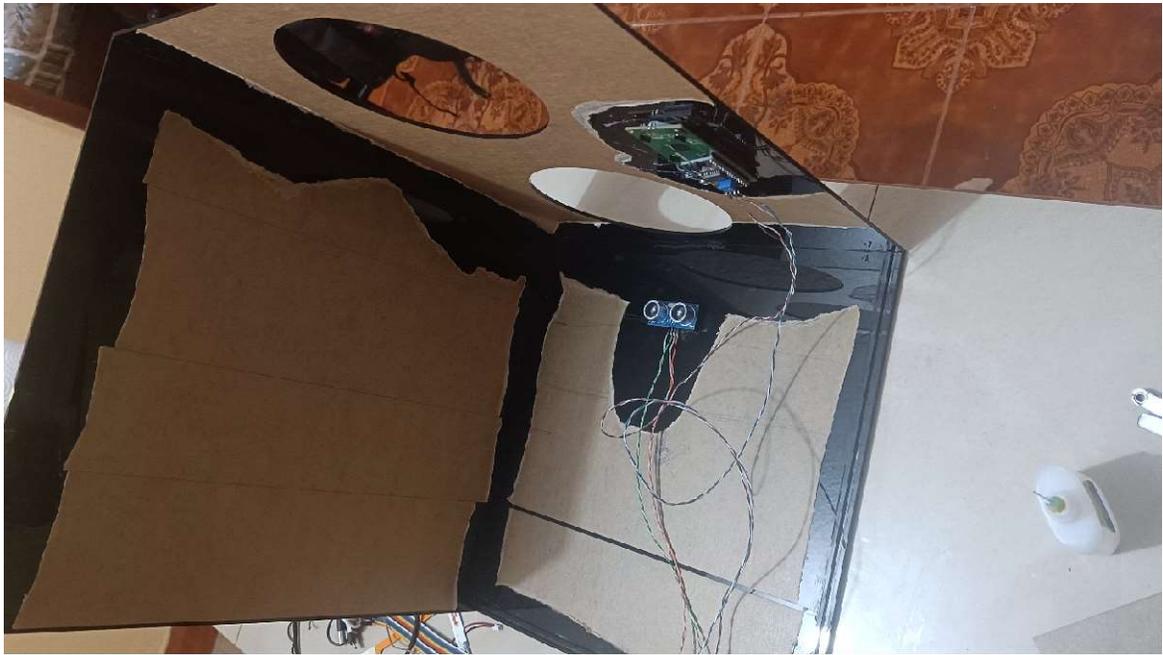






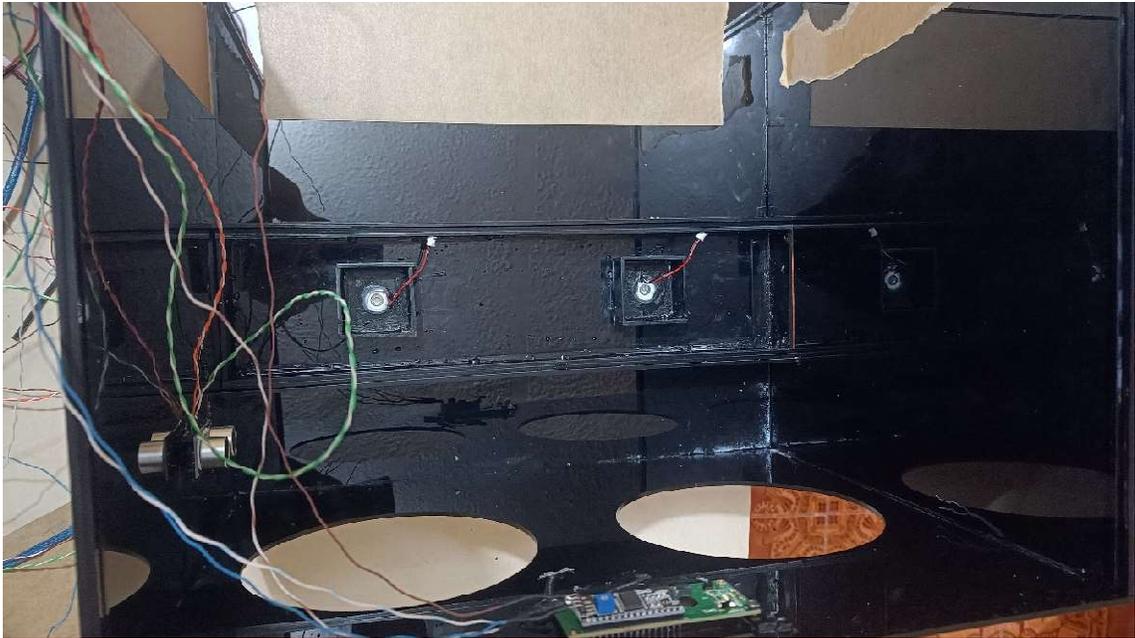


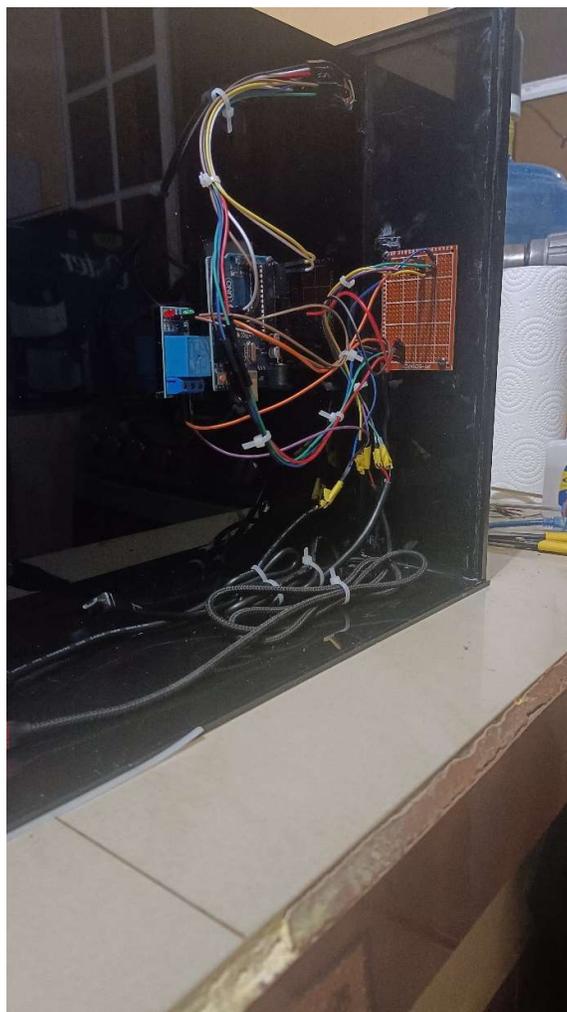








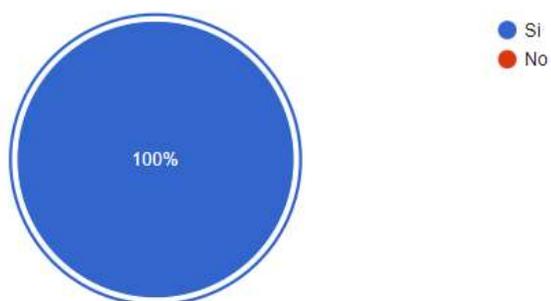




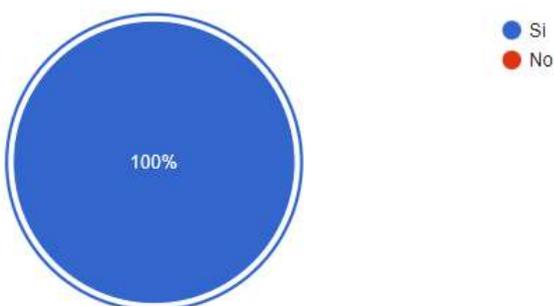


Anexo 4: Encuesta de aceptación del prototipo

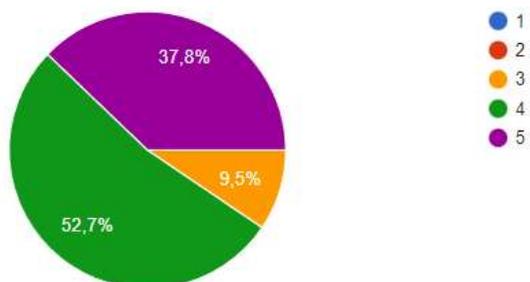
¿Considera que el diseño del dispositivo es intuitivo y de fácil uso?



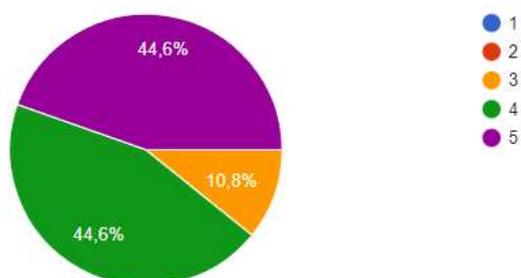
¿Considera que el tiempo de desinfección de las manos es el adecuado?



En una escala del 1 al 5, ¿Qué tan satisfecho se siente usted después de desinfectar sus manos en el dispositivo?



En una escala del 1 al 5. Valore la sensación de limpieza de sus manos después de utilizar el dispositivo.



¿Está de acuerdo o en desacuerdo que el uso habitual del dispositivo permite el ahorro de agua?



¿Considera que este método de desinfección de manos es mejor que el habitual? Comparado con el uso de alcohol directamente sobre sus manos o el uso de gel anti-bacteria.



Anexo 5: Manual de Usuario

Manual de usuario

Manual de usuario

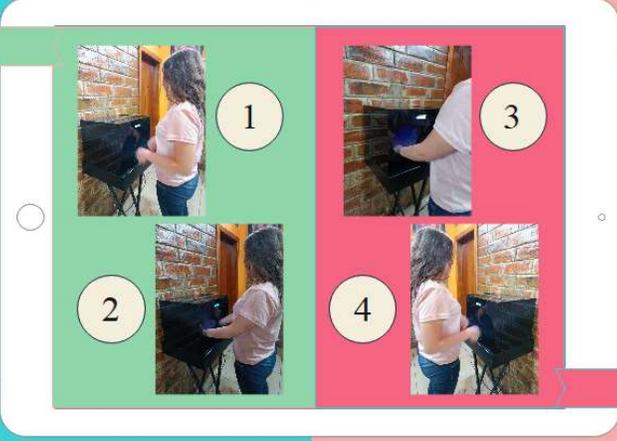
Esta guía interactiva para el usuario señala en 4 pasos el uso del sistema para desinfectarse las manos.

Paso 1: Figura 1. El usuario debe colocarse frente a la cámara de desinfección.

Paso 2: Figura 2. El usuario debe introducir de manera simultánea ambas manos por los orificios de la cámara de desinfección.

Paso 3 : Figura 3. El usuario debe mantener ambas manos dentro de la cámara de desinfección hasta que el temporizador llegue a cero.

Paso 4: Figura 4. El usuario una vez finalizado el temporizador debe retirar sus manos de la cámara de desinfección. Esperar el lapso de 7 segundos antes de repetir el proceso.



Anexo 6: Manual de uso técnico

Manual de uso técnico para mantenimiento

