



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO**

TEMA:

**Estación automatizada para la desinfección y toma de temperatura corporal
como medida de bioseguridad**

AUTOR:

Racines Delgado, Carlos Daniel

Trabajo de titulación previa obtención del grado de

INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TUTOR:

M. Sc Mendoza Merchán, Eduardo Vicente

Guayaquil, Ecuador

8 de marzo del 2022



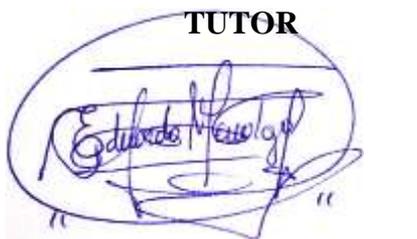
UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

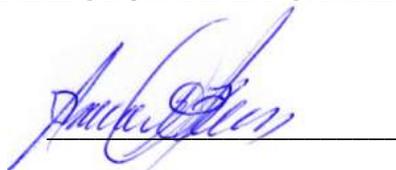
CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Racines Delgado, Carlos Daniel**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

TUTOR


M. Sc. Mendoza Merchán, Eduardo Vicente

DIRECTOR DE LA CARRERA



M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 8 días del mes de marzo del año 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Racines Delgado, Carlos Daniel**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Estación automatizada para la desinfección y toma de temperatura corporal como medida de bioseguridad** previo a la obtención del título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 8 días del mes de marzo del año 2022

f. _____

Racines Delgado, Carlos Daniel



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

AUTORIZACIÓN

Yo, **Racines Delgado, Carlos Daniel**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Estación automatizada para la desinfección y toma de temperatura corporal como medida de bioseguridad**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 8 días del mes de marzo del año 2022

EL AUTOR:

f. _____

Racines Delgado, Carlos Daniel

REPORTE DE URKUND

REVISIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN CON PROGRAMA URKUND CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TÍTULO: Estación automatizada para la desinfección y toma de temperatura corporal como medida de bioseguridad.

AUTOR: RACINES DELGADO CARLOS DANIEL



Document Information

Analyzed document	2022-02-07 Trabajo de Titulación Carlos Racines.docx (D127313546)
Submitted	2022-02-08T03:17:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	eduardo.mendoza01@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	eduardo.mendoza01.ucsg@analysis.urkund.com

Sources included in the report

Después de analizar el resultado enviado por el programa Urkund, se determinó que el trabajo de titulación del estudiante: **RACINES DELGADO CARLOS DANIEL**, observa un porcentaje inferior al 4% de coincidencias con otros documentos encontrados en el internet.

TUTOR

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature appears to be "Eduardo Mendoza Merchán". There are double quotation marks on either side of the signature.

M. Sc. Mendoza Merchán, Eduardo Vicente

DEDICATORIA

“Principalmente a Dios por que es quien me da la vida y fortaleza para continuar, a mis padres que han sido imprescindibles durante toda mi etapa estudiantil, y a mi hermana quien es mi apoyo permanente”

Carlos Racines Delgado

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios infinitamente por lo que ha hecho en mi vida, porque en el pasar de los días he encontrado las respuestas a las oraciones que he hecho y que sin duda alguna no podría avanzar sin Él. A mi Mami Yovi quien en todos estos años de estudios en otra ciudad me demostró en todas las formas posibles como una madre muestra su amor con sus hijos, quien siempre demostró confianza en mí y dio todo su esfuerzo para apoyarme en la obtención de este título. A mi Papi Álvaro que siempre estuvo presente para poder ayudar y guiarme en cualquier momento de mis estudios, por sus consejos y motivaciones que nunca faltaron. A mi hermana Andy que me inspiro a través de su ejemplo de constancia y determinación que me permitió culminar con este reto personal. A mi Mami Fanny quien siempre me brindo su apoyo y alegría para poder seguir adelante.

Me dirijo a mi tutor del trabajo de investigación M. Sc. Eduardo Mendoza con un profundo agradecimiento por haber sido un excelente profesor en distintas materias y una guía de gran ayuda durante todo este proceso investigativo, por sus esfuerzos para siempre realizar un mejor trabajo, por compartir sus conocimientos de la mejor manera, su responsabilidad durante todo este tiempo y su compromiso con este trabajo que me permitió poder culminarlo.

Gracias a mis compañeros de clases y a amigos: David, Efraín, Víctor y Mary con los que compartí clases desde el inicio de la carrera, por su apoyo y por tantas experiencias que hicieron de mi vida estudiantil una grata experiencia a pesar de estar lejos de mi hogar. A los maestros de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, por cada una de sus enseñanzas. Agradezco profundamente a cada persona que formo parte de esta maravillosa etapa en mi vida.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.

M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESUS

DECANO

f.

M. Sc. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO

DIRECTOR DE CARRERA

f.

M. Sc. SUAREZ MURILLO, EFRAIN OSWALDO

OPONENTE

Índice general

ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	2
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	4
1.1 Problema de investigación.....	4
1.2 Justificación	5
1.3 Delimitación.....	5
1.4 Objetivos del problema de investigación.....	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Metodología de la investigación.....	6
1.6 Hipótesis	7
1.7 Tareas de Investigación	7
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1 Estado del arte.....	9
2.2 Sistemas de control y automatización.....	13
2.2.1 Sistemas de control automático o lazo cerrado	14
2.2.2 Sistemas de control de lazo abierto	15
2.2.3 Híbridos o conjuntos	15
2.2.4 Actuadores y Sensores	15
2.2.5 Detectores de proximidad.....	17
2.2.6 Detectores ópticos	17
2.3. Sistemas de control basados en microcontroladores.....	18
2.3.1 Arduino.....	18
2.4 Lenguaje de modelado UML	19

2.4.1 Diagramas de casos de uso	20
2.4.2 Diagramas de secuencia	20
2.4.3 Diagramas de estado.....	21
2.5 Redes de Petri	22
2.5.1 Redes de Petri generalizadas	23
2.5.2 Propiedades de las redes de Petri.....	23
CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN	28
3.1 Consideraciones iniciales del sistema.....	28
3.1.1 Descripción del sistema.....	28
3.1.2 Caracterización del sistema	29
3.1.3 Requisitos funcionales (funciones del sistema).....	30
3.2. Arquitectura del sistema.....	31
3.2.1 Arquitectura de automatización.....	31
3.2.2 Redes de comunicación	32
3.3 Arquitectura de sistema hardware.....	32
3.4 Modelado de la cabina de desinfección	33
3.4.1 Modelado UML	33
3.4.2 Modelado con Redes de Petri.....	38
3.4.3 Ecuaciones de Redes de Petri	39
3.5 Análisis de firmware del sistema.....	41
3.6 Evaluación del sistema.....	46
3.6.2 Red limitada	46
3.6.3 Red Viva.....	47
3.6.4 Reversibilidad.....	47
3.6.5 Red Binaria.....	48
3.6.6 Red Conforme	48
3.6.7 Red Conservativa	49

3.6.8 Red Interpretada	49
CAPITULO 4: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	50
4.1 Presentación de resultados	50
4.1.1 Resultados del estado del arte	50
4.1.2 Resultados de la arquitectura.....	50
4.1.3 Resultados del UML y Redes de Petri.....	51
4.2 Simulación.	52
4.3 Discusión	53
4.3.1 Cumplimiento de las funciones del sistema	53
4.3.2 Cumplimiento de los Objetivos	53
4.3.3 Hipótesis	54
4.3.4 Problemas de investigación	55
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1 Conclusiones	56
5.2 Recomendaciones	56
BIBLIOGRAFÍA	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de sistema de control	13
Figura 2: Gráfico de sistema de control de lazo cerrado.....	15
Figura 3: Grafico de sistema de contro de lazo abierto.....	15
Figura 4: Representación de un cilindro neumático de simple y doble efecto.....	16
Figura 5: Sensor inductivo cilíndrico de Omron Electronics.....	18
Figura 6: Funcionamiento de un detector de barrera	18
Figura 7: Conexiones de un Arduino Uno	20
Figura 8: Diagrama de casos de uso para un sistema de música.....	21
Figura 9: Diagrama de secuencias de UML.....	22
Figura 10: Diagrama de estado con un estado de actividad y una transición sin disparador.....	23
Figura 11: Figura de Petri	24
Figura 12: Modelación de un sistema productor utilizando redes de Petri generalizadas	25
Figura 13: Ejemplos de Redes de Petri	26
Figura 14: Red de Petri no viva.....	26
Figura 15: Red de Petri Pseudoviva.....	27
Figura 16: Sensor ultrasonido HC-SRO4.....	28
Figura 17: Diagrama de flujo del funcionamiento de sistema de desinfección	31
Figura 18: Arquitectura de automatización de un sistema de desinfección.....	33
Figura 19: Diagrama de laas comunicaciones del sistema.....	34
Figura 20 : Diagrama de bloque nodo sensor del sistema.....	35
Figura 21: Diagrama de casos de usos	34
Figura 22: Diagrama de secuencia del sistema	35
Figura 23: Diagrama de estados del sistema de desinfección.....	37
Figura 24: Modelado mediante Redes de Petri.....	38
Figura 25: Matriz de inhibición del sistema de desinfección	42

Figura 26:	Matriz de marcado de la Red Petri	43
Figura 27:	Matriz de transiciones de habilitadas de la Red de Petri	43
Figura 28:	Resultados del análisis del espacio de datos.....	41
Figura 29:	Subprocesos del sistema	42
Figura 30:	Proceso de atención de nivel del liquido de desinfección del sistema ..	43
Figura 31:	Proceso de detención de usuario.....	44
Figura 32:	Proceso de detección de temperatura en el sistema.....	44
Figura 33:	Proceso de detección de estatura	45
Figura 34 :	Red de Petri del proceso de verificación de nivel	47
Figura 35:	Inicio de la Red de Petri del sistema	52
Figura 36:	Simulación del sistema utilizando la herramienta Codesys.....	56

RESUMEN

Actualmente como consecuencia de la pandemia del COVID-19, varios sectores de la sociedad están siendo fuertemente afectados, gracias a la gran propagación que tiene el virus debido a que las medidas de seguridad que se recomiendan para disminuir la propagación no están siendo realizadas de una manera correcta. Es por esto por lo que se busca poder brindar un sistema de desinfección que pueda cumplir este proceso que es importante para combatir esta pandemia a través de un sistema inteligente. Las investigaciones que se realizaron estuvieron centradas en diversos campos que nos permitirán desarrollar este tema satisfactoriamente, como el análisis de los dispositivos como los sensores, actuadores y microcontroladores que van a para permitir desarrollar el proceso de desinfección correcto. La arquitectura de este sistema permitió mantener una conexión correcta entre los componentes, debido a que se desarrolló de acuerdo con los niveles de automatización, es decir respetando los niveles en los que se deben encontrar cada elemento del sistema para que así la transmisión de información sea más ordenada, estos niveles son: campo, control y supervisión. El diagrama de modelado UML (diagramas de estados, usos y secuencias) mediante sus componentes gráficos permitió confirmar cuales son todos los procesos que realiza el sistema y quienes son los actores en estos. Las Redes de Petri aportaron a la investigación con una esquematización, en la cual se observan los procesos que realiza cada agente, además de obtener pruebas necesarias que brindaron resultados positivos sobre una verificación del funcionamiento correcto del sistema.

Palabras claves: Desinfección; Arduino; Sensores; Actuadores; Redes de Petri; Lenguaje de modelado UML.

ABSTRACT

Currently, as a consequence of the COVID-19 pandemic, several sectors of society are being affected, thanks to the great propagation of the virus due to the fact that the security measures that are recommended to reduce the propagation are not being carried out in a correct way. This is why we are looking to provide a disinfection system that can fulfill this process that is important to combat this pandemic through an intelligent system. The research that was carried out was focused on several fields that will allow us to develop this topic satisfactorily, such as the analysis of devices such as sensors, actuators and microcontrollers that will allow us to develop the correct disinfection process. The architecture of this system allowed to maintain a correct connection between the components, because it was developed according to the levels of automation, that is to say, respecting the levels in which each element of the system must be found so that the transmission of information is more orderly, these levels are: field, control and supervision. The UML modeling diagram (state, use and sequence diagrams) through its graphic components allowed confirming which are all the processes performed by the system and who are the actors in them. The Petri Nets contributed to the research with a schematization, in which the processes performed by each agent are observed, in addition to obtaining the necessary tests that provided positive results on a verification of the correct operation of the system.

Keywords: Disinfection; Arduino; Sensors; Actuators; Petri Nets; UML modeling language

INTRODUCCIÓN

Una estación automatizada para la desinfección y toma de temperatura corporal como medida de bioseguridad permite realizar una desinfección más completa, mediante una desinfección más completa y segura mediante su sistema que permite la activación de aspersores en los cuales se asegura la desinfección en las zonas necesarias. El sistema recoge la información mediante los sensores, que son los encargados de recepcionar las señales que hay en el sistema, luego se procesa en el microcontrolador para finalizar en el PC.

Actualmente no existen sistemas de desinfección inteligentes que permitan un ahorro en su líquido de desinfección, debido a que la pandemia inició en el año 2020 por lo que ha habido muy poco tiempo para su desarrollo. Generalmente se encuentran cabinas de desinfección en las cuales no utilizan el líquido correcto, no es posible ahorrar líquido ni mucho menos realizarlo de una forma automatizada.

Esta investigación estará enfocada concretamente en el campo de la automatización y electrónica, en el cual se utilizarán distintas herramientas que van a permitir el modelado del sistema. Este trabajo de investigación tiene como objetivo principal proyectar una estación para la desinfección y toma de temperatura corporal como medida de bioseguridad basada en microcontroladores, que permita automatizar el proceso de desinfección y optimizar recursos.

Los capítulos que posee la investigación están distribuidos de la siguiente manera:

En el capítulo 1, se mostrará la introducción del trabajo de investigación, también un corto resumen de la problemática que se encontró, este capítulo además posee la delimitación del estudio donde se especifican los alcances del trabajo investigativo, los objetivos generales y específicos que se han trazado y la metodología de investigación a utilizar.

En el capítulo 2, se desarrolló el estado del arte del trabajo investigativo, donde se profundizó en los sistemas de control entre otros artículos que permitirán un desarrollo ideal para el trabajo. También se encuentra una investigación sobre el modelado UML que va a permitir diseñar la propuesta y finalmente se encuentra un

estudio de Redes de Petri que tiene como función poder modelar el comportamiento de los sistemas de eventos.

En el capítulo 3, se mostrarán el diseño del sistema de desinfección, en este capítulo se profundizará mucho más la información sobre el sistema debido a que se realizaran las: descripción, característica y los requisitos funcionales que tiene el sistema de desinfección. En la evaluación del sistema se muestran los diagramas de estados, usos y secuencias del lenguaje modelado UML, que mostrará de manera gráfica y comprensible todo los procesos y actores del sistema y finalmente se realizara un modelado de la Red de Petri en el cual mediante sus ecuaciones se demuestra que el sistema es funcional.

En el capítulo 4, se especifican los resultados y discusión sobre el trabajo investigativo, además de mostrar los resultados de la investigación de los estados del arte, diagramas UML y las ecuaciones de la Red de Petri. Además, se verifico que haya un cumplimiento del objetivo principal y de los objetivos específicos del sistema.

En el capítulo 5, finalmente se realizarán las conclusiones del trabajo investigativo para luego poder desarrollar las recomendaciones que se tienen sobre el sistema de desinfección.

Como conclusión es posible determinar que el diseño de la cabina de desinfección, a través de un proceso sistemático de proyección, diseño, simulación e implementación, para lo cual se utilizó una metodología basada en UML y redes de Petri, garantiza el fiel cumplimiento de los requisitos funcionales y la buena formación del sistema.

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. Problema de investigación.

La pandemia del Covid-19 que actualmente sigue vigente, ha afectado significativamente a nuestra sociedad en distintas áreas y sectores, debido a que una de las principales prohibiciones que se impuso por los distintos ministerios y departamentos de salud a nivel mundial, es impedir las aglomeraciones e implantar distintas medidas de desinfección para así poder reducir el riesgo de contagio. Una de las medidas de desinfección más comunes es el lavado y desinfección de las manos, otra de las medidas solicitadas fue el distanciamiento social de dos metros.

El Ministerio de Salud de nuestro país elaboró protocolos de orden, limpieza y desinfección, entre los cuales se especifica que las empresas deben disponer la aplicación y el cumplimiento de las medidas de bioseguridad para los trabajadores. (MINISTERIO DE SALUD DEL ECUADOR, 2020) Es de gran importancia poder enfrentar a la pandemia de la manera correcta, la protección de la salud y seguridad de los colaboradores de una empresa, estos protocolos son de vital importancia para las industrias de la producción de alimentos, en las cuales un buen protocolo de desinfección, le permitiría poder preservar de buena manera la integridad de la cadena alimentaria. (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, 2020).

La automatización tiene como función el poder utilizar distintos dispositivos tecnológicos y otros elementos que permiten que una actividad humana, sea realizada a través de distintos procesos que fueron previamente desarrollados y programados. Las cabinas de desinfección que fueron normalmente utilizadas en la pandemia, poseían como único objetivo principal rociar un líquido desinfectante hacia las personas, muchas de estas solo funcionaban con rociadores estáticos o colocados en el lugar y posición incorrecta que no permitían que el líquido pueda llegar a más lugares y así desinfectar al individuo de mejor manera (Maurya, 2020), este trabajo de investigación propone una estación automatizada que vaya más allá de rociar un líquido ya que realizara un proceso de desinfección más profundo gracias a los diferentes sensores colocados en lugares estratégicos, adicionando la toma de temperatura de esta forma se alerta al establecimiento, el posible de ingreso de una

persona que se encuentra con uno de los síntomas del COVID-19 que a pesar de que haya sido desinfectada puede convertirse en un potencial foco de infección cumpliendo así de mejor manera con las medidas de bioseguridad (Vasantharao, 2020).

En base a lo analizado, el problema de investigación es el siguiente:

¿Como incide una disposición variable de los aspersores de solución desinfectante en las cabinas de desinfección para covid-19?

1.2. Justificación

La desinfección para prevenir el contagio entre las personas durante la pandemia del COVID-19, hace necesario el desarrollo de nuevo procesos para evitar posibles infección y propagación expansiva del virus. El uso del líquido desinfectante apropiado aplicado de una manera correcta conjunto con la medición de la temperatura corporal funciona para disminuir el riesgo de contagio. Estos protocolos fueron designados por el Ministerio de Salud como requisito para funcionar, es ahí donde no solamente es necesario tener un proceso que sea verdaderamente riguroso, que sea el encargado de la toma de temperatura automática y desinfección, sino el de uno que realmente pueda llevar un proceso de desinfección completo y seguro para los usuarios.

1.3. Delimitación

El siguiente trabajo de investigación se proyecta en base a fundamentos de control y automatismo, que permiten orientarse hacia una solución del problema de desinfección de personas para reducir el riesgo de contagio del virus que provoca el COVID-19, este es el campo de estudio de este proyecto de titulación. Para su proyección y diseño se ha considerado el uso de microcontroladores, sensores de temperatura, sensores de distancia, entre otros elementos que permiten detectar la persona y la cantidad de líquido a ser atomizado, a través de un cálculo del volumen de la persona, optimizando la cantidad de líquido a aplicar. Dada las actuales circunstancias generados por la pandemia del COVID-19, el acceso a las instalaciones y laboratorio son limitadas, lo que complica la realización de un modelo experimental, por lo que el presente trabajo se prevé será diseñado y simulado a través de

herramientas matemáticas y graficas que permita la validación de los requisitos funcionales y verificación de propiedades del sistema, que garantizan su funcionamiento y la buena formación del sistema.

1.4. Objetivos del problema de investigación

Los objetivos propuestos en el presente trabajo de investigación son los siguientes:

1.4.1. Objetivo general

Proyectar una estación para la desinfección y toma de temperatura corporal como medida de bioseguridad basada en microcontroladores, que permita automatizar el proceso de desinfección y optimizar recursos.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Diseñar un sistema para la desinfección de personas al rociar líquido según su estatura, utilizando dispositivos de control electrónico-digital.
2. Modelar el sistema de desinfección de personas a través del uso del lenguaje de Modelado Unificado.
3. Evaluar el sistema de desinfección de personar a través de la simulación con redes de Petri para validar y verificar el modelo.

1.5. Metodología de la investigación

Este trabajo investigativo es un tipo de investigación correlacional, el cual, para obtener resultados óptimos, posee un enfoque cuantitativo. En la siguiente investigación sobre una estación automatizada se utilizó el método de investigación analítico, mediante el cual recolecta información necesaria e importante sobre la temática de este proyecto investigativo para así de esta manera poder entender el proceso de desinfección de mejor manera y culminar realizando un proceso automatizado. También se utilizaron métodos como deductivo que posee un enfoque general el cual va siendo más específico conforme transcurre la misma, en el cual se analiza componentes y otros elementos con muchos más detalles acerca del proyecto, otro método a utilizar en la investigación es la simulación la que permite conseguir mejores resultados debido a que es posible reconocer ciertos fallos y de esta manera

minimizar la mayor cantidad de errores posibles en caso de una posible implementación.

1.6. Hipótesis

La automatización de la estación para la desinfección y toma de temperatura corporal como medida de bioseguridad, se ha considerado que permite un ahorro de material de biodesinfección, una disminución del riesgo de contagio y un proceso de desinfección automatizado que es mucho más eficaz y seguro que el convencional, para lo cual se plantea la siguiente hipótesis:

La disposición de rociadores a distintas alturas en la estación de desinfección permite una aplicación óptima en las personas y genera un ahorro de al menos un 20% del líquido.

1.7. Tareas de Investigación

Como guía para continuar con el desarrollo del proceso investigativo, se procedió a plantear distintas tareas como:

1. Indagación de distintas fuentes actuales y confiables sobre procesos de desinfección y tomas de temperatura durante la pandemia del COVID-19, los cuales respalden este trabajo investigativo.
2. Analizar cuáles son las medidas de bioseguridad más prácticas y eficaces para una correcta desinfección contra el COVID-19.
3. Definir cuáles son las variables de nuestro sistema y la funcionalidad requerida.
4. Describir, caracterizar y determinar los requisitos funcionales de la estación de desinfección.
5. Establecer una arquitectura de control para la estación de desinfección
6. Subdividir la estación en diferentes sistemas para realizar un estudio detallado de cada parte
7. Diseñar los componentes hardware de cada uno de los subsistemas establecidos
8. Desarrollar los diagramas de flujo para el sistema de control de la cabina de desinfección
9. Modelar la cabina de desinfección utilizando el lenguaje de Modelado Unificado

10. Representar mediante redes de Petri el sistema de control de la estación de desinfección.
11. Simular los procesos que debe realizar la estación de desinfección.
12. Evaluar el trabajo investigativo una vez desarrollado los puntos anteriores.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo del trabajo investigativo se utilizaron varios documentos como guía para poder profundizar en el área de investigación de este, los cuales se encuentran a continuación:

2.1. Estado del arte.

Esta investigación está conformada por diversos campos de estudio como lo es la electrónica, automatismo y la bioseguridad, la unión de los conocimientos necesarios en cada una de estas ramas, nos permitirá poder culminar satisfactoriamente este proyecto de acuerdo con nuestros límites establecidos anteriormente.

Este trabajo resume el estudio que se realizó un prototipo computacional que permite que un robot de la marca Softbank desempeña la labor de recoger distintos signos vitales, en diferentes pisos del hospital, en el cual además de poder recolectar esos datos de los pacientes el robot debe emitir una alerta en el caso de que los signos vitales sean anormales, para que así de esta forma el paciente deba tener los cuidados que requiera en ese momento. Este robot tiene como función poder recolectar los signos vitales de los pacientes en un hospital, de esta manera se trató de reducir el contacto que se tiene con los pacientes que poseen enfermedades virales que sean de transmisión muy alta, como lo es el COVID 19. Las pruebas que se desarrollaron fueron: interacción, movimiento y desplazamiento. Hay que tener en cuenta que muchas de las pruebas que fueron tomadas por el robot en un ambiente sencillo y controlado es decir sin ningún tipo de obstáculo que le impidiese llegar al robot al lugar donde se encuentren, el proyecto por motivos de la pandemia no fue posible realizar la validación en físico, pero se realizaron simulaciones reales a través de programas como CODESYS. Y a través de estas se pudo comprobar que el robot, si pudiera evitar obstáculos que tengan la forma de una geometría simple, eso a través del uso de sensores que además de realizar esa función también le permiten ayudar con su localización (Pardo Borrero, 2020).

En esta investigación, se especifica de manera más técnica cuales son los parámetros de los componentes que deben tener los procesos de desinfección, y el comportamiento del virus como por ejemplo su permanencia en distintos materiales: en las superficies que son de cobre, cartón, acero inoxidable y plástico, han sido

respectivamente de 4, 24, 48 y 72 horas, a diferencia de otras superficies donde su tiempo de permanencia y resistencia aumentó considerablemente como en los billetes de dinero y mascarillas quirúrgicas por alrededor de 4 días. Para evitar contagios a través de origen hídrico recomiendan que se mantengan los niveles de cloro en el agua potable superiores a 0,5 mg/l, se debe analizar si es necesario colocar filtros en los puntos finales de las llaves, los cuales a través de una revisión han sido denominados puntos de riesgo, a pesar de que en las condiciones normales que se suelen encontrar los reservorios de agua no conllevan a un posible riesgo de infección para COVID. En este estudio se especifican los elementos con los organizamos recomiendan realizar las desinfecciones, de forma doméstica se lo puede realizar con lejía y alcohol, pero en un ambiente hospitalario se suele realizar con amonio cuaternario, cloroxilenol (Crespí, 2020).

En la investigación, se profundizó especialmente en los componentes, técnicas y la programación que debe tener sus componentes. En el caso del sensor de temperatura corporal se utilizó el sensor MLX90614 ya que sus características de poseer un tamaño pequeño, un bajo costo y que es infrarrojo sin necesidad de tener contacto físico, cumple con los requerimientos, este sensor suele el ser más utilizado para este tipo de aplicaciones. Como es necesario programar los distintos componentes se debe escoger elementos que puedan asociarse con interfaces como SMBus, este dispositivo tiene un margen de error de 0,5 grados sobre el rango de la temperatura. También utilizaron un sensor de medición de niveles de saturación de oxígeno en la sangre, que es él MAX 30100 que tienen características necesarias para este proyecto como un tamaño que sea ergonómico, un costo bajo y un procesamiento de señales analógicas de bajo ruido que le permite detectar el ritmo cardiaco (Rosales Santiago, 2021).

La Organización Mundial de la Salud conforme avanzaba la pandemia daba ciertas indicaciones que se deben realizar, como por ejemplos en la desinfección de las superficies es el elemento que indicaron es el hipoclorito de Sodio, según los datos una concentración del 0,1% es efectiva para poder combatir el coronavirus cuando se aplica en un minuto. Otro de los elementos que se recomienda para realizar la desinfección correctamente es el etanol, debido a que el alcohol, cuando se encuentra en presencia del agua, desnaturaliza las proteínas que se encuentran en ella. Según la revisión que tuvieron con los materiales con los que desinfectaron el etanol, posee un porcentaje de

efectividad de 62-71% para la desinfección de las superficies, un porcentaje que es bastante parecido al del hipoclorito de sodio contra el coronavirus y respecto al material de desinfección se recomienda utilizar para materiales médicos se suele utilizar el alcohol etílico (70%) (Molina, 2020).

Uno de los síntomas más comunes que se diagnosticaron de COVID-19 fue una temperatura alta, en el siguiente estudio se recogió la temperatura a 42 personas voluntarias, en los que se verificó la confiabilidad de termómetros, la zona en la que se midió la temperatura fue la frontal es decir cerca del oído, los resultados mostraron un intervalo de confianza de aproximadamente 95% y la relación entre ambos elementos, no posee una diferencia estadística que sea relativa. Luego de haber analizado los resultados por separado, pudieron concluir que el promedio de la temperatura corporal que se recolectó con el termómetro láser es más grande que el promedio con el termómetro Testo. Los termómetros láser son mucho más efectivos para poder identificar la alta temperatura, es decir un síntoma bastante común del COVID-19 (Romero, 2020).

El COVID-19, tuvo un gran impacto en distintas áreas de la sociedad y uno de sus síntomas principales es la fiebre es una señal de advertencia clave de COVID-19. Por lo tanto, casi todos los hospitales taiwaneses han establecido la temperatura monitoreo en estaciones de cuarentena al aire libre utilizando técnicas como: detectores de temperatura infrarrojos y termómetros frontales.

A los pacientes febriles se le prohíbe la entrada al hospital y se envían al Departamento de Emergencias para su evaluación. Sin embargo, estos termómetros pueden dar valores normales, o incluso hipotermia, en visitantes que en realidad están febriles debido a la influencia de factores ambientales, como la temperatura exterior, el viento y las precipitaciones (Shihhuai, 2020).

El desarrollo de la tecnología en el campo de la electrónica y la instrumentación continúan en desarrollo, para servir a la humanidad. El dispositivo que se desarrollo tiene forma de alacena con un espacio para el lavado de manos de 80 con, el equipo posee grifos automáticos, uno para el agua y otro que se encarga de brindar jabón desinfectante para manos, el grifo funciona gracias a un sensor de proximidad que le permite activarse cuando detecta un objeto que está cerca de la llave, también se posee

un sensor de nivel para el reservorio de agua para así determinar el nivel en el tanque, para finalizar el proceso de desinfección de las manos se empleó un servo que permite abrir la caja de esterilización para las manos y así culminar con el proceso de desinfección, sin la necesidad de tener contacto con ningún elemento (Hariono, 2019).

Desarrollo de túnel avanzado de desinfección de COVID-19 para espacios públicos, este túnel se encarga de rociar una niebla que tiene por componentes una solución que tiene hipoclorito de sodio, la niebla es generada a través de una posición que fue puesto a medida para cuando las personas pasen a través del túnel de desinfección, una vez que se ha generado la niebla se procede a activar un ventilador que permite que la niebla sea esparcida uniformemente hacía las personas. Los componentes que se utilizan en este mecanismo de desinfección son: bomba de presión, ventilador de neblina, boquillas electroestáticas, tuberías y componentes eléctricos. La cámara tiene un proceso que está completamente automatizado con diferentes elementos como sensores y actuadores, este proyecto con su principal objetivo que era desarrollar un túnel de desinfección que sea de usar para el usuario y que tenga gran eficacia contra el coronavirus (Maurya, 2020).

Otra de las maneras alternativas en la que se realizó un proceso de desinfección contra el COVID-19, es a través de un dispositivo que se acciona mecánicamente, el cual permite desinfectar a las personas que atraviesen por las puertas, estos tipos de sistemas suelen estar compuestos por una bomba y sensores de detención, este sistema de desinfección utiliza la energía mecánica que tienen las puertas cuando están en movimiento para poder accionar el dispositivo, esto se debe a que en varios lugares para el que fue proyectado este dispositivo no cuenta con suministro eléctrico. Existe una manguera que está colocada por casi alrededor de todo el marco de la puerta, y esta posee huecos que tienen un tamaño de alrededor de 5 μm , este dispositivo funciona a través dos discos que cuando tienen contacto, uno de ellos cierra los orificios del otro, lo que permite generar una presión que permite que el líquido desinfectante salga por la manguera a través de los orificios perforados y así pueda rociar (Saikouk, 2021).

La detección de temperatura y la sanitización es un proceso que se realizó constantemente en la pandemia del Covid-19, en este proyecto al realizarlo automáticamente se le dio uso al sensor de temperatura LM35, el que podía indicar cuando la temperatura era normal o no, todo el sistema fue desarrollo a través de

Arduino, este trabajo incluyo varias etapas como: la muestra de la temperatura a través de una pantalla LCD, simulación de la producción de calor en MATLAB, también a través de un microcontrolador se controló la temperatura ambiente, en el cual previamente se habían establecidos los límites de temperatura en los que debía enviar una alerta (Vasantharao, 2020).

2.2. Sistemas de control y automatización.

Un sistema de control y automatización está compuesto por distintos elementos que suelen tener como eje central de proceso un control lógico programable, en estos tipos de sistemas se suele tener control sobre otros. Su objetivo principal es complementar efectivamente las tareas para la que fue desarrollado, el uso constante de este tipo de sistemas de control automatizado ha permitido avanzar en el desarrollo de estas tecnologías que ha permitido que se generen nuevos procesos y teorías. La energía externa es de suma importancia, también en estos sistemas debemos considerar que las variables pueden transformarse, una de las ventajas principales que tienen estos sistemas son: la flexibilidad que tienen para poder acoplarse a distintos procesos posee una alta eficiencia y disminuye considerablemente el tiempo del proceso que se ocupaba cuando se realizaban manualmente (Sasir, 2021) .

El primero uso para el cual fueron desarrollados los sistemas de control según la historia fue para poder abrir las puertas para un templo religioso en el primer siglo, con el pasar del tiempo y con el desarrollo de diversos elementos los sistemas de control se utilizan actualmente para un sin número de funciones, la mayoría de los sistemas en la actualidad poseen retroalimentación, que es una propiedad que tienen los sistemas donde se permite que la variable que tenga de salida el sistema o también otra variable del sistema se compare con la entrada o sino con otro componente del sistema, de esta forma logrando un control deseado entre la entrada y salida. Generalmente se menciona que la realimentación que tiene un sistema existe en un sistema cuando hay la secuencia cerrada de las relaciones de causa y efecto, esto tiene relevancia bastante importante, otro de los aspectos a tener en cuenta al diseñar un sistema de control son las posibles perturbaciones que puede tener el sistema, estas perturbaciones pueden ser internas cuando genera dentro del sistema mismo o externa cuando son generadas fuera del sistema pero tienen incidencia modificando ciertos valores de una variable (Perez, 2007).

Figura 1:

Tipos de sistema de control



Fuente: (Canto, Carlos, 2019))

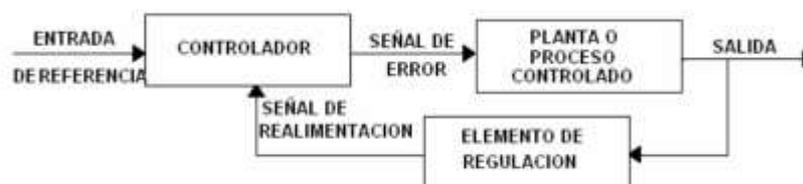
En la actualidad existen diferentes tipos de sistemas de control entre los cuales se encuentran:

1.7.1. Sistemas de control automático o lazo cerrado

Son los que permiten realizar automáticamente procesos que sean rápidos e independientes, estos sistemas normalmente funcionan para calcular los datos y agruparlos con los de la salida. Este tipo de sistemas son de tipo lazo cerrado, en el cual los valores de salida y entrada que se registra en el sistema se comparan. Un sistema de control de lazo cerrado es donde la señal de la salida tiene un efecto directo hacia la acción que requiera el control, estos sistemas son de control realimentados porque se compara el valor de la entrada con el valor de la salida, esta diferencia que hay entre las señales se le conoce como señal del error del sistema, esta señal tiene un rol importante debido a que actúa directamente sobre el sistema para poder llevar la salida del mismo hacia el valor deseado (Perez, 2007).

Figura 2

Gráfico de sistema de control de lazo cerrado



Fuente: (Perez, 2007).

1.7.2. Sistemas de control de lazo abierto

Este tipo de sistemas cuando ingresan los valores de salida y entrada no prosigue a compararlos, es decir que su proceso no posee una retroalimentación a diferencia los de sistemas de control automático. Los elementos de un sistema de control de un lazo abierto, es posible dividirlos en dos partes: un controlador y un proceso controlado, este tipo de sistemas empiezan por una señal de entrada que se le aplican al controlador en la que la salida actúa como la señal de control, la encargada de supervisar el proceso controlado, obviamente la variable está controlado de acuerdo a ciertas especificaciones o parámetros que ya fueron previamente establecidos, como en estos sistemas no se compara el valor de la salida con la entrada, para cada entrada de referencia que se posea se le corresponde un condición de operación (Perez, 2007).

Figura 3

Gráfico de un sistema de control de lazo abierto.



Fuente: (Perez, 2007)

1.7.3. Híbridos o conjuntos

Estos sistemas de control no son completamente autónomos, ya que necesitan la intervención de algún operador para su funcionamiento, en el que permite iniciar un nuevo proceso o el control de alguna variable del proceso que no pueda o deba ser desarrollado de manera automática. En este tipo de sistemas de control tienen como componentes elementos como: PLC, PC y microcontroladores. Dichos elementos pueden interactuar variables que sean de tipo analógica como, por ejemplo: la temperatura, posición, presión entre otras y discretas que suelen ser el “on” y “off” de motores y otros equipos, una de las principales características es que pueden implementarse en los sistemas SCADA dentro de procesos continuos y discretos. (Navarro, 2015)

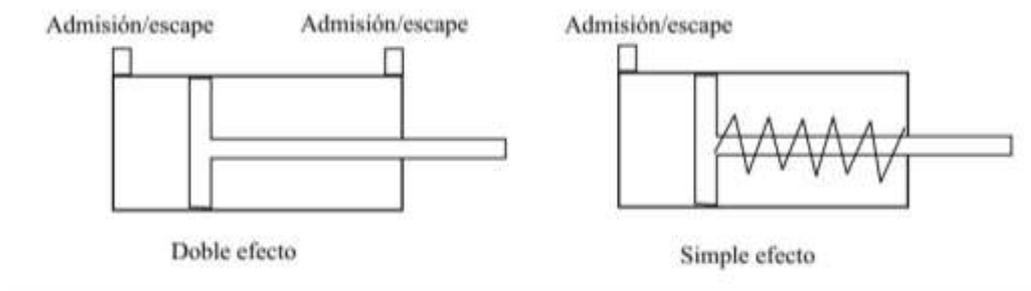
1.7.4. Actuadores y Sensores

Los actuadores tienen como función principal transformar las señales eléctricas que se tienen, en acciones físicas sobre el proceso, existen los preactuadores y

actuadores. Los preactuadores es un elemento que cumple una función de interfaz, debido a que es el encargado de recibir las señales eléctricas y que luego actúa sobre el actuador. En la actualidad los actuadores más utilizados son los que permiten controlar el nivel de fluido en un conducto que puede ser una bomba, válvula y ventilador o los que pueden realizar movimientos como el cilindro neumático e hidráulico o un motor eléctrico.

Figura 4

Representación de un cilindro neumático de simple y doble efecto



Fuente: (Llopis, 2010)

Los sensores son los equipos encargados de convertir magnitudes físicas en señales de tipo eléctricas, estos son los encargados de poder recolectar información de lo que está sucediendo en el proceso. Actualmente existen dos tipos de sensores: Los detectores son los que envían una salida binaria que es activa o binaria, estos son más utilizados en procesos de automatismo secuenciales y los que más se utilizan de este tipo son los de proximidad, que tienen como función poder detectar la presencia del algún objeto, de igual forma también suelen ser utilizados los de nivel, presión y temperatura.

Los sensores captadores envían una salida de tipo continua pero que tenga una relación a alguna magnitud física. La salida que tienen puede ser tipo analógica (corriente o voltaje), o de tipo digital (a través de pulsos), los sensores captadores son utilizados en sistemas de control continuo, en los que se busca controlar una variable que sea continua. También son utilizados en los automatismos secuenciales, donde se los utiliza el valor continuo para tener un valor de tipo binario mediante alguna comparación donde haya un límite establecido, un ejemplo puede ser: la temperatura debe es mayor o menor a los 25° (Llopis, 2010).

1.7.5. Detectores de proximidad

Estos detectores tienen como función principal poder detectar la existencia de un objeto metálico, ferromagnético (acero y hierro) o no ferromagnético (aluminio y cobre), estos detectores utilizan el cambio que hay en la inductancia que produce la cercanía del metal cuando está cerca del detector. También existen los detectores de proximidad que utilizan la constante dieléctrica, que debe ser diferente a la del aire para así poder medir. Los detectores de proximidad de ultrasonidos se utilizan para poder detectar cualquier tipo de objetos, ya que estos tienen como función emitir un ultrasonido, para luego recibir el rebote la señal que envió cuando se encontró con el primer objeto y en el caso de que no haya un objeto próximo, el rebote llega bastante atenuado por lo cual la salida no se procede a activar y si por el contrario está colocado un objeto de gran tamaño, colocado cerca del detector, el rebote que tiene el ultrasonido va a llegar al sensor con una gran amplitud, lo que hace activar la salida (Llopis, 2010).

Figura 5

Sensor inductivo cilíndrico de Omron Electronics



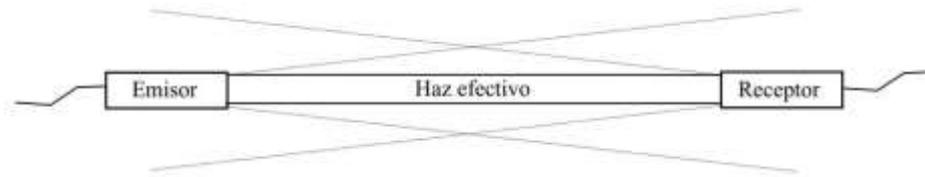
Fuente: (Llopis, 2010)

1.7.6. Detectores ópticos

Los detectores ópticos que son conocidos comúnmente como fotocélulas, tienen un emisor de luz al igual que un receptor el que se encarga de detectar una luz emitida, este emisor es un diodo LED, mientras que el receptor es solo un fotorreceptor o fotodiodo. Estos detectores son utilizados para poder detectar cualquier tipo de objeto, y funciona gracias a que se produce un cambio en la cantidad de luz que recibe el receptor debido a la presencia de un objeto. Mayormente se utiliza luz infrarroja, a pesar de que varias veces dependiendo de la aplicación del caso se usa luz roja que suelen ser en los casos que se requiera que la luz sea visible (Llopis, 2010).

Figura 6

Funcionamiento de un detector de barrera.



Fuente: (Llopis, 2010)

2.3. Sistemas de control basados en microcontroladores

El uso de los microcontroladores en los sistemas de control cada vez se vuelve más frecuente, ya que cuenta con periféricos que permiten realizar diversas tareas, entre los cuales se encuentran los: puertos de E/S, que suelen ser de un tamaño de 8 bits, normalmente estos puertos suelen estar conectado con un relé, led, aunque podría conectarse con cualquier otro elemento que requiera el sistema, normalmente estos pines de entrada y salida tienen como característica importante manejar las salidas con una corriente determinada o con interrupciones para el procesador. Los temporizadores y contadores, son circuitos sincrónicos que se utiliza para contar los pulsos, a través de los cuales se obtienen medidas de tiempo bastantes precisas, a veces es común que la fuente de pulsos sea el oscilador interno que posee el microcontrolador y en varios casos que no tenga un pin asociado, cuando esto sucede se trabaja como temporizador, pero en el caso de que la fuente de poder sea externa, entonces se tiene un pin asociado que se lo configura como una entrada, a esto se lo conoce como modo contador. Es bastante común trabajar con las señales analógicas, éstas deben convertirse a una digital, esta es la razón por la que varios microcontroladores incluyen un convertor de analógico a digital, el que tiene como función recoger los datos de algunas entradas distintas que se escogen mediante el multiplexor. El uso de microcontroladores en los sistemas de control es de gran ayuda gracias a su versatilidad que permite realizar varias funciones (Ruiz, 2017).

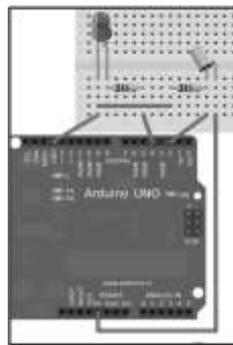
2.3.1. Arduino

Arduino es una placa o hardware libre que tiene un microcontrolador que es reprogramable y posee también varios pines hembra que permite conectar ahí de forma sencilla y cómoda varios sensores y actuadores. Las PCB es la forma más práctica,

compacta y estable que para construir un circuito electrónico, existen varios modelos de placas Arduino, en la cual aumenta no solamente el tamaño físico sino también la cantidad de pines que tienen a pesar de que pueden cambiar ciertas especificaciones en las placas, siguen siendo del mismo tipo de tecnología. Los proyectos en Arduino pueden ser autónomos, es decir que no necesitan estar conectados directamente a una computadora donde este el programa debido a que lo puede almacenar en su memoria solo es indispensable la conexión a una fuente de alimentación.

Figura 7

Conexiones de un Arduino Uno



Fuente: (Torrente, 2013)

Arduino también es software multiplataforma y un lenguaje de programación libre, es decir que se pueden desarrollar distintas instrucciones que pueden ser desarrollados por máquinas a través del lenguaje, programa y placa Arduino. Este lenguaje de programación que se utiliza en Arduino no totalmente diferente ya que está basado en C++ lo que permite que su programación y aprendizaje sea mucho más sencillo (Torrente, 2013).

2.4. Lenguaje de modelado UML

El lenguaje de modelado UML se compone por distintos elementos gráficos, que se combinan para poder formar diagramas, como el UML es un lenguaje posee reglas para combinar los elementos, el diagrama de secuencias demuestra una mecánica de interacción que hay, pero con base en el tiempo que van transcurriendo.

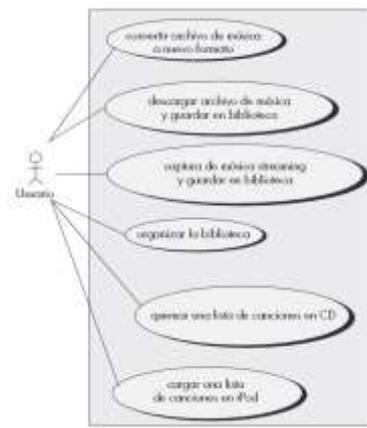
El diagrama de estados UML posee dos símbolos en la parte superior e inferior del diagrama que representan el estado de inicio y fin del diagrama, es decir que los objetos se localizan en un estado en particular, en el caso de una persona se lo podría

ejemplificar con las diferentes etapas de la vida, en el que serían los siguientes estados: recién nacido, niño, adolescente, joven y adulto. El lenguaje UML ofrece muchas opciones para poder mostrar los aspectos del sistema, de igual manera posee la flexibilidad de poder eliminar partes del diagrama que cree que no son lo suficientemente relevantes para el aspecto del sistema.

2.4.1. Diagramas de casos de uso

Figura 8

Diagrama de casos de uso para un sistema de música.



Fuente: (Pressman, 2010)

Los diagramas de caso de uso, es un diagrama de acciones que tiene un sistema en el cual el punto de vista es el usuario, tiene este punto de vista para así poder encontrar los aciertos y errores que existen, para así poder mejorar y obtener una buena funcionalidad que cumpla con los requerimientos del sistema, esto posee una gran importancia debido a que como finalidad se tiene crear un sistema que sea manejado fácilmente por los usuarios generales (Schmuller, 2000).

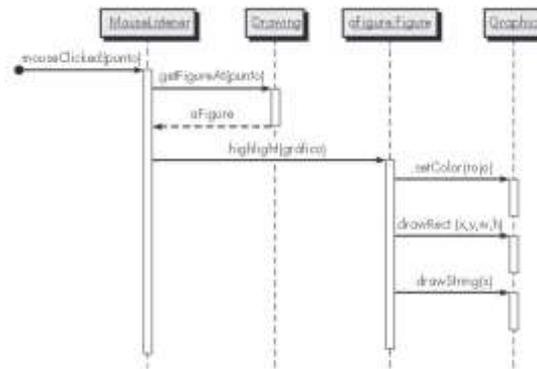
2.4.2. Diagramas de secuencia

Los diagramas de secuencia son un sistema funcional en el cual los elementos tienen relación entre sí, estas interacciones van sucediendo a medida que transcurre el tiempo, estos sistemas se utilizan para poder demostrar las comunicaciones dinámicas entre los objetos mientras está en ejecución una tarea, estos diagramas exponen un orden temporal en el cual los mensajes se envían los objetos para cumplir con una tarea. Estos diagramas de secuencias exponen las llamadas de método utilizando las flechas horizontales desde un emisor hasta un receptor, donde se etiqueta el nombre

del método y que a veces suele incluir sus parámetros, su tipo y el retorno (Rumpe, 2004).

Figura 9

Diagramas de secuencias UML



Fuente: (Jacobson, 2007)

2.4.3. Diagramas de estado

Los diagramas de estados en UML son utilizados para poder optimizar un proceso de desarrollo el cual sea útil para visualizar lo estados de cada objeto y las condiciones en que se produzcan y también la transición de un estado a otro, uno de las aplicaciones donde se los suele utilizar en el diseño de los sistemas embebidos, donde cada una de las señales y los procesos deben estar perfectamente alineadas, estos diagramas ayudan a visualizar cada una de las funciones de control y también las regulaciones más importantes en un único esquema (Rumpe, 2004).

Figura 10

Diagrama de estado con un estado de actividad y una transición sin disparador.



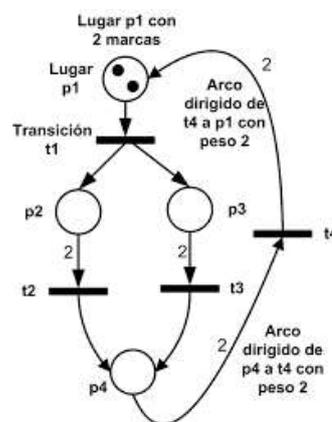
Fuente: (Jacobson, 2007).

2.5. Redes de Petri

Una red Petri es una representación simbólica de distintos elementos, donde cada uno de los elementos a utilizar representan unos conceptos distintos, la figura del círculo representa los lugares, es decir la fase estable que tiene el sistema entre dos procesos que hay en el sistema, también están las transiciones que se las representa por segmentos de recta, la que tiene en asociación los eventos, la activación de esta, genera un disparo de las transiciones y consecuentemente el de los lugares, otro elemento es el arco, que es un segmento orientado que es el encargado de unir los lugares con las transiciones, cada uno de los arcos tiene asociado una función de peso que es W , esta debe ser un entero que sea positivo.

Figura 11

Redes de Petri



Fuente: (Silva, 2002)

Los lugares son denominados de entrada hacia una transición, si es que hay un arco orientado que viene desde un lugar hasta una transición y los lugares son denominados de salida en una transición cuando hay un arco que está orientado que viene de una transición hacia un lugar específico. Hay casos en los que las redes necesitan de varios nodos de salida y de entrada, se les llama nodo OR, existen dos tipos de nodos OR, uno es el nodo de atribución y el otro es un nodo de selección, que es en el que existe únicamente un arco de entrada, pero hay varios de salida y el nodo de atribución es lo contrario.

En el caso de una transición tenga muchos arcos de entrada y salida se le nombra nodo AND que también posee dos tipos: nodo de distribución que tiene un solo arco

de entrada y nodo de conjunción que solo posee un arco de salida, (Moreno, 2001). Las redes de Petri pueden ejecutarse si una transición t , está habilitada en una red que tenga un marcado M cuando todas las plazas de las entradas poseen por lo menos una cantidad de testigos similares a las plazas de transición. Una de las transiciones se puede activar, retirando de cada una de las plazas de entradas la cantidad de testigos que haya desde la plaza hacia una transición, de igual forma depositando los testigos en cada una de las plazas de las salidas como arcos desde una transición hacia la plaza.

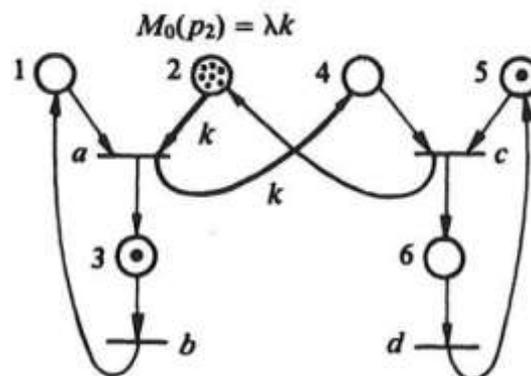
Existen varias redes de Petri ordinarias con su aplicación al modelado de sistemas, entre las cuales están:

2.5.1. Redes de Petri generalizadas

Las redes de Petri generalizadas son la primera extensión de las redes de Petri ordinarias, estas redes se utilizan principalmente en la modelación del sistema a un nivel alto, es decir de bloques grandes y de sus principales relaciones), estas aportan una indudable facilidad a la modelación de, las redes de Petri y las redes de Petri generalizadas son bastante similares en su potencia de descripción (Silva, 2002).

Figura 12

Modelación de un sistema productor utilizando redes de Petri generalizadas



Fuente: (Silva, 2002)

2.5.2. Propiedades de las redes de Petri

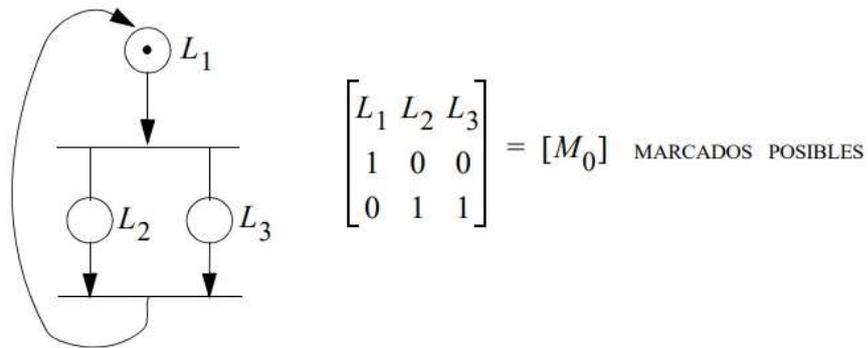
Para la validación en las redes de Petri se deben tener en cuenta que se cumplan con las propiedades de: vivacidad, limitación y reversibilidad.

Se considera:

- Mo: El marcado inicial, de esto se desprende el comportamiento que tenga el sistema.
- [Mo]: El vector de marcados posibles, este es desde un marcado inicial.

Figura 13

Ejemplo de Redes de Petri

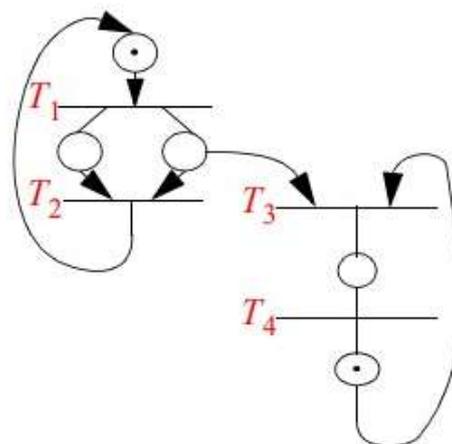


Fuente: (Silva, 2002)

La vivacidad es un concepto que se la relaciona con el “no bloqueo”, una transición se menciona que es viva solo si en un marcado inicial existió una secuencia de franqueos para el que se puede franquear dicha transición, en el caso de que todas las transiciones sean vivas, la red de Petri tiene nombre viva y de esta forma la red no está bloqueada.

Figura 14

Red de Petri no viva



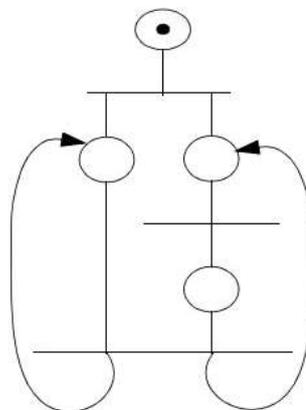
Fuente: (Silva, 2002)

La Limitación es cuando se menciona que la red K se encuentra limitada si es que para cualquier marcado alcanzable que se tenga no hay un número mayor de marcas que K . Las redes 1. Limitadas es posible implementarlas a través de biestables, estas redes se las conoce también como binarias. En el caso de que la red que se diseñó genere más marcas que las de su limitación estableció el modelado de este será incorrecto.

La Reversibilidad en las Redes de Petri se cumple si para cualquier marcado alcanzable se es posible regresar a un marcado inicial. En la imagen de a continuación se puede observar cómo esta Red de Petri pseudoviva, no posee la propiedad de reversibilidad porque nunca el marcado inicial se pudo obtener.

Figura 15

Red de Petri Pseudoviva



Fuente: (Silva, 2002)

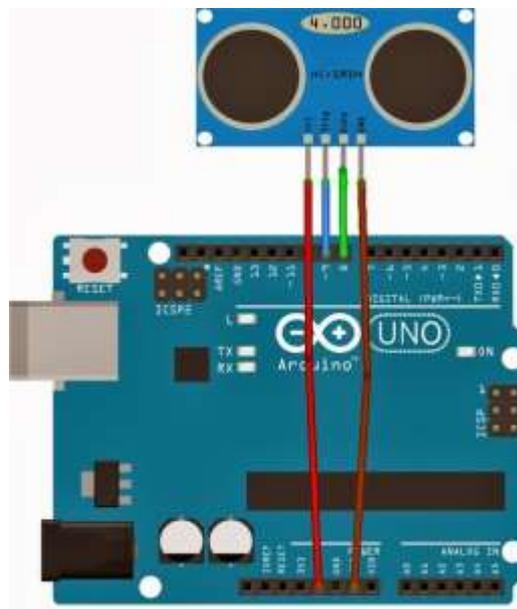
2.6. Sistemas de desinfección de personas por aspersión

En los sistemas de desinfección se suele utilizar normalmente el Ácido Hipocloroso (HOCL), este elemento se utiliza en la medicina actual para la limpieza de las heridas abiertas, este ácido no es tóxico, sin embargo, en cantidad pequeñas puede causar irritación de las mucosas o tejidos oculares. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos -EPA, publicó una lista de los desinfectantes recomendada entre los cuales se encuentra no solamente el Ácido Hipocloroso, amonio cuaternario, etanol e isopropanol. Los sistemas de aspersión presentan una desinfección más completa que otros tipos de sistemas ya que permite llegar con

mucha más facilidad a más lugares que el resto. Una de sus principales ventajas es su nivel mayor de limpieza, a pesar de que también un sistema que no esté bien programado podría conllevar a un mal uso del líquido. El líquido que se va a utilizar es hipoclorito de sodio con una concentración al 1%, es decir que, por cada litro de agua, se deben agregar 100 ml de hipoclorito de sodio o lo que es equivalente a tres onzas. El sensor de distancia que es recomendado para nuestro sistema es el ultrasónico HC-SRO4 que utiliza el ultrasonido de para poder determinar una distancia de un objeto que se encuentre dentro del rango de 2 a 450 cm, una de sus principales ventajas en su tamaño pequeño y su consumo energético que es bajo, además de su buena precisión y su precio, este sensor tiene dos transductores: uno que funciona como emisor y otro como receptor, el funcionamiento es básicamente enviar un orden de sonido que son viajan por el aire y al encontrar un objeto rebota, y ese sonido que provoca el rebote es detectado por el receptor, que luego a través de un proceso el controlador termina calculando la distancia que se necesitaba, este sensor no tiene problemas al trabajar con la luz solar o con un algún material de color negro. La precisión de este sensor es de +- 3mm cuando este sensor se encuentra trabajando consume 15mA y mientras está en reposo consume alrededor de 2mA, mientras tanto el voltaje de operación que tiene es de 5V DC.

Figura 16

Sensor ultrasonido HC-SRO4



Fuente: (Mancebo, 2014).

El sensor de temperatura infrarrojo para el sistema de desinfección es el MLX90614, el cual permite calcular la temperatura que posee un objeto a distancia es decir sin tener contacto, este sensor es un chip de Silicio que posee una membrana fina, que fue diseñada para ser sensible a una radiación infrarroja que es emitida por algún objeto distante, el rango de temperatura que detecta este sensor va desde -70°C hasta los 380°C y tiene una precisión de 0.5°C , el voltaje de operación es de 3.3 V hasta los 5V DC.

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN

En este capítulo se desarrollará la proyección, diseño y modelado del sistema de desinfección y detección de temperatura corporal, poniendo especial énfasis en su arquitectura, funciones y desempeño.

3.1. Consideraciones iniciales del sistema

En esta primera parte de este capítulo se define y se analiza los elementos fundamentales del sistema que se va a proponer, para dar una visión clara de lo que se pretende desarrollar. El sistema de desinfección para empresas contra el COVID -19, permite realizar un proceso de desinfección más amplio para las personas a través de su funcionamiento con distintos equipos como los aspersores y rotores.

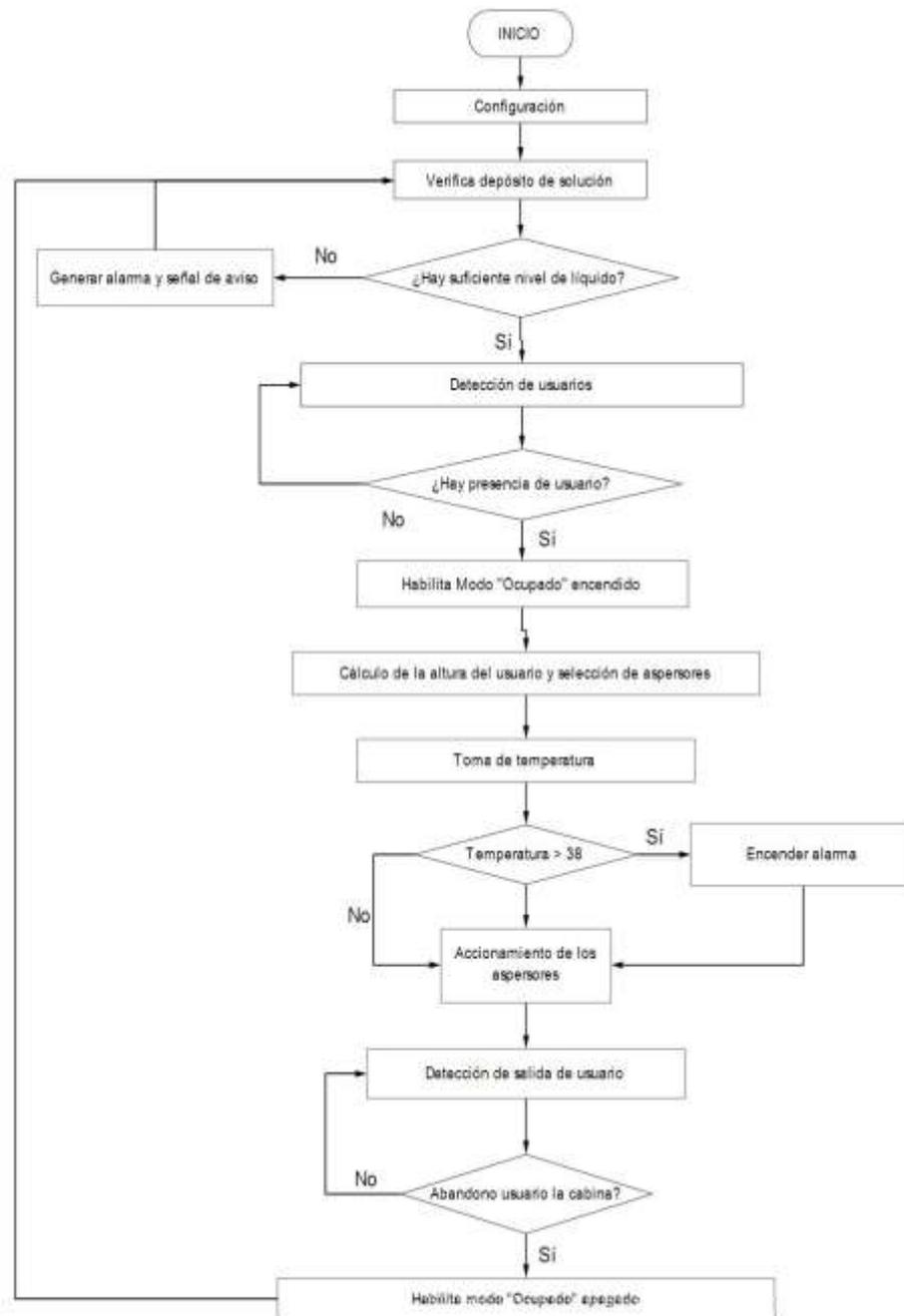
3.1.1. Descripción del sistema

La estación automatizada de desinfección y toma de temperatura contra el COVID-19, tiene como función desarrollar un sistema que permita desinfectar a las personas por medio de la aspersion de hipoclorito de Sodio de manera uniforme hacia la persona que se encuentre dentro de la cabina, cuidando de manera especial que los aspersores no alcancen con el líquido el rostro del usuario. Estos aspersores, que están colocados lateralmente dentro de la cabina de desinfección.

El sistema poseerá un sensor de ultrasonido HC-SRO4 que al detectar a la persona ingresar a la cabina pueda calcular su altura y de esta forma recorra lo suficiente para desinfectarla por completo y así ahorrar líquido, también contara con un sensor de temperatura MLX90614 el que permitirá la detección oportuna de la temperatura del usuario, en la cual si la temperatura que posee la persona es mayor a los 38°C generará una alarma de aviso, este sistema no requiere una toma de alimentación especial ya que puede funcionar correctamente en una toma común, es decir de 110V.

Figura 17

Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema de desinfección



Fuente: Autor

3.1.2. Caracterización del sistema

Este sistema de desinfección y toma de temperatura contra el COVID-19 cuenta con diferentes elementos como: aspersores, Arduino (microcontrolador), sensor de distancia, sensor de temperatura, un sistema en el cual el tiempo de desinfección sería aproximadamente de 15 a 20 segundos. El sistema está compuesto por:

1. Bocina.
2. Aspersor con boquilla #3 de medidas: 9.5 mm y 0.4mm.
3. Bomba de agua de 12V DC con la cual se esparcirá el líquido de desinfección.
4. La alimentación energética que requiere el sistema de desinfección es una alimentación de 110 Voltios.
5. El sistema de desinfección posee distintos elementos electrónicos como: Arduino, aspersores, sensores entre otros elementos que tienen un Consumo aproximado de energía de 2^a.
6. El Sensor de temperatura MLX 90614 es el encargado de medir la temperatura de cada uno de los usuarios, este sensor tiene un rango de precisión de aproximadamente 0.5°C.
7. El Sensor ultrasónico HC-SRO4 tiene como función poder medir la distancia que posee un objeto en un rango de 2 a 450 cm, en el sistema de desinfección tendrá como rol la detección de la altura de la persona.
8. Arduino Uno, es una tarjeta que posee el microcontrolador (Atmega328P) es decir circuitos integrados en que el que se puede grabar distintas instrucciones, las que se desarrollan a través del lenguaje de programación Arduino IDE.
9. El sistema tendrá un tiempo de trabajo de aproximadamente 15 a 20 segundos.
10. La cabina de desinfección tendrá como dimensiones máximas: 1,50 m de ancho, 1,25 m de profundo y 2,25 m de alto.

3.1.3. Requisitos funcionales (funciones del sistema)

Para el diseño del sistema propuesto en este trabajo de investigación, se ha considerado que disponga de las siguientes funciones principales:

Desinfección de los usuarios con el líquido del reservorio mediante los aspersores, este proceso se realiza siempre y cuando se haya medido la altura del usuario.

1. Toma de temperatura corporal de los usuarios, sin contacto mediante el uso del sensor MLX 90614.
2. Medición de la estatura del individuo a través del sensor ultrasónico HC-SRO4.
3. Detección de personas para entrada, salida y permanencia en la cabina.

Las funciones secundarias que posee el sistema de desinfección son:

1. Monitoreo del sistema mediante una pantalla LCD.
2. Generación de alarma en la que se pueda producir una señal de altera de tipo sonora y visual para que esta pueda ser percibida por distintos tipos de usuario.
3. Control de nivel del reservorio de líquido de desinfección.

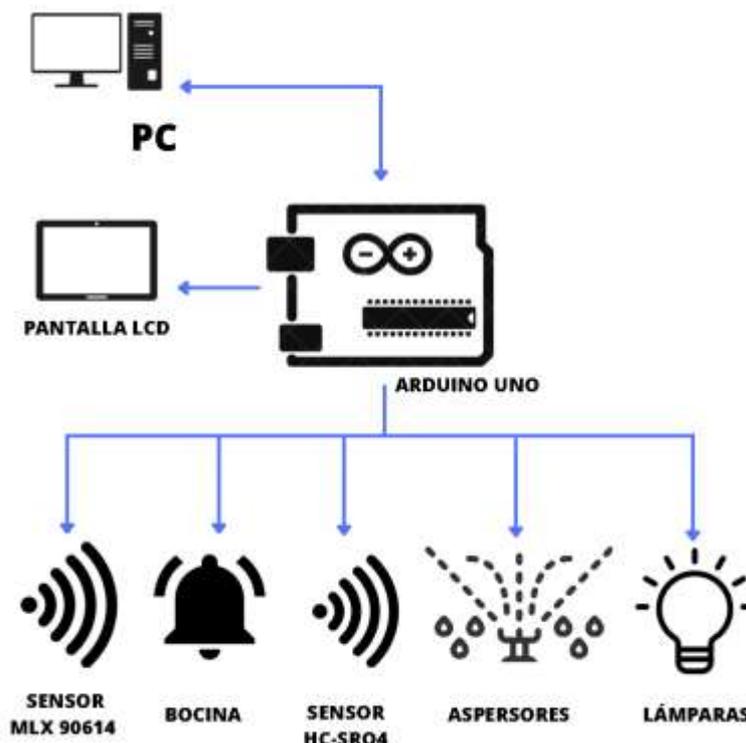
3.2. Arquitectura del sistema

Los sistemas de control y automatización deben estar estructurado de tal forma que el funcionamiento de todos sus dispositivos tenga una jerarquía que permita la conexión, procesamiento correcto de datos que permita un funcionamiento correcto del sistema, existen tres tipos de niveles de control y automatismo.

3.2.1. Arquitectura de automatización

Figura 18

Arquitectura de automatización de un sistema de desinfección.



Fuente: Autor

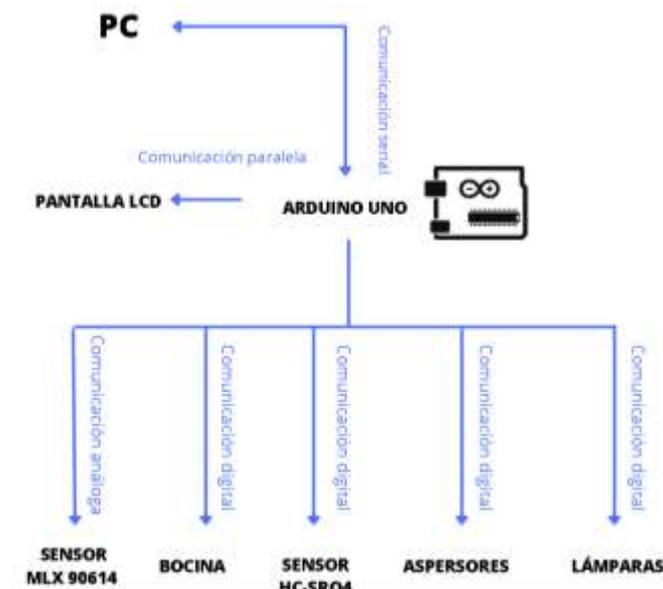
En el siguiente gráfico que representa la arquitectura que posee el software se puede observar los niveles de control, supervisión y de campo, los cuales son

suficientes. En el siguiente gráfico tenemos en el nivel de supervisión un ordenador, en el nivel que está en la parte de en medio se encuentran dos dispositivos que son el Arduino y la pantalla LCD, en este nivel estos dispositivos se encargan de procesar la información que proviene del último que es llamado “nivel de campo” en el cual están los dispositivos que recolectan la información o emiten las señales, normalmente suelen ser sensores, en el cual se encuentran: sensor MLX90614, bocina, sensor HC-SR04, aspersores y lámparas.

3.2.2. Redes de comunicación

Figura 19

Diagrama de las comunicaciones del sistema



Fuente: Autor

La red de comunicación en el sistema de desinfección tendrá como eje la tarjeta Arduino Uno que posee el microcontrolador o ATmega328P de la marca Atmel que es de la empresa Atmel en el cual a través de sus pines permitirá conectar el sensor de MLX90614 que detectará la temperatura y luego procederá a enviarlo, de igual forma el sensor HC-SR04 calculando la altura del usuario, así también enviará una señal cuando la temperatura sea mayor a 38°C y activará los aspersores.

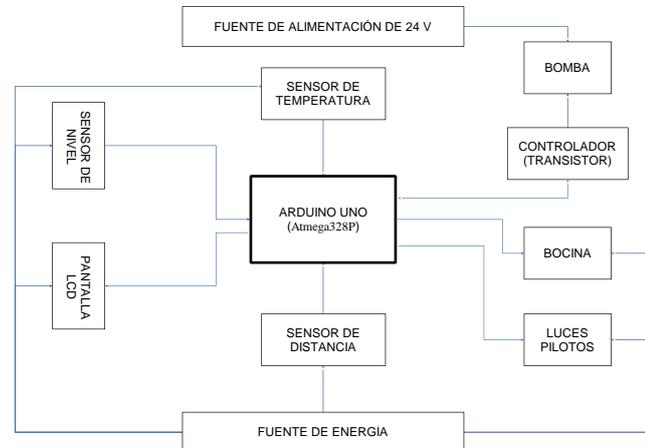
3.3. Arquitectura de sistema hardware.

En esta gráfica se describen los elementos que componen el sistema de desinfección, elementos como los sensores se observan en la figura 20 y como es su

conexión con elementos principales para el funcionamiento del proyecto como la tarjeta Arduino y para su propio funcionamiento como la fuente de energía.

Figura 20

Diagramas de bloque nodo sensor del sistema



Fuente: Autor

3.4. Modelado de la cabina de desinfección

A continuación, se mostrará el modelado del sistema a través de diagramas UML los que permiten entender las funciones de este y la interacción que hay entre sus componentes, se representa de una forma gráfica a los actores, procesos y estados que son los que intervienen, asegurando una arquitectura de información correcta. Los diagramas que se van a desarrollar son los siguientes: diagramas de casos de uso, diagramas de secuencia y diagramas de estados.

3.4.1. Modelado UML

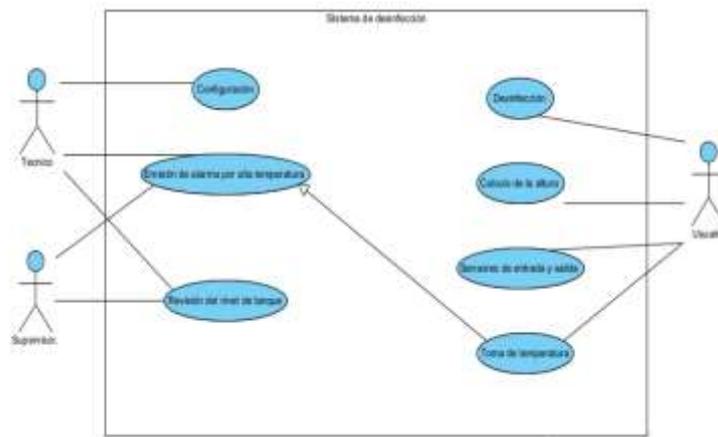
i) Diagramas de casos de usos

Los diagramas de casos de uso, es una descripción general de las actividades que deben llevar los actores para realizar procesos, es decir mediante los diagramas de casos de uso se describen los procesos que realizan distintas personas como administradores y usuarios, que también pueden ser otros sistemas que sea externo. Para el sistema propuesto, se han establecido tres actores: Técnico, Supervisor y Usuario. En el cual cada rol cumple un papel importante dentro del proceso, el técnico es la persona encargada de configurar inicialmente el sistema y de acudir cuando se necesita algún tipo de mantenimiento en el sistema, el supervisor tiene el rol de

supervisar cualquier alarma o señal que emita el sistema mientras esté en el proceso, también revisa el nivel del líquido en el reservorio y finalmente como actor principal se encuentra el usuario que es a quien se procede a realizar el: cálculo de la altura, desinfección, ser detectados por los sensores al inicio y salida del sistema y finalmente la toma de la temperatura corporal.

Figura 21

Diagrama de casos de usos



Fuente: Autor

En la figura 21 se muestran los actores del sistema, que son: supervisor, técnico y usuario. Cada uno de estos tiene una relación con diferentes usos dentro del sistema, aunque también hay el caso que actores comparten usos, es decir procesos. El técnico posee tres relaciones que son la configuración, emisión de alarma por alta temperatura y la revisión del nivel del tanque. El supervisor tiene dos relaciones que son la emisión de alarma por alta temperatura y también la revisión de nivel del tanque. Por otro lado, el usuario tiene relación con: interacción con los sensores de entrada y salida, cálculo de la altura, desinfección y toma de temperatura, este último uso está correlacionado con otro uso el cual tiene como función generar una alarma en caso de detectar una temperatura mayor a la permitida.

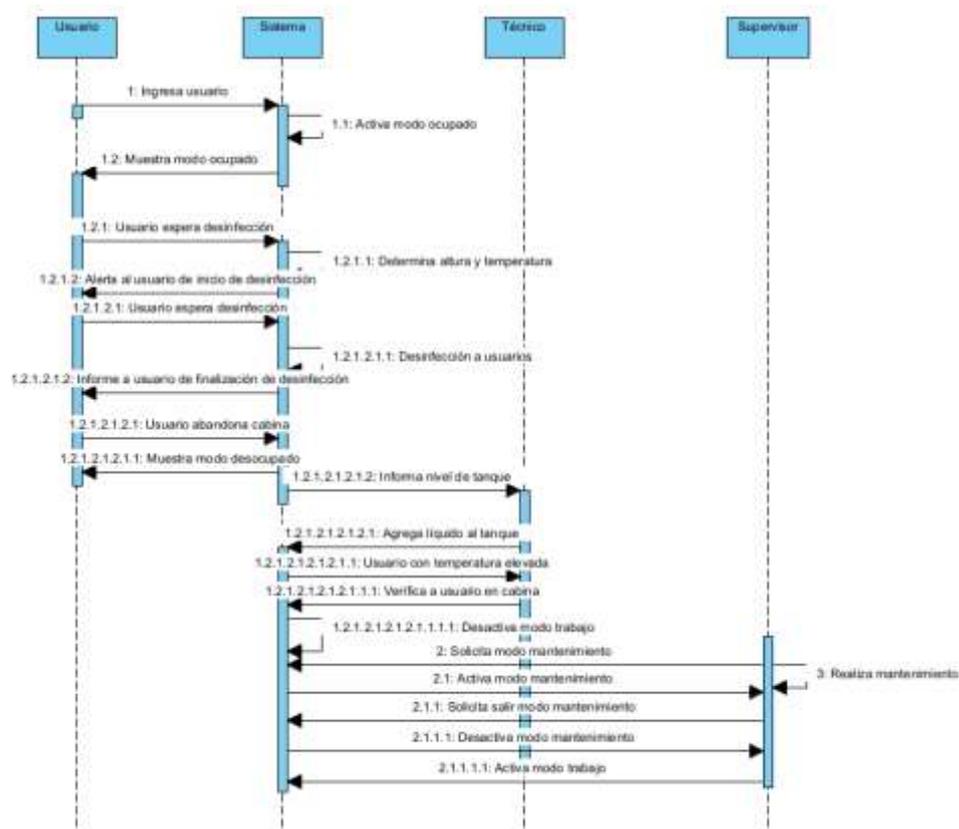
ii) Diagramas de secuencia

Los diagramas de secuencias es una herramienta gráfica que está orientada al modelado de las interacciones que hay entre diferentes objetos dentro del sistema, que permite describir el comportamiento dinámico del sistema, esto permite comprender de una manera más visual el proceso completo que desarrolla el sistema, ya que es de

una manera secuencial. En el siguiente diagrama de secuencias que se muestra, son cuatro actores los que tienen interacción: usuario, sistema, técnico y supervisor. A continuación, se describe el orden de la secuencia de como intervienen los actores, tal cual se encuentra en la figura:

Figura 22

Diagrama de secuencia del sistema



Fuente: Autor

- El sistema inicia con el punto 1: Ingreso de usuario que es cuando se detecta la presencia de un usuario dentro del sistema de desinfección a través de los sensores y proceden a enviar este dato al microcontrolador.
- Luego de detectar la presencia del usuario se genera el proceso 1.1: Activa modo ocupado.
- En el siguiente proceso es 1.2: Muestra modo se procede a encender distintas señales que muestren que la cabina se encuentra ocupada
- Luego el usuario tiene un tiempo corto de espera que es el 1.2.1.2.1: Usuario espera desinfección, en el cual se toman datos del usuario para poder empezar la desinfección, este proceso es el 1.2.1.1: Determinar altura y temperatura.

- Con los datos tomados por los sensores se genera una señal en el 1.2.1.2: Alerta al usuario de inicio de desinfección. Aquí hay un tiempo corto de espera 1.2.1.2.1: Usuario espera desinfección, en el cual se preparan los aspersores para iniciar que es el proceso 1.2.1.2.1.1: Desinfección a usuarios.
- Luego de finalizar la desinfección se notifica al usuario a través de una señal que la desinfección ha culminado, esto se realizará en el proceso 1.2.1.2.1.2: Informe de usuario de finalización del proceso.
- Después del punto 1.2.1.2.1.2.1: Usuario abandona la cabina, procede el proceso 1.1.2.1.2.1.1: Desactiva modo ocupado.
- Posterior a desactivar el modo ocupado se genera el proceso 1.2.1.2.1.2.1.2: Informa nivel del tanque, si de acuerdo con los parámetros establecidos el nivel de tanque es menor a lo establecido se lo llena entonces se lleva a cabo el punto 1.2.1.2.1.2.1.2.1: Agrega líquido al tanque.
- También es considerado el modo mantenimiento y trabajo, en el cual primero se debe realizar una solicitud para desactivar el modo trabajo que es el punto 1.2.1.2.1.2.1.2.1.1.1: Desactiva modo trabajo y luego la solicitud 2: Solicita modo mantenimiento, cuando la solicitud es aceptada entonces se activa el proceso 2.1: Activa modo mantenimiento, con el modo mantenimiento generado, se procede a realizar los cambios o acciones necesarias, es decir se activa el siguiente proceso: 3: Realiza mantenimiento.
- Culminado el mantenimiento se solicita el proceso: 2.1.1.1: Desactiva modo mantenimiento y procede a activar el modo trabajo 2.1.1.1.1: Activa modo trabajo, es decir que está lista para una nueva desinfección.

iii) Diagramas de estado

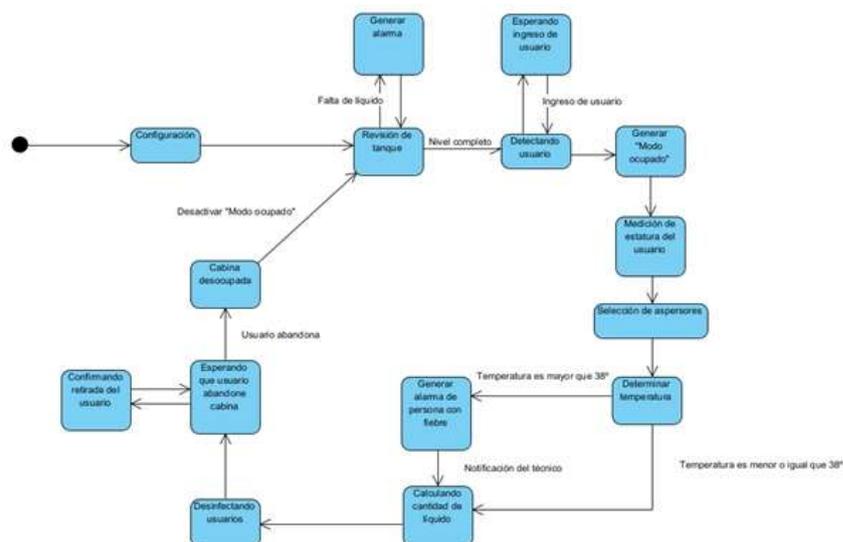
Los diagramas de estados son una herramienta de ayuda para poder identificar el funcionamiento que existe en un proceso en específico, en el cual se obtiene más información que permite comprender dicho proceso. A continuación, se detallará el siguiente diagrama de estado:

- El sistema inicia con una configuración inicial de los distintos elementos que permitirá iniciar el proceso.

- Luego de realizar aquello se verifica que nivel existe de líquido, y en el caso que haya un nivel por debajo de lo permitido se genera una alarma, una vez alcanzado el nivel necesario para poder realizar la desinfección termina este proceso.
- En esta etapa del proceso nuevamente se encuentra con un bucle, en el cual se verifica la presencia del usuario en la cabina de desinfección, este proceso culminara en el momento en el cual los sensores detecten la presencia del usuario.
- Una vez detectado el ingreso del usuario en el sistema, se genera el modo ocupado el cual se encarga de generar señales de aviso que muestren que la cabina no se encuentra disponible.
- En esta etapa del proceso se toman datos del usuario como es la estatura, que permite conocer que aspersores se deben activar para una mejor y completa desinfección, luego se calcula la temperatura, en este sistema se posee 38 °C como valor de temperatura referencial, es decir que las personas que tengan un valor mayor a este van a provocar una alarma en el sistema.
- Luego de conocer estos valores y los aspersores a utilizar se realiza la desinfección.
- Culminada la desinfección, se comprueba a través de un bucle mediante los sensores que no exista presencia de usuario en la cabina, lo que permite finalmente generar unas señales que muestren que la cabina esta desocupada y lista para empezar una vez más proceso.

Figura 23

Diagrama de estados del sistema de desinfección



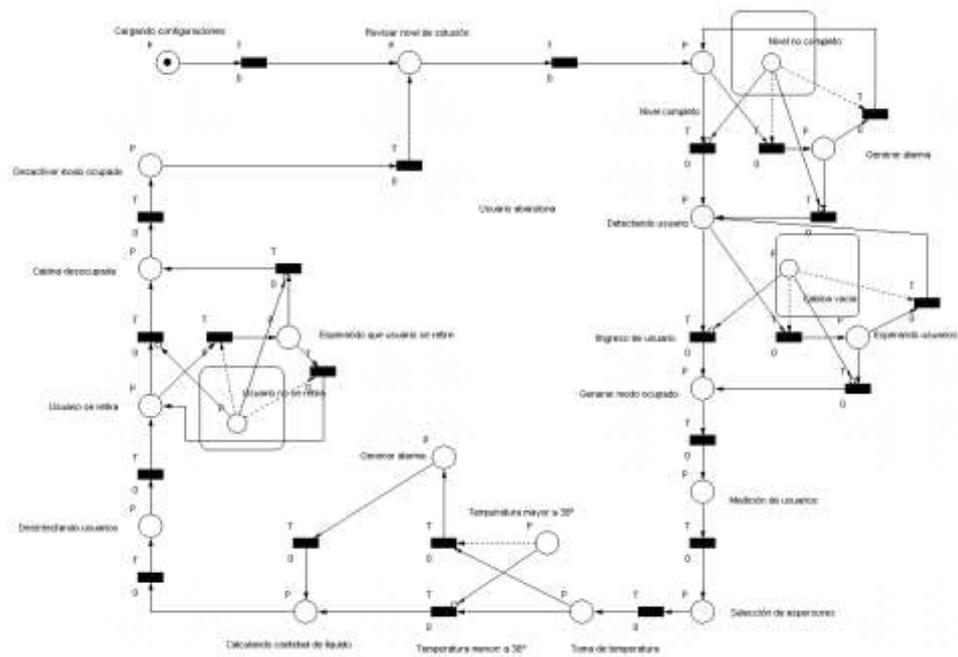
Fuente: Autor

3.4.2. Modelado con Redes de Petri.

En el siguiente modelado a través de Redes de Petri se puede observar el funcionamiento del sistema de desinfección donde se especifican los diferentes procesos que se deben realizar este proceso cuenta de diferentes variables como las condiciones del nivel del tanque de desinfección, la presencia de usuarios en la cabina, la temperatura de este y reconocer si la cabina se encuentra libre para una próxima desinfección.

Figura 24

Modelado mediante Redes de Petri



Fuente: Autor

El proceso inicia cargando las configuraciones iniciales del sistema para que puedan iniciar los procesos, luego antes de iniciar un proceso de desinfección, la estación procede a calcular el nivel de líquido que posee, luego de comprobar, los sensores esperan o detectan la presencia de un usuario, una vez detectado la presencia del usuario, se genera el modo ocupado, mide la estatura del usuario y se selecciona los aspersores, con estos datos calculados, el siguiente proceso es medir la temperatura en la que se presentan dos casos, (1) si la temperatura es menor de 38° se calcula la cantidad de líquido y (2) si la temperatura es mayor de 38° antes de calcular la cantidad de líquido se genera una alarma, con estos se procede a realizar la desinfección. Una vez finalizada la desinfección se verifica la presencia del usuario para poder confirmar

si la unidad está vacía para desactivar el modo ocupado y volver a iniciar el proceso para una nueva desinfección. Una de las principales características del modelado de Redes de Petri es que está enlazado directamente con el diagrama de estado de la figura 23, modelado en UML.

3.4.3. Ecuaciones de Redes de Petri

Las siguientes matrices de Red de Petri son generadas a través del software de código abierto Pipe. Este programa permite la creación y análisis sobre el funcionamiento del modelado, y brinda información relevante como las: inhibiciones, limitaciones y los puntos muertos. A continuación, se muestran los resultados de diferentes módulos que se obtuvieron de la Red de Petri de sistema de desinfección.

i) Matriz de inhibición H:

En este tipo de matriz se puede observar a una Red de Petri donde interactúa, pero en función de una red binaria, donde '0' representa a un lugar vacío y '1' a un lugar ocupado, esta matriz tiene como función indicar que va existir más de una señal de "sitio ocupado" en ningún proceso de la red, también comprueba la seguridad de la red al no utilizar ningún tipo de número que sea externo al sistema binario.

Figura 25

Matriz de inhibición del sistema de desinfección

Inhibition matrix H	
	TO T1 T10 T11 T12 T13 T14 T15 T16 T17 T18 T19 T2 T20 T21 T22 T23 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9
P10	0 0
P11	0 0
P12	0 1 0 1 0
P13	0 0
P14	0 0
P15	0 0
P16	0 0
P17	0 0
P18	0 0
P19	0 0
P20	0 0
P21	0 0
P22	0 0
P23	0 0
P24	0 0
P25	0 0
P26	0 0
P6	0 0
P7	0 0
P8	0 0
P9	0 1 0 0 0

Fuente: Autor

ii) Matriz de Marcado:

En esta matriz se agrupan las marcas en dos categorías, la señal 'P0' se le considera como un inicio de la red y el segundo tipo de marcas que se las coloca como 'Pn' con un valor '1' que tiene como significado la realización de todos los procesos externos que conforman el sistema.

Figura 26

Matriz de marcado de la Red de Petri

	Marking																				
	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P6	P7	P8	P9
Initial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Current	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Fuente: Autor

iii) Transiciones habilitadas:

En este tipo de matriz se encuentra solamente habilitada la marca 'T0', esto se debe en consecuencia de la marca 'P0' que está en la matriz anterior, por lo que esta como marca de inicio.

Figura 27

Matriz de transiciones habilitadas de la Red de Petri

	Enabled transitions																							
	T0	T1	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T2	T20	T21	T22	T23	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	yes	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no

Fuente: Autor

iv) Análisis del espacio de datos

En este módulo se construye un árbol en él que están todas las marcas utilizadas donde se determinan las propiedades cualitativas de una Red de Petri. Este módulo además brinda un camino más corto para un interbloqueo si es que existiera. Las propiedades que indican son: Delimitación, falta de bloqueo y seguridad. La propiedad de limitabilidad indica que no puede haber más de una sola marca en sus interacciones, con excepción de las marcas iniciales asignadas. El parámetro de seguridad indica que esta Red de Petri podrá ejecutar todos los estados sin excepción de ninguno y como ultimo está el parámetro de punto muerto, donde se indica que no contiene ningún

punto muerto en la red, es decir que no habrá bucles o lazos infinitos que pueden entorpecer la eficiencia del proceso. Esto significa que la red cumple con la propiedad de limitabilidad porque solo posee un token, como toda red binaria y que también que la red es segura.

Figura 28

Resultados del análisis del espacio de datos

Petri net state space analysis results

Bounded	true
Safe	true
Deadlock	false

Fuente: Autor

3.5. Análisis de firmware del sistema

El firmware del sistema es constante eso que quiere decir que una vez que inicie no debe parar, siempre está regresando a su proceso inicial, en la figura 17 se observa el diagrama de flujo donde está representado de una forma más visual los procesos que tienen el sistema de desinfección, el funcionamiento el sistema inicia con una configuración de la misma y luego para poder iniciar el proceso es necesario poder revisar cuanto es el nivel de líquido que posee el reservorio, ya que a partir de ahí se podrá iniciar el proceso, mientras el nivel del líquido no sea mayor a 1/8 de la capacidad del reservorio el proceso de desinfección no podrá iniciar ya que se encuentra en un bucle, luego de que el nivel de líquido este dentro de los parámetros permitidos para el funcionamiento del proceso, el siguiente paso es la detección de usuarios, que de igual forma se encuentra dentro de un bucle ya que estos procesos iniciales son de vital importancia para la ejecución del mismo, porque sin un usuario y líquido no podría llevarse a cabo el proceso, luego de que se detecte la presencia de un usuario debido a la variación de temperatura que detecte el sensor, se procede a ejecutar un “modo ocupado” en el cual se enciende una alarma visual que es una luz piloto y también se muestra un mensaje en la pantalla LCD, a partir de este proceso se toma la temperatura del usuario mediante el sensor MLX90614, después el sensor de distancia HC-SR04 calcula la altura del usuario para poder seleccionar los aspersores que deben activarse en la desinfección y así se pueda rociar mucho mejor y de manera más completa, sin llegar a zonas delicadas como el rostro, una vez obtenido

el dato de la temperatura se procede a realizar una estructura condicionante, es decir que va a haber un valor predeterminado que es 38 °C como parámetro, con el cual todos los valores recolectados por el sensor de temperatura serán comparados con el fin de poder reconocer si el usuario tiene fiebre, es decir uno de los principales síntomas del COVID-19, una vez comparado el valor si es mayor, se procede a encender una alarma sonora y visual, para poder notificar de este valor inusual de temperatura y se accionan los aspersores y en el caso de que el valor sea menor a 38 °C solo se procede a accionar los aspersores una vez haya finalizado el proceso de activación de los aspersores, se vuelve a detectar la presencia de personas, este proceso también se encuentra dentro de un bucle, es decir que se desarrolla constantemente en el caso de que existan personas en la cabina se procede a activar un tiempo de espera pero cuando el usuario se haya retirado se desactivara el “modo ocupado” es decir las alarmas que tienen, y finalmente regresa a sus procesos iniciales de revisión de nivel de tanque para una próxima desinfección, es importante recalcar que este proceso es continuo.

Con el fin de analizar con más detalle el proceso de la cabina de desinfección, es necesario subdividir en cuatro subprocesos el programa principal, presentado en la descripción del sistema en la Figura 29. Los Subprocesos que se analizan son: Detección de nivel de solución, temperatura y de presencia del usuario y el cálculo de la altura del usuario.

Figura 29

Subprocesos del sistema



Fuente: Autor

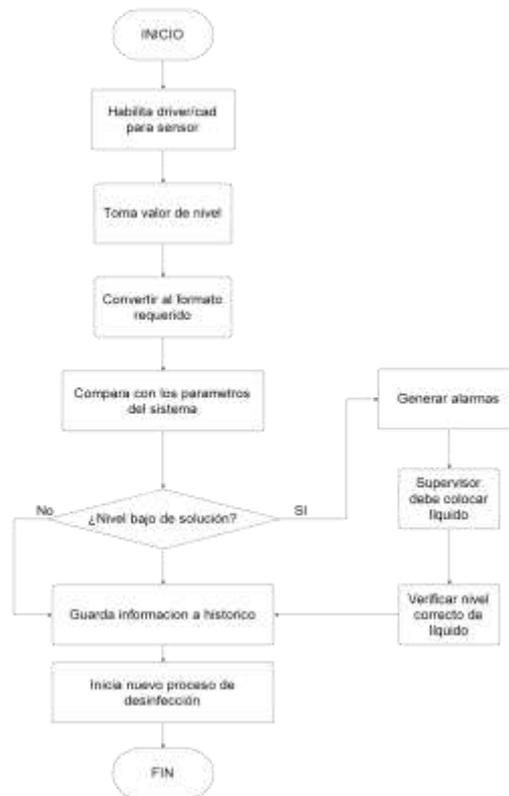
i) Detección de nivel de solución

El proceso de detección de nivel de solución, es el primer proceso de comprobación al iniciar el sistema ya que en el caso de que exista una ausencia del líquido no podría llevarse a cabo una desinfección, en este proceso se comprueba y se asegura que el reservorio de líquido por lo menos posea un cuarto de su capacidad para

realizar una desinfección, en el caso de poseer un nivel menor al indicado, se genera una señal hacia el supervisor y el sistema entrara en pausa hasta obtener el nivel de líquido establecido.

Figura 30

Proceso de detección de nivel de líquido de desinfección del sistema



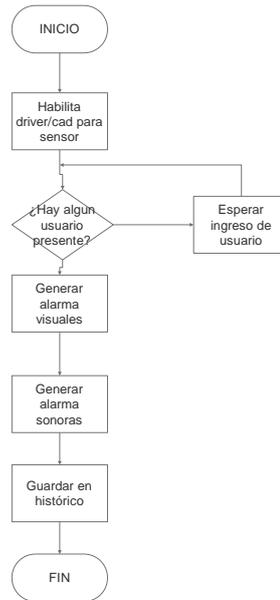
Fuente: Autor

ii) Detección de usuario

En el proceso de la detección de usuarios los sensores de presencia cumplen un rol muy importante, ya que estos pueden tener el proceso de desinfección en espera hasta que puedan detectar la presencia de algún usuario, cuando no se detecte presencia en el sistema, el proceso entrará en un bucle, del cual solo podrá salir para seguir con el proceso al detectar presencia de un usuario.

Figura 31

Proceso de detección de usuario



Fuente: Autor

iii) Detección de temperatura

Figura 32

Proceso de detección de temperatura en el sistema



Fuente: Autor

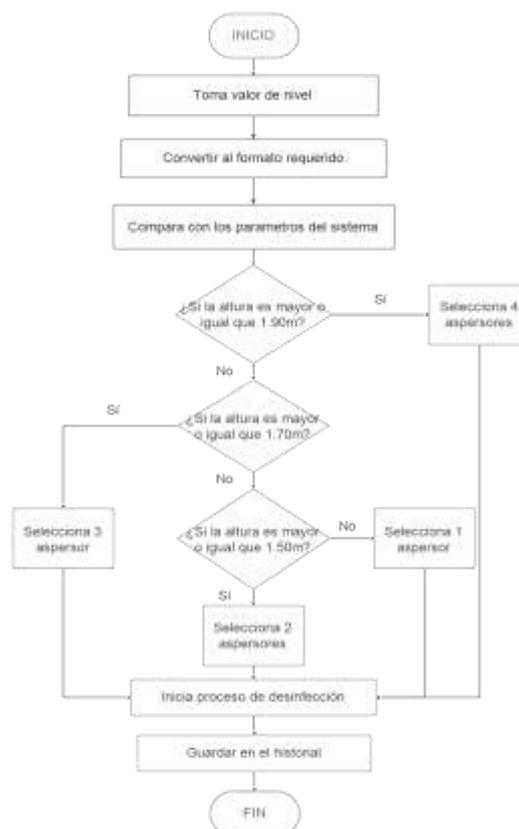
El proceso de detección de la temperatura de los usuarios en el sistema de desinfección tiene como finalidad la aspersión del usuario, pero antes compara los valores leídos con un valor de temperatura que es 38°, en el cual las personas que superen este valor van a generar una alarma para que el supervisor sea notificado de esta anomalía del usuario.

iv) Cálculo de estatura.

La aspersión, es el principal proceso de la desinfección del sistema es por esto que hay un proceso especial en esta etapa, mediante el sensor ultrasónico al detectar la estatura que tiene el usuario, este dato pasa por tres condiciones en las cuales se especifica cuáles son los aspersores que se van a activar dependiendo de la altura del usuario, los valores referenciales son: 1,90m, 1,70m y 1,50m.

Figura 33

Proceso de detección de estatura



Fuente: Autor

En la implementación se ha dividido el sistema en cuatro subsistemas para poder abordarlo con mayor detalle, y cada uno de estos ha sido analizados mediante un

diagrama de flujo en el cual se observa claramente los procesos que se van a desarrollar. Estos subsistemas son los procesos de: detección del nivel de líquido que posee para realizar la desinfección en el sistema, la detección de la presencia del usuario, detención de la temperatura y la estatura de este. Para realizar estos procesos fue de vital importancia el uso de sensores como: Sensor de temperatura infrarrojo modelo MLX90614 que permite detectar la temperatura de un objeto a distancia es decir sin contacto, propicio para este tipo de sistemas, también el del sensor ultrasónico de distancia HC-SR04 que permitirá calcular la distancia del usuario.

3.6. Evaluación del sistema

La Red de Petri elaborada para el del sistema de desinfección, a más de permitir a través de la simulación del diagrama en el software Visual Object Net++, para determinar el correcto funcionamiento del sistema propuesto, tal como se observar en la figura 28, permite a través del análisis de las propiedades de la red, tanto estructurales como funcionales, garantizar el funcionamiento del sistema y establecer la correcta formación de la red. Las propiedades que se considera más necesarias son analizadas con detenimiento en los siguientes párrafos, sin dejar de mencionar que entre ellas son independientes, esto quiere decir no necesariamente la red al cumplir con una de ellas, lo hace con las otras. Las propiedades son:

3.6.1. Alcanzabilidad

Se pudo observar que la Red de Petri del sistema de desinfección mediante la simulación a través de VisualObjectNet, todos los estados de la red son alcanzados por la marca del sistema. En general en estas redes se menciona que un marcado M_n , se puede alcanzar desde un punto inicial M_o , si es que hay una secuencia de disparos que le permita a la evolución del marcado poder llegar a M_n desde un punto M_o . Es decir que el token que es conocido como la marca deberá circular por los arcos y lugares de la Red de Petri. Esta propiedad garantiza que todos los estados de la red serán, alcanzados alguna vez, durante el funcionamiento del sistema.

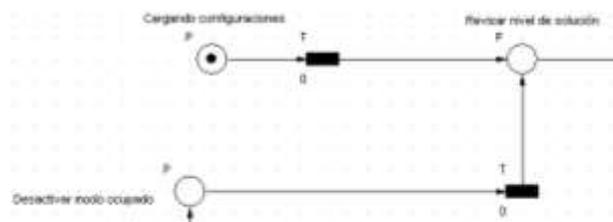
3.6.2. Red limitada

Mediante el análisis de la red y de sus propiedades también, se determinó que la red es limitada esto quiere que decir que no es posible que puede existir más de un

culmina vuelve al segundo lugar de la red que es “revisando nivel de solución” y no “cargando configuraciones”, para este caso en específico se denomina como “Estado residente”. Por ejemplo, en la figura 34 se puede observar que la Red no es reversible ya que el punto inicial que es “Cargando configuraciones” donde se encuentra la marca y que luego recorre al lugar “Revisar nivel de solución” hasta llegar a “Desactivar modo ocupado”, para finalmente regresar a “Revisar nivel de solución” la marca no vuelve a su lugar inicial en ninguna parte del proceso a excepción del inicio.

Figura 35

Inicio de la Red de Petri del sistema



Fuente: Autor

3.6.5. Red Binaria

La Red de Petri es binaria si es 1-Limitada. El análisis que se obtuvo de la Red de Petri determinó que la Red es binaria cuando se demuestra que el número máximo de marcas que puede haber en un lugar siempre es uno. Estos tipos de redes es la base para los sistemas que diseñan los autómatas programables y lógica cableada. En la Red de Petri representada en la figura 24, como se puede observar en todos los lugares el número de máximo es igual a uno, este tipo de red pertenece a un grupo especial de Red de Petri limitada, estas redes son el fundamento para la realización de los sistemas de los sistemas para el diseño de autómatas programable y de lógica cableada.

3.6.6. Red Conforme

Esta propiedad es dependiente, esto indica que, para cumplir esta propiedad, la Red de Petri debe ser binaria y viva. Esto significa que debe tener: el número máximo de marcas por cada lugar igual a uno y que el proceso de toda la red en ninguna parte se vea obstaculizado para ejecutar una transición. Al analizar la figura 24 se observa claramente que la Red de Petri es conforme ya que cumple con ambas propiedades es decir: es binaria y viva, en el caso de esta red que ejecuta el proceso de un sistema de

desinfección, no debería haber más de una marca en movimiento al mismo tiempo, ya que solo es posible realizar un proceso a la vez debido a que los procesos que desarrolla el sistema son provocados por solo la persona que se encuentra en el sistema, y la marca está indicando en que parte del sistema está el proceso que se está ejecutando.

3.6.7. Red Conservativa

Esta propiedad indica que en ningún momento se cambia el número de marcas que debe tener cada lugar, es decir que es constante. Esto implica que la suma de las marcas en los lugares de la red incluido el inicial, es constante. Es decir que el concepto de la conservación se lo relaciona con la cantidad de recursos disponibles, que como se menciona debe ser constante es decir que no debe variar mientras la Red de Petri esté en ejecución. La red del sistema de desinfección que se desarrollo es conservativa debido a que durante todo el proceso en desarrollo siempre se conserva a través de sus componentes: arcos y lugares, la misma cantidad de número de marcas que es igual a uno, es importante aclarar que sin importar el número de veces que se repita el proceso el número de marcas no va a aumentar.

3.6.8. Red Interpretada

Las Redes de Petri tienen cada vez más lugares de aplicaciones ya que permiten modelar un sistema físico particular, que para este trabajo investigativo es el sistema de desinfección. Cuando una Red de Petri está asociado como un elemento descriptivo de una parte del sistema físico, de tal manera que cada una de las transiciones puede representar alguna condición física. En la Red de Petri del sistema, representada en la figura 24 se puede observar claramente los procesos en específicos que se realizan en el sistema de desinfección, que se está modelando. Generalmente cuando a una Red de Petri no se asocia con otra interpretación, se la conoce que la Red de Petri es autónoma, y si el desarrollo de la Red de Petri es interpretado en función de tiempo se menciona que no es una red no autónoma.

CAPITULO 4: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Presentación de resultados

En el siguiente apartado se muestran los resultados que se han obtenido con base en la elaboración del estado del arte, la arquitectura del sistema, los diagramas en UML y la simulación en softwares con Redes de Petri.

4.1.1. Resultados del estado del arte

Para desarrollar el estado del arte se elaboró una búsqueda bibliográfica bastante amplia que permitió poder encontrar las contribuciones contemporáneas de gran nivel en la comunidad científica, los temas estaban relacionadas con temas de automatización y microcontroladores, en conjunto con la desinfección contra el COVID-19. Puesto que el tema tiene relación con la pandemia permitió encontrar información reciente, debido a que la pandemia tuvo sus primeros indicios aquí en Ecuador a principios del mes de marzo del año 2020. También se desarrolló una búsqueda amplia sobre los sistemas de desinfección, pero no se obtuvieron documentos con información relevante que aporten a este trabajo investigativo. Como se encontró muy poca información de artículos relacionados a este tema de investigación, se propone designar este trabajo de investigación enfocado a la automatización de la desinfección y toma de temperatura basado en microcontroladores.

4.1.2. Resultados de la arquitectura

Se desarrollo una arquitectura con las siguientes características: La arquitectura se orientó hacia un sistema de desinfección automatizada, la cual que es requerida para determinar los niveles de los diferentes elementos que posee el sistema. La arquitectura de automatización del sistema de desinfección está basada en los niveles de automatización, que posee una distribución jerarquía en la que cada nivel cumple con una función importante dentro del sistema, los niveles son:

i) Nivel de campo

En este nivel se encuentran los sensores, actuadores (bocinas y lámparas) y el resto de maquinaria y equipo que se posea para la ejecución del sistema, estos equipos

son parte fundamental para realizar cualquier proceso que luego se automatice. aunque el sistema es centralizado debido a su tamaño y número de componentes, se ha procurado en la arquitectura definir claramente cada uno de los niveles, en el caso del nivel de campo, los sensores como los actuadores son controlados desde el microcontrolador.

ii) Nivel de control

Este nivel tiene como objetivo controlar los procesos secuenciales a través de ordenadores especializados, que reciben varias señales de entrada y salida, estos dispositivos procesan la información que reciben del nivel de control. En esta arquitectura en este nivel se ha definido una tarjeta Arduino con un microcontrolador Atmega328P es el encargado de recibir todas las señales que provienen del nivel de campo y así controlar todos los procesos que se realizan en el sistema.

iii) Nivel de supervisión

La función de este nivel es la representación de los anteriores niveles, es decir representa los datos procesados en tiempo real de una manera más intuitiva, esto se logra debido a la comunicación entre los componentes, el microcontrolador y la PC. En nuestra arquitectura se implementó el uso de un PC en este nivel en el cual se puedan visualizar de mejor manera cada uno de los datos procesados por el microcontrolador que está ubicado en el nivel de control para que de esta forma puedan ser analizados por el supervisor.

4.1.3. Resultados del UML y Redes de Petri

Los diagramas UML han sido de vital importancia para poder proyectar y entender cada una de las funciones del sistema y desarrollar un modelado sistemático y correcto:

- i) Los diagramas de casos de uso UML han sido de gran ayuda para entender las interacciones que hay entre los usuarios y actores en cada parte del sistema. Nos permitió reconocer que son tres los actores que intervienen en el sistema, los procesos y la correlación que tienen ciertos procesos entre ellos.
- ii) Los diagramas de secuencia en UML, ayudan a entender de mejor manera el sistema y la interacción que tienen los usuarios en este. Mediante este gráfico se

determinó la cantidad de tareas específicas que realizan: el técnico, sistema supervisor y usuario; pero estructuradas de una manera que sea secuencial, ordenada y definida.

- iii) Los diagramas de estados UML ayudan a identificar el camino específico que se debe seguir para cumplir con todas las funciones del sistema. Es decir, con cada una de las funciones que se definieron en los diagramas de secuencias y usos, en este diagrama se observó un total de 11 procesos definidos entre los cuales cuatro tenían un subproceso.

Las Redes de Petri que se desarrolló cumplieron satisfactoriamente con los parámetros que fueron propuestos para que se pueda determinar que la red es fiable. Al no existir en la Matriz H un valor que no forma parte del sistema binario, es decir 1 y 0, demostró que desempeña la propiedad de la limitación. De igual manera el análisis de espacio de estado demostró la seguridad de la red, debido a que se lograron ejecutar todos los procesos existentes, sin excepción de ninguno. Esta red no produjo lazos infinitos, es decir que parámetro de punto muerto no es verdadero, finalmente no poseerá más de una marca en sus interacciones, así cumple con la ausencia de bloqueos y de esta forma con todas las propiedades, determinando que no existen inconvenientes en la red que puedan perjudicar el funcionamiento.

4.2. Simulación.

Figura 36

Simulación del sistema utilizando la herramienta Codesys.



Fuente: Autor.

4.3. Discusión

En este apartado el objetivo es mostrar los resultados que se obtuvieron en base a las funciones y características que posee como un objetivo planeado este documento de investigación, se comprobó si se encontró una solución para el problema y la hipótesis. De esta manera se pudo verificar que el caso es viable para utilizarse en los sistemas de desinfección.

4.3.1. Cumplimiento de las funciones del sistema

El sistema pudo obtener un proceso confiable y seguro, conformado por distintos equipos electrónicos con una comunicación estable, se logró demostrar lo siguiente:

- El proceso que realiza el sistema de desinfección es continuo y tiene etapas de retroalimentación.
- Los sensores de nivel miden la cantidad de líquido que se posee y se comprueba al iniciar cada desinfección.
- El sensor ultrasónico HC-SRO4 calcula la estatura que posee el usuario para así realizar una desinfección más completa.
- El sensor de temperatura MLX90614 detecta la temperatura del usuario, para así realizar un proceso distinto en el caso de tener una temperatura mayor a la permitida.
- Los aspersores se encargan de desinfectar al usuario, pero mediante la medición de la temperatura el Arduino decide que aspersores se activan para así de esta manera realizar una desinfección más completa y segura.

4.3.2. Cumplimiento de los Objetivos

En la siguiente sección del trabajo investigativo, se analizará si los objetivos que están planteados han sido cumplidos y estructurados correctamente conforme al desarrollo del trabajo de investigación.

i) Cumplimiento de objetivos específicos

- Se logro diseñar un sistema para la desinfección de personas al rociar líquido según su estatura, debido a que, mediante el sensor ultrasónico y su lectura, se podían

determinar cuáles eran los aspersores que debían activarse para la desinfección cabe recalcar que los aspersores son colocados estratégicamente.

- Se pudo modelar el sistema de desinfección mediante el uso del Lenguaje de Modelado Unificado en el cual se realizaron los diagramas de: estados, secuencias y usos, que son de gran aporte para este trabajo investigativo.
- Las pruebas realizadas mediante la simulación del sistema mediante Redes de Petri, en el software VisualObjectNet permitieron validar y verificar el sistema y sus procesos. A partir de las propiedades funciones y estructurales se ha logrado analizar y establecer la correcta formación de la red, y de esta forma poder garantizar su funcionamiento.

ii) **Cumplimiento del objetivo general**

Se logro cumplir el objetivo general, debido a que se consiguió proyectar una estación para la desinfección y toma de temperatura corporal como medida de bioseguridad basada en microcontroladores, que permiten automatizar el proceso de desinfección y optimizar recursos. Mediante este estudio se demuestra que el diseño de arquitectura, modelado UML y la simulación del sistema fueron vitales para obtener estos resultados. Finalmente, otro indicador más del cumplimiento del objetivo general es el cumplimiento de los objetivos específicos, cuyo cumplimiento fue demostrado en el acápite anterior.

4.3.3. Hipótesis

La hipótesis estuvo resuelta y cumplió según lo esperado, debido a que se pudo una automatizar un sistema de desinfección y toma de temperatura corporal como medida de bioseguridad, también se logró un ahorro en el líquido de desinfección gracias a la selección de los aspersores en función de la estatura del usuario, que permite un ahorro y también mejora la desinfección debido a que se evita esparcir líquido en lugares que no son necesarios para la desinfección y que pueden ser perjudicables para el usuario. Aunque no se realizó una fase experimental, a través del análisis estadístico, se puede demostrar que, al desactivar los aspersores en personas de mediana y pequeña estatura o niños, implica un ahorro de la solución desinfectante. El sistema de detección de estatura de los usuarios fue analizado en su funcionamiento

a través de diagramas de flujo y simulaciones, que corroboran su proceso de trabajo y que permite demostrar que los valores asignados en la hipótesis.

4.3.4. Problemas de investigación

Se había definido el problema de investigación de la siguiente forma:

El sistema de selección de aspersores permite no solamente ahorrar líquido de desinfección, ya que de esta forma se asegura de no esparcir líquido donde no es necesario, sino que también nos permite realizar una desinfección más segura ya que de esta forma nos aseguramos de no rociar en zonas delicadas como lo es el rostro, para realizar este proceso se utilizó la tarjeta Arduino Uno con el microcontrolador (Atmega328P). También a través de la arquitectura que posee permite desarrollar este proceso en un tiempo aproximado de 15 a 20 segundos lo que es realmente beneficioso para el sistema, es importante conocer que los materiales que se necesitan para poder implementar este sistema de desinfección son materiales de bajo costo con excepción del Arduino y de la PC que son dispositivos que suelen poseer en general o que son fáciles de adquirir. En nuestro país Ecuador según una distribución porcentual los hombres indígenas suelen medir menos de 1,50m, a diferencia de los hombres afros y blancos que miden en promedio más de 1,80m a diferencia de las mujeres indígenas que en promedio miden menos de 1,40 m mientras que las afros y blancas miden entre 1,40 m y 1,64 m. Esto indica que la altura promedio de las personas que transitan por nuestro sistema de desinfección no necesitarían tener activado todos los aspersores para realizarse una desinfección segura, es por esto que nuestro sistema permite un ahorro en el líquido de desinfección. (El Telégrafo, 2017). Este sistema de desinfección puede ser utilizado en diversos entornos.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta sección de este documento investigativo se muestran las conclusiones y recomendaciones que se obtuvo al culminar el desarrollo del presente trabajo investigativo y posterior del análisis respectivo. Al final del capítulo se muestran la información más detallada de los trabajos de investigación recomendados:

5.1. Conclusiones

La elaboración del presente trabajo de investigación permitió el desarrollo de conclusiones que sean significativas que se describen a continuación:

- Se concluye que el diseño de la cabina de desinfección, a través de un proceso sistemático de proyección, diseño, simulación e implementación, para lo cual se utilizó una metodología basada en UML y redes de Petri, garantiza el fiel cumplimiento de los requisitos funcionales y la buena formación del sistema.
- El desarrollo de los diagramas UML permitió una comprensión más clara de todos los procesos que conlleva el sistema, su orden de ejecución, y la interacción que tienen estos con los usuarios del sistema.
- Los casos de Uso de UML, ha permitido establecer claramente los actores del sistema, y los casos de uso del sistema, que son los cimientos para iniciar el proceso de análisis del sistema
- La arquitectura de automatización para el sistema muestra de forma clara, concisa y organizada, la estructura del sistema y permite que se defina comunicaciones eficientes entre los distintos niveles y equipos del sistema
- Las Redes de Petri del sistema de desinfección permitió demostrar mediante sus ecuaciones, la correcta formación y funcionamiento del sistema, lo que garantiza el cumplimiento de las funciones debido a que los procesos se ejecutaron en el orden y lógica correcta.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda conocer las especificaciones del tipo de sensores que se van a utilizar en este tipo de procesos de desinfección ya que es necesario que puedan operar a distancia, y así evitar el contacto físico entre el usuario y sistema.

- El lenguaje de modelado UML presenta desde distintos puntos de vista todo el proceso que realiza el sistema detallando hasta los actores que lo realizan, por tal motivo, se recomienda el uso de este lenguaje para una comprensión mucho más clara.
- Las Redes de Petri como representaciones simbólicas mediante la herramienta Visual object net, se recomiendan debido a que permiten visualizar el desarrollo del proceso según el diagrama de flujos permitiendo identificar errores.
- El uso de software como: Edraw, Visual object net y Visual paradigm proporcionan lenguajes gráficos sencillos donde es posible diseñar procesos complejos a través de una interfaz didáctica, y en la revalidación del funcionamiento correcto de los procesos del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Canto, Carlos. (11 de Diciembre de 2019). *UASLP*. Obtenido de http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/3_AUTOMATIZACION_GENERAL.PDF
- Crespí, S. (15 de Junio de 2020). *REVISTA DE SALUD AMBIENTAL*. Obtenido de <https://www.ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/1064>
- El Telégrafo. (25 de Octubre de 2017). La estatura del los ecuatorianos se incrementó en cuatro décadas. pág. 21.
- Hariono, B. (2019). *IOP*. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/672/1/012089/pdf>
- Jacobson, I. (2007). *El lenguaje unificado de modelado manual de referencia*. Madrid: Pearson.
- Llopis, R. S. (2010). *Automatización industrial*. Valencia: UJI.
- Maurya, D. (4 de Julio de 2020). *US National Library of Medicine National Institutes of Health*. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7335228/>
- Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. (13 de Julio de 2020). Obtenido de https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/protocolo_prevenci%C3%B3n_covid-19_inocuidad_alimentos.pdf
- MINISTERIO DE SALUD DEL ECUADOR. (17 de Agosto de 2020). *PROTOCOLO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO PARA EL*. Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/protocolo_de_seguridad_y_salud_en_el_trabajo_para_el_sector_pU%CC%81blico_y_privado-signed.pdf
- Molina, J. L. (21 de Mayo de 2020). *SICENCE DIRECT*. Obtenido de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1130862120303107?token=7545C36DFE6E5349D14B65C086097558B4B201AB136D7CE95DEE00DC4ED782CC75B999F56754FFDE5151317E3B40B890&originRegion=us-east-1&originCreation=20211105021418>
- Moreno, E. G. (2001). *Automatización de procesos industriales*. Valencia: Alfaomega.
- Murillo, L. D. (4 de Diciembre de 2008). *Tecnología en Marcha*. Obtenido de <data:image/png;base64,iVBORw0KGgoAAAANSUgAAAMYAAAD/CAMAAACdMFkKAAAAe1BMVEX///8AAADa2tr8/Pzh4eGampr19fWgoK Dk5OT4+Pg dHR3y8vIhISHv7+/r6+tQUFC/v7/Hx8c1NTWLi4teX15LS0vU1 NSp qanNzc24uLiCgoKvr6+Ojo5kZGRZWVm0tLRBQUF1dXVqamp9fX0u Li48PDwXFxcoKCgNDQ1iBr/OAAAXxEIEQ>

- Navarro, A. M. (7 de Octubre de 2015). *Modelo y simulación de sistemas de control híbrido*. Obtenido de Ipomex: [https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo/2018/108/2/718b5e7343da210b883e4e883aca0088.pdf#:~:text=Resumen%E2%80%94Los%20sistemas%20de%20control,posici%C3%B3n%2C%20presi%C3%B3n%2C%20etc.\)](https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo/2018/108/2/718b5e7343da210b883e4e883aca0088.pdf#:~:text=Resumen%E2%80%94Los%20sistemas%20de%20control,posici%C3%B3n%2C%20presi%C3%B3n%2C%20etc.))
- Pardo Borrero, L. (Diciembre de 2020). *UNIVERSIDAD DE LOS ANDES*. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/flexpaper/handle/1992/51489/23658.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=8>
- Perez, M. A. (2007). *Universidad Nacional de San Juan*. Obtenido de <http://dea.unsj.edu.ar/control1/apuntes/unidad1y2.pdf>
- Pressman, R. (2010). *Ingeniería del Software*. Ciudad de México: Mc Graw Hill.
- Romero, G. (Septiembre de 2020). *Biblioteca virtual en Salud*. Obtenido de <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ibc-194391>
- Rosales Santiago, F. (8 de Junio de 2021). *Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de <https://www.ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/1064>
- Ruiz, J. M. (30 de Abril de 2017). Obtenido de UNVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA: <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/86108/MONTA%C3%91EZ%20-%20DESARROLLO%20DE%20SISTEMA%20BASADO%20EN%20MICROCONTROLADOR%20PARA%20LA%20AUTOMATIZACI%C3%93N%20DE%20UN%20ACUARIO..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rumpe, B. (2004). *Modeling with UML*. Garching: Springer.
- Saikouk, H. (6 de Octubre de 2021). *Springer*. Obtenido de <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s41207-021-00281-4.pdf>
- Sasir, A. (9 de Junio de 2021). *GSL INDUSTRIAS*. Obtenido de <https://www.industriasgsl.com/blog/post/que-es-un-sistema-de-control>
- Schmuller, J. (2000). *Aprendiendo UML*. Ciudad de México: Prentice Hall.
- Shihhuai, H. (9 de Abril de 2020). *National Center of Biotechnology Information*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32278704/>
- Silva, M. (2002). *Las redes de Petri: en la autormática y la informática*. Madrid: AC.
- Torrente, Ó. (2013). *Arduino*. Madrid: Alfa y Omega.
- Vasantharao, G. (6 de Junio de 2020). Obtenido de Ijaema: <http://www.ijaema.com/gallery/125-ijaema-june-4113.pdf>



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Racines Delgado, Carlos Daniel**, con C.C: #131685071-6 autor/a del trabajo de titulación: **Estación automatizada para la desinfección y toma de temperatura corporal como medida de bioseguridad** previo a la obtención del título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 8 de marzo del 2022

f. _____

Nombre: Racines Delgado, Carlos Daniel

C.C: 1316850716



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Estación automatizada para la desinfección y toma de temperatura corporal como medida de bioseguridad		
AUTOR(ES)	Racines Delgado, Carlos Daniel		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. Mendoza Merchán, Eduardo Vicente		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	8 de marzo del 2022	No. DE PÁGINAS:	58
ÁREAS TEMÁTICAS:	Electrónica, Automatización, Microcontroladores.		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Desinfección, Arduino, Sensores, Actuadores, Redes de Petri, Lenguajes UML.		
RESUMEN/ABSTRACT			
<p>Actualmente como consecuencia de la pandemia del COVID-19, varios sectores de la sociedad están siendo fuertemente afectados, gracias a la gran propagación que tiene el virus debido a que las medidas de seguridad que se recomiendan para disminuir la propagación no están siendo realizadas de una manera correcta. Es por esto por lo que se busca poder brindar un sistema de desinfección que pueda cumplir este proceso que es importante para combatir esta pandemia a través de un sistema inteligente. Las investigaciones que se realizaron estuvieron centradas en diversos campos que nos permitirán desarrollar este tema satisfactoriamente, como el análisis de los dispositivos como los sensores, actuadores y microcontroladores que van a para permitir desarrollar el proceso de desinfección correcto. La arquitectura de este sistema permitió mantener una conexión correcta entre los componentes, debido a que se desarrolló de acuerdo con los niveles de automatización, es decir respetando los niveles en los que se deben encontrar cada elemento del sistema para que así la transmisión de información sea más ordenada, estos niveles son: campo, control y supervisión. El diagrama de modelado UML (diagramas de estados, usos y secuencias) mediante sus componentes gráficos permitió confirmar cuales son todos los procesos que realiza el sistema y quienes son los actores en estos. Las Redes de Petri aportaron a la investigación con una esquematización, en la cual se observan los procesos que realiza cada agente, además de obtener pruebas necesarias que brindaron resultados positivos sobre una verificación del funcionamiento correcto del sistema.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593967716522	E-mail: cracines7@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Palacios Melendez, Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-9-67608298		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			