



**Diseño y construcción de una estación de limpieza y desinfección automática de  
cristalería con sistema clasificador**

Aymara Amagua, Jorge Andrés y Taipicaña Cayambe, Steeven Adrian

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería en Mecatrónica

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica

Ing. Lara Padilla, Hernán Vinicio

26 de agosto de 2021



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Trabajo-Titulacion-Aymarajorge-TaipicañaSteeven.docx  
(D111682566)  
**Submitted:** 8/25/2021 9:27:00 PM  
**Submitted By:** revisiones.orkund.ecu@gmail.com  
**Significance:** 1 %

### Sources included in the report:

<https://dokumen.tips/documents/et09-cotransa-catalogo-cadenas-transportadoras-569ee3bd60c3b.html>

### Instances where selected sources appear:

1



Firmado electrónicamente por:  
**HERNAN  
VINICIO LARA  
PADILLA**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación, **“Diseño y construcción de una estación de limpieza y desinfección automática de cristalería con sistema clasificador”** fue realizado por los señores **Aymara Amagua, Jorge Andrés y Taipicaña Cayambe, Steeven Adrian** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 26 de agosto de 2021

Firma:



**Ing. Hernán Vinicio Lara Padilla, PhD.**

C. C.: 0603247362



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**Responsabilidad de Autoría**

Nosotros, **Aymara Amagua, Jorge Adrés**, con cédula de ciudadanía N° 1724179971, y **Taipicaña Cayambe, Steeven Adrian**, con cédula de ciudadanía N° 1726329384 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Diseño y construcción de una estación de limpieza y desinfección automática de cristalería con sistema clasificador”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 26 de agosto de 2021

Firma

  
.....  
**Aymara Amagua, Jorge Adrés**

C.C.: 1724179971

  
.....  
**Taipicaña Cayambe, Steeven Adrian**

C.C.: 1726329384



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

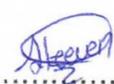
**Autorización de Publicación**

Nosotros **Aymara Amagua, Jorge Andrés**, con cédula de ciudadanía N° 1724179971, y **Taipicaña Cayambe, Steeven Adrian**, con cédula de ciudadanía N° 1726329384, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **"Diseño y construcción de una estación de limpieza y desinfección automática de cristalería con sistema clasificador"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 26 de agosto de 2021

Firma

  
.....  
**Aymara Amagua, Jorge Andrés**  
C.C.: 1724179971

  
.....  
**Taipicaña Cayambe, Steeven Adrian**  
C.C.: 1726329384

## **Dedicatoria**

### **Jorge**

Este trabajo va especialmente dedicado a la memoria de mi padre Jorge Aymara quien siempre estuvo conmigo, confió y creyó en mí hasta el final de sus días y que incluso en su lecho de muerte fue quien me tranquilizó, a mi madre Piedad quien es realmente una pequeña campeona para superar situaciones complicadas, a la memoria de mi hermana Paty quien siempre me dio todo el apoyo necesario para enfrentar la vida, a mi hermano Juan quien ha sido ejemplo de trabajo y lucha, a mi hermana Evelyn con quien crecí y fue parte fundamental de mi educación, a los demás integrantes de mi familia Rulo, Rocío, Fernando, y a mis sobrinos Pao, Joss, Naty, Abi, Sofi y Jacob.

Dedicado a mis amigos Chelo, Kevin, Wilson, Erick, Emilio, Marcos, Ronny, Alex, Jonathan, Josty, Diego con quienes he compartido momentos alegres y difíciles brindándome su apoyo sin esperar nada a cambio.

Dedicado a la memoria de mi gran amigo Zeus con quien he compartido la mitad de mi vida hasta hace poco y fue parte fundamental para superar las pérdidas y problemas que son parte de la vida, por último, dedicado a Candy, Linda y Mía.

### **Steeven**

Dedicado a mi familia y amigos. Un sentimiento especial de gratitud hacia mis padres, Norma Cayambe y Rodrigo Taipicaña, cuyos consejos y palabras de me han sido de utilidad en mi vida y a mis hermanos que siempre estuvieron a mi lado.

Dedicado a mis amigos una fuente de energía que me impulsaban día a día y no dejarme caer pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron en el transcurso de mi formación académica.

## Agradecimiento

### Jorge

Un agradecimiento especial a “COTILLÓN BARRAS MÓVILES” que hizo posible este proyecto y a mi tutor Hernán Lara quien nos guio y proporcionó los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto.

Un agradecimiento a mi padre, a mi madre, a mis hermanos, a toda mi familia, y amigos quienes desde el inicio me han apoyado de todas las formas posibles en este camino por mi etapa universitaria, además quiero realizar un agradecimiento a todos mis compañeros de universidad con quienes he compartido buenos momentos y situaciones estresantes de las que hemos podido salir adelante, por último me agradezco a mí mismo por no desfallecer, para todos, ¡gracias totales!

### Steven

En primer lugar, agradezco a dios por darme salud y poder llegar a culminar una etapa muy esencial en mi formación académica.

Agradezco a mi madre, Norma Cayambe, que siempre tuvo las palabras indicadas para darme un aliento cuando estaba a punto de perecer.

Agradezco a mi padre, Rodrigo Taipicaña, por estar a mi lado en todo momento y ser una guía para seguir adelante

Agradezco a mis hermanos y hermanas que fueron mi fuente de inspiración para seguir adelante, nunca desvanecer ya que deseo que vean en mí, un ejemplo a seguir.

Agradezco a mis amigos y compañeros que me han acompañado en todo el transcurso de la universidad, con quienes he pasado buenos y malos momentos.

## Índice de Contenido

Certificación .....	3
Responsabilidad de Autoría .....	4
Autorización de Publicación .....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento .....	7
Índice de Contenido .....	8
Índice de Tablas.....	12
Índice de Figuras .....	14
Resumen.....	17
Abstract .....	18
Introducción.....	19
Antecedentes .....	19
Definición del Problema .....	20
Justificación e Importancia.....	20
Objetivos.....	21
Objetivo Principal.....	21
Objetivos Específicos .....	21
Alcance del Proyecto .....	21
Marco Teórico .....	23
Inocuidad Alimentaria y Patógenos .....	23

COVID-19: Pandemia Mundial.....	24
Transmisión .....	24
Medidas de Bioseguridad.....	25
Transportadores Continuos .....	26
Transportador por Rodillos.....	26
Transportador por Cinta .....	26
Tornillo Transportador .....	26
Transportador por Cadena .....	27
Rayos UV-C .....	27
Aplicaciones de Rayos UV-C .....	28
Desinfección de Superficies Aplicando Rayos UV-C .....	29
Diseño y Construcción.....	31
Ingeniería de Requisitos .....	31
Requerimientos y Parámetros de Diseño .....	31
La Casa de la Calidad .....	33
Solución Tradicional Versus Nuevos Enfoques.....	35
Requisitos de Confiabilidad y Seguridad .....	37
Requisitos para los Costos de Desarrollo y Fabricación .....	38
Especificación .....	38
Tiempo de Esterilización .....	42
Confiabilidad y Seguridad .....	43

	10
Limitaciones.....	43
Diseño del Sistema .....	44
Módulo o Subsistema Transportador .....	44
Módulo o Subsistema Lavado.....	84
Módulo o Subsistema de Desinfección.....	87
Módulo o Subsistema Clasificador.....	88
Diseño de Ingeniería de Control .....	91
Integración del Sistema.....	95
Modelado y Simulación.....	96
Simulación Estructura.....	96
Prototipo .....	97
Requerimientos del Sistema .....	99
Pruebas y Resultados.....	100
Pruebas de Componentes, Módulos o Subsistemas .....	100
Pruebas del Módulo Transportador.....	100
Pruebas del Módulo Lavado.....	102
Pruebas del Módulo de Desinfección .....	103
Pruebas del Módulo Clasificador .....	106
Pruebas del Sistema.....	108
Panel de Control y Sensor de Presencia .....	108
Pruebas de Fiabilidad y Seguridad.....	110

Verificación de Especificaciones.....	111
Prueba de Campo .....	112
Producción.....	113
Conclusiones y Recomendaciones .....	114
Conclusiones.....	114
Recomendaciones .....	115
Trabajos Futuros .....	116
Referencias.....	117

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Constantes y dosis promedio para grupos microbianos</i> .....	30
<b>Tabla 2</b> <i>Requerimientos de la máquina</i> .....	32
<b>Tabla 3</b> <i>Características Técnicas</i> .....	32
<b>Tabla 4</b> <i>Significado de símbolos de la matriz QFD</i> .....	33
<b>Tabla 5</b> <i>Características técnicas enlistadas en orden de importancia</i> .....	35
<b>Tabla 6</b> <i>Limitaciones de diseño</i> .....	43
<b>Tabla 7</b> <i>Peso, diámetro y altura de copas y vasos</i> .....	44
<b>Tabla 8</b> <i>Número de eslabones de cada tipo de soporte a lo largo de la cadena transportadora</i> .....	55
<b>Tabla 9</b> <i>Distribución por grupos de los tipos de soportes de los vasos y copas</i> .....	56
<b>Tabla 10</b> <i>Productividad por tipo de copa</i> .....	63
<b>Tabla 11</b> <i>Peso por elemento de cada eslabón de la cadena</i> .....	65
<b>Tabla 12</b> <i>Coeficientes de cálculo <math>f_1</math> y <math>f_2</math></i> .....	67
<b>Tabla 13</b> <i>Coeficiente de utilización <math>f_u</math></i> .....	68
<b>Tabla 14</b> <i>Características del motor JWD 25W</i> .....	69
<b>Tabla 15</b> <i>Carga admisible para el motorreductor</i> .....	70
<b>Tabla 16</b> <i>Dimensiones y características del piñón y engrane</i> .....	71
<b>Tabla 17</b> <i>Propiedades Mecánicas del Duralón</i> .....	72
<b>Tabla 18</b> <i>Dimensiones de la flecha y masa de la corona y ruedas dentadas</i> .....	75
<b>Tabla 19</b> <i>Fuerzas y Reacciones en el plano XY</i> .....	76
<b>Tabla 20</b> <i>Factor de confiabilidad CR</i> .....	83
<b>Tabla 21</b> <i>Resumen de valores empleados para calcular el diámetro de la flecha</i> .....	83
<b>Tabla 22</b> <i>Elementos sistema hidráulico</i> .....	86
<b>Tabla 23</b> <i>Características del subsistema de desinfección</i> .....	88

<b>Tabla 24</b> <i>Identificación por colores de cada soporte</i> .....	90
<b>Tabla 25</b> <i>Consumo Energético</i> .....	99
<b>Tabla 26</b> <i>Check List del funcionamiento de la cadena transportadora</i> .....	101
<b>Tabla 27</b> <i>Check List del funcionamiento de etapa de enjuague</i> .....	103
<b>Tabla 28</b> <i>Check List de inventario</i> .....	107
<b>Tabla 29</b> <i>Check List del panel de control y sensor de presencia</i> .....	109
<b>Tabla 30</b> <i>Verificación de especificaciones</i> .....	111

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Espectro Electromagnético</i> .....	27
<b>Figura 2</b> <i>Estructura del ADN antes y después a una exposición de rayos UV-C</i> .....	28
<b>Figura 3</b> <i>Metodología</i> .....	31
<b>Figura 4</b> <i>Matriz QFD</i> .....	34
<b>Figura 5</b> <i>M- iQ conveyor dishwasher</i> .....	36
<b>Figura 6</b> <i>Esterilizador UV</i> .....	36
<b>Figura 7</b> <i>Ley del Cuadrado Inverso para Luz y Radiación</i> .....	37
<b>Figura 8</b> <i>Diagrama Funcional</i> .....	39
<b>Figura 9</b> <i>División en módulos</i> .....	40
<b>Figura 10</b> <i>Descomposición física de sistema</i> .....	41
<b>Figura 11</b> <i>Copa Martini</i> .....	45
<b>Figura 12</b> <i>Soporte para Copa Martini</i> .....	45
<b>Figura 13</b> <i>Copa Agua</i> .....	46
<b>Figura 14</b> <i>Soporte para copa Agua</i> .....	46
<b>Figura 15</b> <i>Vaso Largo</i> .....	47
<b>Figura 16</b> <i>Soporte para Vaso Largo</i> .....	47
<b>Figura 17</b> <i>Copa Margarita</i> .....	48
<b>Figura 18</b> <i>Soporte para Copa Margarita</i> .....	48
<b>Figura 19</b> <i>Vaso Whisky</i> .....	49
<b>Figura 20</b> <i>Soporte para Vaso Whisky</i> .....	49
<b>Figura 21</b> <i>Copa Flauta</i> .....	50
<b>Figura 22</b> <i>Soporte para Copa Flauta</i> .....	50
<b>Figura 23</b> <i>Gráfica rpms vs paso de una cadena transportadora</i> .....	53
<b>Figura 24</b> <i>Eslabón unitario de la cadena transportadora</i> .....	54

<b>Figura 25</b>	<i>Vista de distribución de soportes a lo largo de la cadena transportadora</i> .....	55
<b>Figura 26</b>	<i>Dimensiones placa lateral (Cadena Transportadora)</i> .....	57
<b>Figura 27</b>	<i>Concentrador de esfuerzos, placa con agujero transversal</i> .....	58
<b>Figura 28</b>	<i>Cargas y reacciones presentes en el pasador</i> .....	59
<b>Figura 29</b>	<i>Diagrama de fuerza cortante del pasador</i> .....	60
<b>Figura 30</b>	<i>Diagrama de momento flector del pasador</i> .....	60
<b>Figura 31</b>	<i>Transporte de material por rodadura con guías de apoyo</i> .....	64
<b>Figura 32</b>	<i>Coeficiente de fricción (gráfico)</i> .....	66
<b>Figura 33</b>	<i>Motor JWD 25[W]</i> .....	69
<b>Figura 34</b>	<i>Flecha de transmisión de rueda dentada de la cadena transportadora</i> .....	74
<b>Figura 35</b>	<i>Diagrama de torque a lo largo de la flecha</i> .....	75
<b>Figura 36</b>	<i>Plano XY, diagrama de cuerpo libre de la flecha</i> .....	76
<b>Figura 37</b>	<i>Diagrama de Fuerza Cortante [N] en el plano XY</i> .....	77
<b>Figura 38</b>	<i>Diagrama de Momento Flector [Nm] en el plano XY</i> .....	77
<b>Figura 39</b>	<i>Plano XZ, diagrama de cuerpo libre de la flecha</i> .....	78
<b>Figura 40</b>	<i>Fuerzas y Reacciones en el plano XZ</i> .....	78
<b>Figura 41</b>	<i>Diagrama de Fuerza Cortante [N] en el plano XZ</i> .....	79
<b>Figura 42</b>	<i>Diagrama de Momento Flector [Nm] en el plano XZ</i> .....	79
<b>Figura 43</b>	<i>Momento Flector resultante</i> .....	80
<b>Figura 44</b>	<i>Resistencia a la Fatiga <math>s_n</math> vs Resistencia última a la tracción</i> .....	82
<b>Figura 45</b>	<i>Factor de tamaño</i> .....	82
<b>Figura 46</b>	<i>Aspersión plana por medio de orificio elíptico</i> .....	85
<b>Figura 47</b>	<i>Distribución sistema de enjuague</i> .....	85
<b>Figura 48</b>	<i>Esquema sistema hidráulico</i> .....	86
<b>Figura 49</b>	<i>Disposición de lámparas UV-C</i> .....	87
<b>Figura 50</b>	<i>Paredes de cabina de esterilización</i> .....	87

<b>Figura 51</b> <i>Ventana del programa destinado al inventario</i> .....	89
<b>Figura 52</b> <i>Ventana de cámara</i> .....	89
<b>Figura 53</b> <i>Hoja de cálculo con inventario</i> .....	89
<b>Figura 54</b> <i>Modelo HSV</i> .....	90
<b>Figura 55</b> <i>Tablero de control de la estación de limpieza</i> .....	92
<b>Figura 56</b> <i>Diagrama de flujo</i> .....	93
<b>Figura 57</b> <i>Integración del sistema</i> .....	95
<b>Figura 58</b> <i>Estructura de la estación de limpieza</i> .....	96
<b>Figura 59</b> <i>Factor de Seguridad (FDS) de la estación de limpieza</i> .....	97
<b>Figura 60</b> <i>Recubrimiento Externo</i> .....	98
<b>Figura 61</b> <i>Recubrimiento Interno</i> .....	98
<b>Figura 62</b> <i>Prototipo</i> .....	99
<b>Figura 63</b> <i>Fruta expuesta a la intemperie</i> .....	105
<b>Figura 64</b> <i>Fruta expuesta por 24 horas a luz UV-C</i> .....	105

## Resumen

Debido a la situación actual que afronta el mundo entero, es importante desinfectar toda superficie que tiene contacto directo con diferentes personas, por lo que, el presente trabajo consiste en el diseño y construcción de una estación de limpieza y desinfección automática con sistema clasificador para cristalería, que ayudará en el proceso de desinfección de copas y vasos a la empresa Cotillón, Servicio de catering. Por lo que se realiza el diseño de la parte mecánica, eléctrica, electrónica partiendo de los requerimientos de la empresa beneficiaria. El sistema se divide en 4 subsistemas: cadena transportadora, la cual se forma con la unión de eslabones que contienen los soportes que funcionan como medio de clasificación, enjuague, el cual funciona con 4 rociadores de aspersión plana, la etapa de esterilización la cual cuenta con 2 lámparas UV-C ubicadas a 40 centímetros de la base y finalmente el inventario, el cual consiste en llevar un control de cuantas copas y de que tipo se lavan y desinfectan en cada encendido de la máquina. La productividad de la estación de limpieza es 1800 copas o vasos por cada hora, la cadena transportadora tiene una carrera de 1,2 m los cuales recorre en 1 minuto con 20 segundos.

Palabras Claves:

- **ENJUAGUE**
- **ESTERILIZACIÓN**
- **CADENA TRANSPORTADORA**
- **SISTEMA CLASIFICADOR**

### **Abstract**

Due to the current situation facing the whole world, it is important to disinfect any surface that has direct contact with different people, therefore, this work consists of the design and construction of an automatic cleaning and disinfection station with a classifier system for glassware. , which will help the company Cotillón, Catering Service in the process of disinfection of glasses and glasses. Therefore, the design of the mechanical, electrical and electronic parts is carried out based on the requirements of the beneficiary company. The system is divided into 4 subsystems: conveyor chain, which is formed with the union of links that contain the supports that function as a means of classification, rinsing, which works with 4 flat spray sprinklers, the sterilization stage which has with 2 UV-C lamps located 40 centimeters from the base and finally the inventory, which consists of keeping track of how many glasses and what type are washed and disinfected at each machine start-up. The productivity of the cleaning station is 1800 cups or glasses per hour, the conveyor chain has a 1.2 m stroke which runs in 1 minute and 20 seconds.

Key Words:

- **RINSING**
- **STERILIZATION**
- **CHAIN CONVEYOR**
- **CLASSIFIER SYSTEM**

## **CAPÍTULO 1**

### **Introducción**

En el presente capítulo se muestran los antecedentes, situación actual sobre la pandemia, SARS-COV-2, además se plantea el alcance, justificación, objetivo general y objetivos específicos del trabajo.

#### **Antecedentes**

El nuevo síndrome respiratorio agudo severo coronavirus (SARS - CoV-2) apareció por primera vez a finales del año 2019, en Wuhan, China (Pressman et al., 2020; Wang et al., 2020). La Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró inicialmente este brote como una emergencia de salud pública de importancia internacional, sin embargo a partir del mes de marzo del 2020, se identificaría a la enfermedad como una pandemia mundial (Di Pierro et al., 2020).

La transmisión de una gripe común y el SARS-CoV-2 son similares, por tanto, el contagio se da de humano a humano, principalmente por dos vías, la primera vía de contagio se debe a las corrientes de aire, que pueden transportar gotas que se expulsan al exhalar, la segunda vía de contagio es tener contacto con superficies contaminadas por el virus (García de Abajo et al. 2020).

Como se ha dicho, uno de los mecanismos predominantes para que COVID-19 sea contagioso es la autoinoculación de fómites contaminados, es decir, sujetar o estar en contacto con alguna superficie portadora del virus. La autoinoculación podría ocurrir por una mala higiene de las manos o por no seguir las etiquetas comunes de control de enfermedades (Jayaweera et al., 2020).

La transmisión de patógenos como el SARS-CoV-2 por contacto indirecto es una de las principales causas de contagio comunitario, debido a la facilidad de ingreso del

virus al sistema, basta estar en contacto con un fómite y tocarse los ojos, nariz o boca para llegar a contagiarse. Una de las medidas para evitar la propagación de microorganismos patógenos dentro de la sociedad es desinfectar correctamente superficies de uso común, un método de desinfección germicida y de inactivación de virus es el uso de luz UV-C (Briones & Hoyos, 2020).

### **Definición del Problema**

Debido a las medidas de bioseguridad impuestas por el Comité de Operaciones de Emergencia (COE), las reuniones sociales fueron restringidas totalmente desde el mes de marzo hasta septiembre del 2020. A partir del mes de octubre del 2020, se dio paso a una nueva modalidad, en la cual se permiten reuniones sociales, con las debidas medidas sanitarias de desinfección y bioseguridad a fin de evitar más contagios.

Uno de los sectores más afectados y que tardará en reactivar su comercio es aquel que guarda relación con servicios de catering a eventos, debido a la concentración de personas en cada uno de ellos y a la manipulación constante de alimentos, recipientes y utensilios.

### **Justificación e Importancia**

La pandemia del coronavirus ha sido un detonante para demostrar que la automatización es una necesidad para los servicios alimentarios y de bebidas como los restaurantes y servicios de catering. Evitar al máximo el contacto de las personas con los alimentos y sus elementos contenedores reduce el riesgo de transmisión a través de patógenos como el Sars-CoV-2. Es así que alrededor del mundo se han desarrollado diversas aplicaciones para evitar el contacto (touchless) entre los proveedores de servicios y clientes. Los sistemas automáticos de limpieza van siendo cada vez más necesarios para obtener una limpieza y asepsia total en el lavado de implementos para

servicios de alimentos y bebidas. Lamentablemente, nuestro país no cuenta con una legislación y la conciencia ciudadana que obligue a las empresas de servicios a cumplir estándares de inocuidad alimentaria.

## **Objetivos**

### ***Objetivo Principal***

Diseñar y construir una estación de limpieza y desinfección automática de cristalería con sistema clasificador, enfocada en copas y vasos de coctelería para disminuir el riesgo de contagio por patógenos en eventos sociales.

### ***Objetivos Específicos***

Diseñar e implementar un sistema de transporte para copas y vasos de cristal.

Diseñar y construir una estación de limpieza con enjuague sobre copas y vasos de vidrio o cristal.

Diseñar un sistema clasificador empleando soportes independientes para cada tipo de copa y vaso.

Diseñar y construir una cámara de desinfección con luz UV-C considerando las precauciones necesarias para no perjudicar a la salud de los operarios, a fin de desinfectar de manera eficaz los elementos que se introduzcan dentro de la misma.

Implementar un método para realizar inventario de copas y vasos utilizando visión artificial.

## **Alcance del Proyecto**

El próximo proyecto por realizar se basa en el diseño y construcción de una estación de limpieza y desinfección orientado a copas y cristalería, esta máquina tendrá

que ser lo más apta posible para transportarse de un lugar a otro, deberá contar con un sistema de transporte, en este caso una cadena transportadora, el diseño del sistema de transporte debe ser útil para el tipo de copas que se requiera, se utiliza un tipo de soporte para cada tipo de copa, incluso el sistema de transporte tiene que ser flexible para adaptarse a diferentes tipos de copas y cristalería utilizada en eventos masivos o recreacionales.

El sistema debe enjuagar copas para su posterior desinfección con luz UV-C, además se va a llevar un registro de la cantidad y tipo de copas que fueron desinfectadas, la máquina debe tener una productividad mayor a 500 copas desinfectadas por hora.

El sistema deberá garantizar la reducción en el riesgo de contagios de enfermedades por contacto directo.

## **CAPÍTULO 2**

### **Marco Teórico**

#### **Inocuidad Alimentaria y Patógenos**

El concepto de inocuidad alimentaria implica que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparen y/o consumen de acuerdo con el uso previsto (Garantía de seguridad alimentaria, 2005).

La norma UNE - EN - ISO 22000 está orientada a sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos, la cual cuenta con requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria. Conseguir una mejor protección del consumidor y aumentar su confianza en los productos y empresas, mediante sus mecanismos de seguridad alimentaria, es uno de los objetivos de la norma ISO 22000 (Limón, 2006).

El Sistema de Gestión de la Inocuidad de los Alimentos se apoya, básicamente en (Garantía de seguridad alimentaria, 2005):

- La identificación de los peligros que se relacionen con la inocuidad del alimento en todo el proceso.
- La comunicación a lo largo de la cadena alimentaria de todo lo relacionado con la inocuidad de los alimentos.
- La comunicación de todo lo relacionado con el sistema a través de toda la organización, en el grado necesario para garantizar la inocuidad de los productos que se elaboran.
- La verificación y actualización del sistema con frecuencia, sobre todo en lo referido a nuevos peligros y a los cambios en la organización.

## **COVID-19: Pandemia Mundial**

En diciembre de 2019, se produjo un brote de una nueva infección por coronavirus (COVID-19) en Wuhan, China. Aunque China lanzó una respuesta de emergencia al comienzo del brote, la infección se extendió rápidamente en las áreas metropolitanas de China y en todo el mundo (Liu et al., 2020).

### ***Transmisión***

Se ha postulado tres modos en los que el virus de la gripe puede transmitirse: transmisión de gotas, transmisión directa e indirecta de contacto.

La transmisión de gotas se produce por la pulverización directa de gotas grandes cuando un paciente infectado estornuda, habla o tose. Mientras tanto, se puede dar la transmisión, cuando existe contacto físico directo entre un individuo infectado y un huésped susceptible o incluso el contacto indirecto con secreciones infecciosas en fómites pueden causar la transmisión del virus (Hung, 2003).

La transmisión de una gripe común y el COVID-19 son similares, por tanto, el contagio se da por contacto humano a humano, principalmente por gotitas respiratorias y rutas de contacto. Uno de los mecanismos predominantes para que COVID-19 sea contagioso es la autoinoculación de fómites contaminados, es decir, sujetar o estar en contacto con alguna superficie portadora del virus. La autoinoculación podría ocurrir por una mala higiene de las manos o por no seguir las etiquetas comunes de control de enfermedades (Jayaweera et al., 2020).

A menudo se dice que el SARS-CoV-2 se transmite a través de gotas generadas cuando una persona sintomática tose, estornuda, habla o exhala (Morawska & Cao, 2020). Algunas de estas gotas son demasiado pesadas para permanecer en el aire, y más bien caen en pisos o superficies cercanas. Los fómites recogen gotitas

contaminadas con SARS-CoV-2, y el contacto de esas superficies por un huésped susceptible se infectaría si posteriormente al contacto las manos son llevadas a los ojos, nariz o boca.

### ***Medidas de Bioseguridad***

Las medidas de bioseguridad son un conjunto de conductas requeridas a ser adoptadas por la comunidad con el objetivo de reducir o eliminar los riesgos de contagio entre personas, comunidades o al medio ambiente (Bertocchi & De, 2017).

La transmisión por contacto indirecto es una de las principales causas de contagio comunitario, debido a la facilidad de ingreso del virus a nuestro sistema, basta estar en contacto con un fómite y tocarse los ojos, nariz o boca para llegar a contagiarse. Para evitar este contagio, se plantea la medida de bioseguridad de lavarse constantemente las manos y desinfectar objetos de uso común.

El virus al ser imperceptible en cualquier superficie se puede llegar a tener contacto con algún fómite y sin darse cuenta, las manos estarán infectadas. Posterior a ello, puede que consciente o inconscientemente se lleven las manos a la cara para sobarse un ojo, rascarse la nariz o incluso ingerir algún alimento directamente con las manos, estas acciones producirán el ingreso del virus a nuestro sistema debido a que nuestras manos estaban contagiadas.

El distanciamiento social de 2m a la redonda y el uso de mascarilla es una medida de bioseguridad que previene el contagio directo entre un portador del virus y una persona sana.

## **Transportadores Continuos**

Los transportadores continuos, son dispositivos de transporte mecánicos, neumáticos e hidráulicos con los que el material a manipular se puede mover de forma continua sobre una pista de transporte de longitud limitada desde el punto de alimentación hasta el punto de descarga, posiblemente a velocidad variable o en un ciclo fijo (Alles, 2008).

### ***Transportador por Rodillos***

El recorrido del sistema de transporte consta de una serie de rodillos perpendiculares a la dirección de desplazamiento. Los rodillos motorizados giran para impulsar las cargas hacia adelante, las cuales deberán tener un fondo plano para abarcar varios rodillos a la vez (Hafman, 2017).

### ***Transportador por Cinta***

El sistema de transporte consta con una cinta en bucle continuo con trayectoria de avance para mover las cargas presentes en la misma. Emplean rodillos motores en los extremos, su funcionamiento es gracias a la fuerza de rozamiento presente entre el rodillo motriz y la cinta (Hafman, 2017).

Existen dos configuraciones de este sistema de transporte:

- Cinta plana
- Forma de V para material a granel

### ***Tornillo Transportador***

Utiliza una hoja de tornillo helicoidal giratoria para mover productos a granel, como materiales líquidos o granulares. Una hoja en espiral enrollada alrededor de un eje, impulsada por un motor en un extremo y sostenida por el otro (Hafman, 2017).

### **Transportador por Cadena**

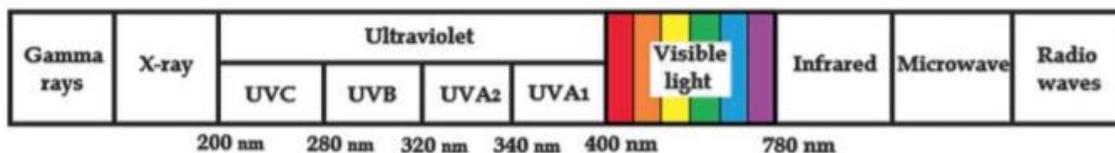
El sistema de transporte consiste en bucles de cadena en una configuración por encima y por debajo alrededor de ruedas dentadas motorizadas en los extremos del camino. Las cadenas viajan a lo largo de canales en el piso que brindan soporte a las secciones de cadena flexibles (Hafman, 2017).

### **Rayos UV-C**

La luz solar en la superficie terrestre consiste principalmente en radiación de longitud de onda corta (rayos cósmicos, gamma y X) y radiación de longitud de onda larga (UV, visible e infrarroja) (Christensen et al., 2017).

**Figura 1**

*Espectro Electromagnético*



*Nota:* Tomado de *Ultraviolet Light in Human Health, Diseases and Environment* (p. 90), por L. Christensen, et. Al., 2017, Springer International Publishing

Dentro del espectro UV, ultravioleta, se tiene 3 clasificaciones según la longitud de onda (Meulemans, 1987):

- UV-C entre 200 – 280 nm
- UV-B entre 280 – 315 nm
- UV-A entre 315 – 400 nm

La irradiación germicida ultravioleta (UVGI) es una radiación electromagnética que puede destruir la capacidad de los microorganismos para reproducirse provocando cambios fotoquímicos en los ácidos nucleicos. Las longitudes de onda en el rango de

UV-C son especialmente dañinas para las células porque son absorbidas por ácidos nucleicos. La eficacia germicida de la UVC alcanza su punto máximo a aproximadamente 260–265 nm (Kowalski, 2009).

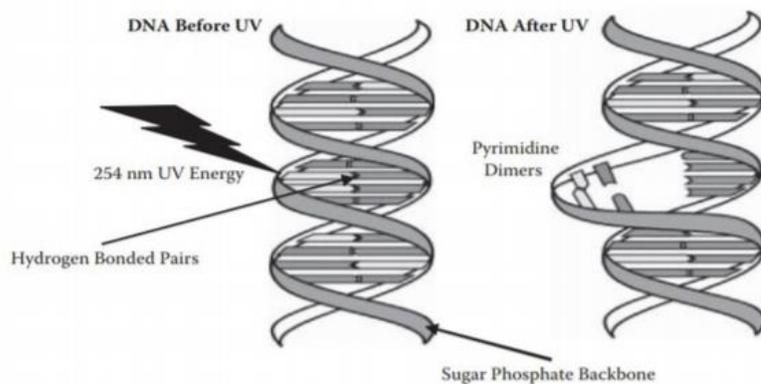
### **Aplicaciones de Rayos UV-C**

Los efectos desinfectantes de la radiación UV-C son bastante conocidos e implementados. La luz ultravioleta es uno de los medios probados para tratar aguas, aire o superficies contaminadas biológicamente, siempre que el objetivo esté cerca de la fuente de radiación (Hardjawinata et al., 2005; Zuber & Brüssow, 2020).

La luz UV-C se ha aplicado en la esterilización durante más de un siglo, las lámparas de fluorescencia son fuentes muy utilizadas para producir luz a una longitud de onda de 254 nm, que inactiva los patógenos mediante una absorción eficiente por su ADN o ARN, como se observa en la Figura 2 (García et al., 2020).

#### **Figura 2**

*Estructura del ADN antes y después a una exposición de rayos UV-C*



*Nota:* Tomado de *Ultraviolet Light in Human Health, Diseases and Environment* (p. 90), por L. Christensen, et. Al., 2017, Springer International Publishing

La eficiencia de inactivación crece exponencialmente con la dosis, que es proporcional tanto al tiempo de exposición como a la intensidad de la luz, como se muestra en (1) (Kowalski, 2009, p. 52).

$$D = E_t \cdot I_R \quad (1)$$

Donde

D: Dosis de exposición a rayos UV-C, J/m<sup>2</sup>

$E_t$ : tiempo de exposición, s

$I_R$ : Irradiancia, W/cm<sup>2</sup>

### **Desinfección de Superficies Aplicando Rayos UV-C**

La ecuación (2), calcula la dosis a emplearse para determinado porcentaje de inactivación de bacterias, virus, entre otros (Kowalski, 2009).

$$D_i = \frac{-\ln(1 - i)}{k} \quad (2)$$

Donde

$i$ : porcentaje de inactivación

$k$ : constante para inactivación de la bacteria o virus en cuestión

Se calcula la fórmula para una inactivación del 90% de alguna bacteria o virus en función de la constante  $k$  (Kowalski, 2009).

$$D_{90} = -\frac{\ln(1 - 0,90)}{k} = \frac{2,3026}{k}$$

La Tabla 1 muestra las constantes de inactivación,  $k$ , y la dosis a exposición UV-C para una inactivación del 90%,  $D_{90}$ .

**Tabla 1**

*Constantes y dosis promedio para grupos microbianos*

Microbio	Tipo	Agua		Superficies	
		UV <i>k</i> m <sup>2</sup> /J	<i>D</i> <sub>90</sub> mJ/cm <sup>2</sup>	UV <i>k</i> m <sup>2</sup> /J	<i>D</i> <sub>90</sub> mJ/cm <sup>2</sup>
Bacteria	Vegetal	0,08463	2,7	0,14045	1,6
Virus	Todos	0,05798	4	0,03156	7,3
Esporas Bacterianas	Esporas	0,01439	16	0,01823	12,6
Células de hongos y levadura	Vegetal	0,01008	22,9	0,00700	32,9
Esporas de hongos	Esporas	0,00916	25,1	0,00789	29,0

*Nota:* Resumen de las constantes de la tasa de UV-C y los valores D90 para bacterias, virus y hongos en el agua y superficies. Tomado de *Ultraviolet Light in Human Health, Diseases and Environment* (p. 90), por L.

Christensen, et. Al., 2017, Springer International Publishing

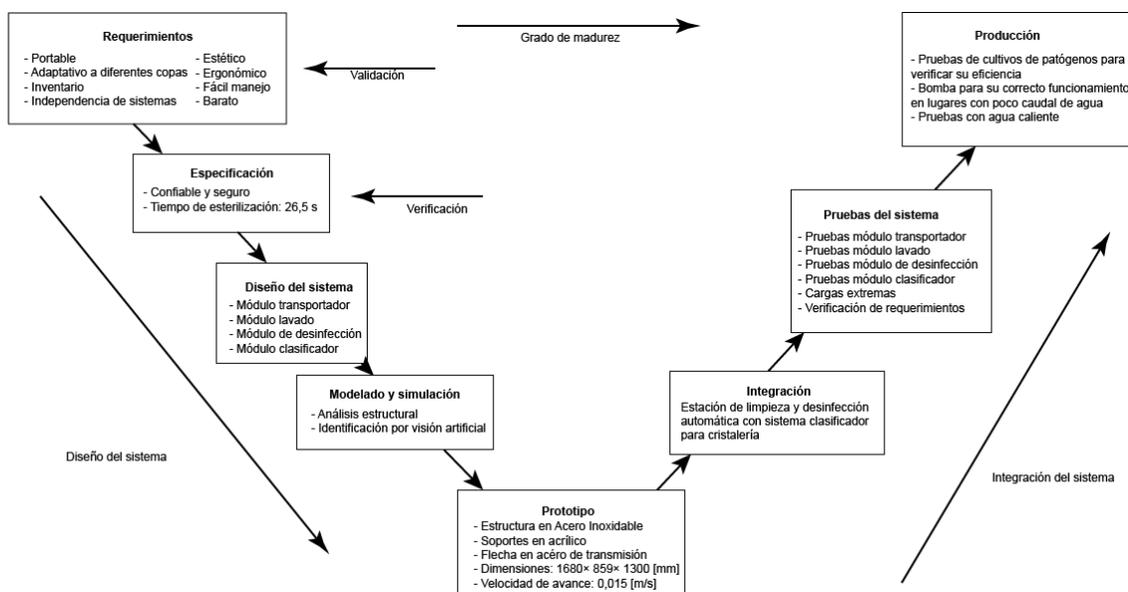
## CAPÍTULO 3

### Diseño y Construcción

La metodología usada para el diseño del presente proyecto se representa en forma de un modelo en "V" de acuerdo con la norma VDI 2206 ("Design methodology for mechatronic systems") (Grassler & Hentze, 2020).

**Figura 3**

*Metodología*



*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

El diseño y desarrollo del sistema de lavado se indica en los siguientes pasos:

### Ingeniería de Requisitos

#### *Requerimientos y Parámetros de Diseño*

Para realizar la Casa de la Calidad (QFD) a continuación enlistamos las necesidades o requerimientos que va a cubrir la máquina para el cliente.

**Tabla 2***Requerimientos de la máquina*

Nº	Requerimiento
1	Portable para ser transportada en un vehículo de carga convencional
2	Adaptable a diferentes formas de copas
3	Costo de producción barato
4	Registro de copas enjuagadas y desinfectadas
5	Sistema clasificador de copas
6	Sistema de enjuague y desinfección independientes
7	Estética
8	Ergonómica
9	Montaje y desmontaje fácil del sistema de transporte
10	Fácil manejo

*Nota:* Los requerimientos antes mencionados fueron obtenidos directamente del cliente.

Los requerimientos del cliente mencionados en la Tabla 2 se traducen en las siguientes características técnicas.

**Tabla 3***Características Técnicas*

Nº	Característica Técnica
1	Tamaño compacto
2	Diseño de moldes armables para diferentes formas de copas
3	Uso de distintos y no convencionales procesos de manufactura
4	Identificación de tipos de copas por visión artificial
5	Registro de datos
6	Señales de control independientes para cada sistema
7	Selección de materiales estéticos a la vista cuidando su funcionalidad
8	Aplicación de normas de ergonomía
9	Diseño del sistema de transporte que permita armarse y desarmarse de manera fácil
10	Interfaz con el usuario amigable

Nº	Característica Técnica
11	Diseño Estructural

*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

### ***La Casa de la Calidad***

Para interpretar la matriz QFD se ponen a consideración la Tabla 4 en la que se muestran símbolos que indican una ponderación de relación y correlación entre los requerimientos y características técnicas.

**Tabla 4**

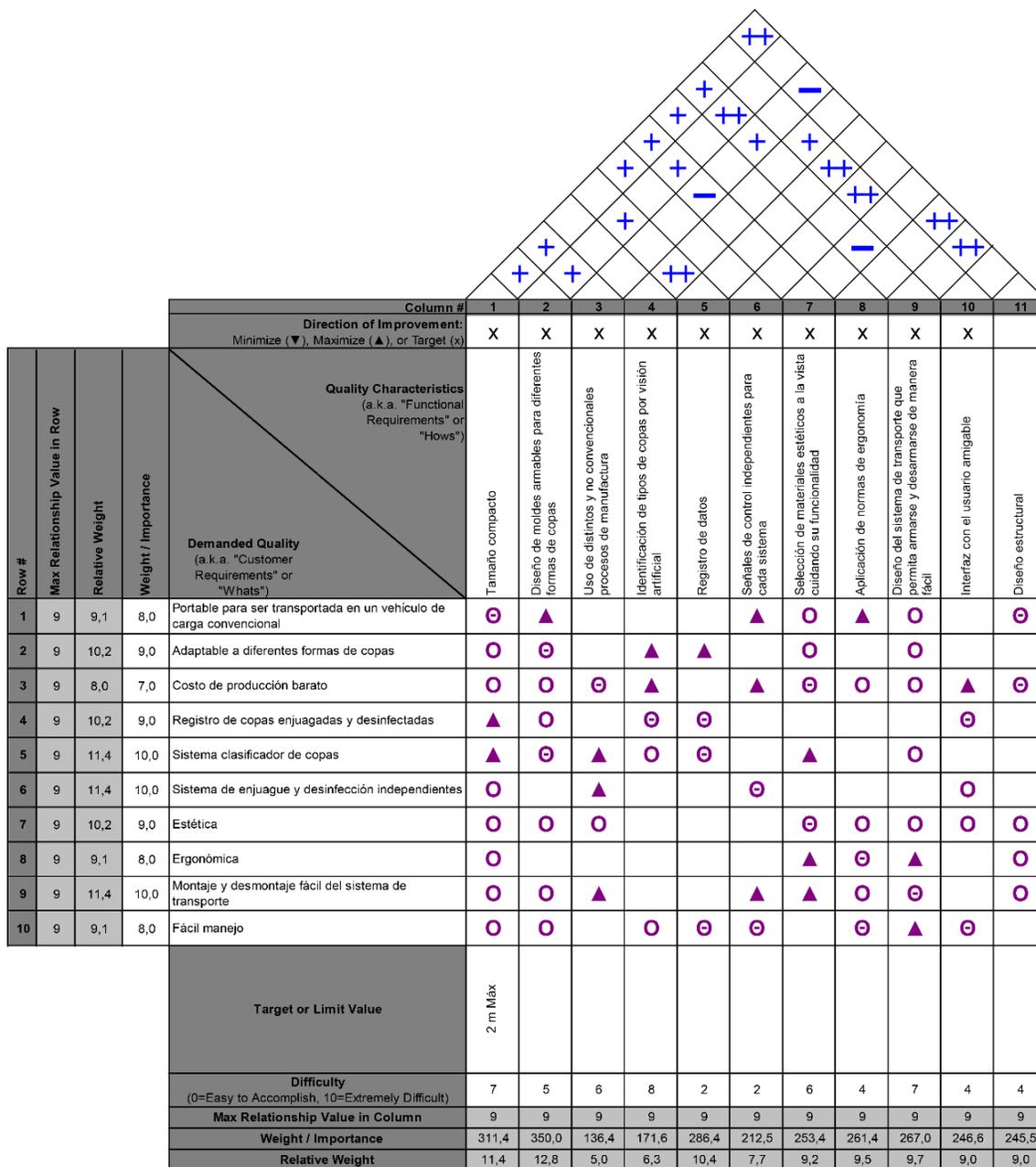
*Significado de símbolos de la matriz QFD*

Símbolo	Significado
⊙	Fuerte relación
○	Relación moderada
▲	Débil relación
++	Fuerte correlación positiva
+	Correlación positiva
-	Correlación Negativa

*Nota:* Los símbolos descritos tienen un valor propio dentro de la matriz QFD.

Habiendo ya mencionado los requerimientos y características técnicas de la máquina en la Tabla 2 y Tabla 3 respectivamente, se realiza a continuación la matriz QFD.

**Figura 4**  
Matriz QFD



Nota: La matriz QFD debe llenarse con atención.

A continuación, en la Tabla 5 se enlista las características técnicas en orden de importancia para tomar en cuenta dentro del diseño y construcción de la máquina.

**Tabla 5***Características técnicas enlistadas en orden de importancia*

Nº	Característica	Ponderación
1	Diseño de moldes armables para diferentes formas de copas	12,8
2	Tamaño compacto	11,4
3	Registro de datos	10,4
4	Diseño del sistema de transporte que permita armarse y desarmarse de manera fácil	9,7
5	Aplicación de normas de ergonomía	9,5
6	Selección de materiales estéticos a la vista cuidando su funcionalidad	9,2
7	Interfaz con el usuario amigable	9
8	Diseño Estructural	9
9	Señales de control independientes para cada sistema	7,7
10	Identificación de tipos de copas por visión artificial	6,3
11	Uso de distintos y no convencionales procesos de manufactura	5

*Nota:* El valor de ponderación más alto indica mayor importancia.

### ***Solución Tradicional Versus Nuevos Enfoques***

Tanto en el mercado nacional como internacional, no existen dispositivos que enjuaguen y esterilicen vajilla como platos, vasos, cubiertos, etc. Se pueden encontrar dispositivos que ofrecen esos servicios de manera independiente

Dentro del mercado nacional e internacional existen lavavajillas especializadas únicamente en lavar y enjuagar platos, cubiertos, cristalería, vasos o copas. La empresa MEIKO, es especialista en lavavajillas con sistema transportador, un ejemplo de los productos ofertados es el modelo “M-iQ” (Figura 5), el cual consta de etapas de enjabonado, enjuague y secado.

**Figura 5**

*M- iQ conveyor dishwasher*



*Nota:* Tomado de Meiko. [https://www.meiko.us/en\\_us/products/commercial-dishwashers/flight-type-dishwashers/m-iq-flight-type-dishwasher/](https://www.meiko.us/en_us/products/commercial-dishwashers/flight-type-dishwashers/m-iq-flight-type-dishwasher/)

La empresa MC Sterilizer, en la ciudad de Quito, dispone de cabinas de esterilización UV, de poco volumen, similar a un pequeño horno microondas. El dispositivo cuenta con una lámpara UV-C de 15 [W] ubicada en la parte superior de la bóveda.

**Figura 6**

*Esterilizador UV*



*Nota:* Tomado de MC Sterilizer. <https://www.facebook.com/esterilizador/>

### **Requisitos de Confiabilidad y Seguridad**

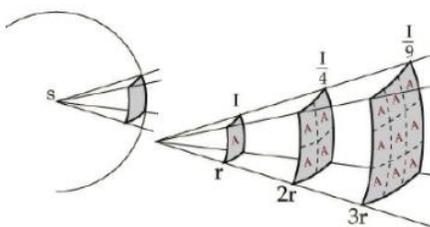
La inocuidad alimentaria se refiere a que ningún alimento o utensilio empleado para consumir alimentos cause daño al consumidor cuando haga uso de estos. Al emplear un sistema de esterilización de copas y vasos, aumenta la confianza y seguridad de los usuarios al momento de usar estos elementos, ya que se encontrarán libres de cualquier tipo de patógeno que les causaría cualquier tipo de daño.

**Desinfección por Rayos UV.** La desactivación del virus SARS-CoV-2 al 99% se consigue empleando una dosis de rayos UV-C de  $3,7 \text{ mJ}/\text{cm}^2$  logrando eliminar cualquier signo de replicación viral, mientras que para una inactivación completa del virus se consigue con una dosis de  $16,9 \text{ mJ}/\text{cm}^2$  (Biasin et al., 2021).

Se aplica la ley del cuadrado inverso, es decir, la intensidad de irradiación es inversa al cuadrado de la distancia en la cual se encuentra la fuente de radiación, como lo muestra la Figura 7 (Voudoukis & Oikonomidis, 2017).

**Figura 7**

*Ley del Cuadrado Inverso para Luz y Radiación*



*Nota:* Una cantidad o intensidad física especificada es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia desde la fuente de esa cantidad física (Voudoukis & Oikonomidis, 2017).

$$I = \frac{S}{d^2} \quad (3)$$

Donde,  $I$  es Intensidad,  $S$  es la fuente de la unidad física y  $d$  es la distancia a la misma.

Las lámparas empleadas para la desinfección, conseguidas en el mercado local tienen una intensidad de radiación ultravioleta de  $51 \mu W/cm^2$ , medidos a 1 metro de distancia (MC Sterilizer, 2020).

Empleando (3), podemos determinar la intensidad de radiación de la cabina de desinfección, ya que las lámparas se encontrarán a 40 cm de la base del transporte para copas.

$$I_1 \times d_1^2 = I_2 \times d_2^2$$

$$51 \frac{\mu W}{cm^2} \times (100cm)^2 = I_2 \times (40cm)^2$$

$$I_2 = 318,75 \left[ \frac{\mu W}{cm^2} \right]$$

### ***Requisitos para los Costos de Desarrollo y Fabricación***

El presente proyecto se realizó con una inversión por parte de la empresa Cotillón, barras móviles, la cual fue de \$1 500 dólares considerando costos de materiales y fabricación de la estación de limpieza.

Todos los elementos empleados en el proyecto fueron obtenidos dentro del mercado nacional, facilitando la accesibilidad y la compra de todos ellos.

### **Especificación**

El proceso inicia con la puesta de copas o vasos sobre la cadena transportadora en su respectivo soporte, seguido pasa a la zona de enjuague en donde con ayuda de rociadores de aspersion plana, se liberan del jabón presente en las mismas.

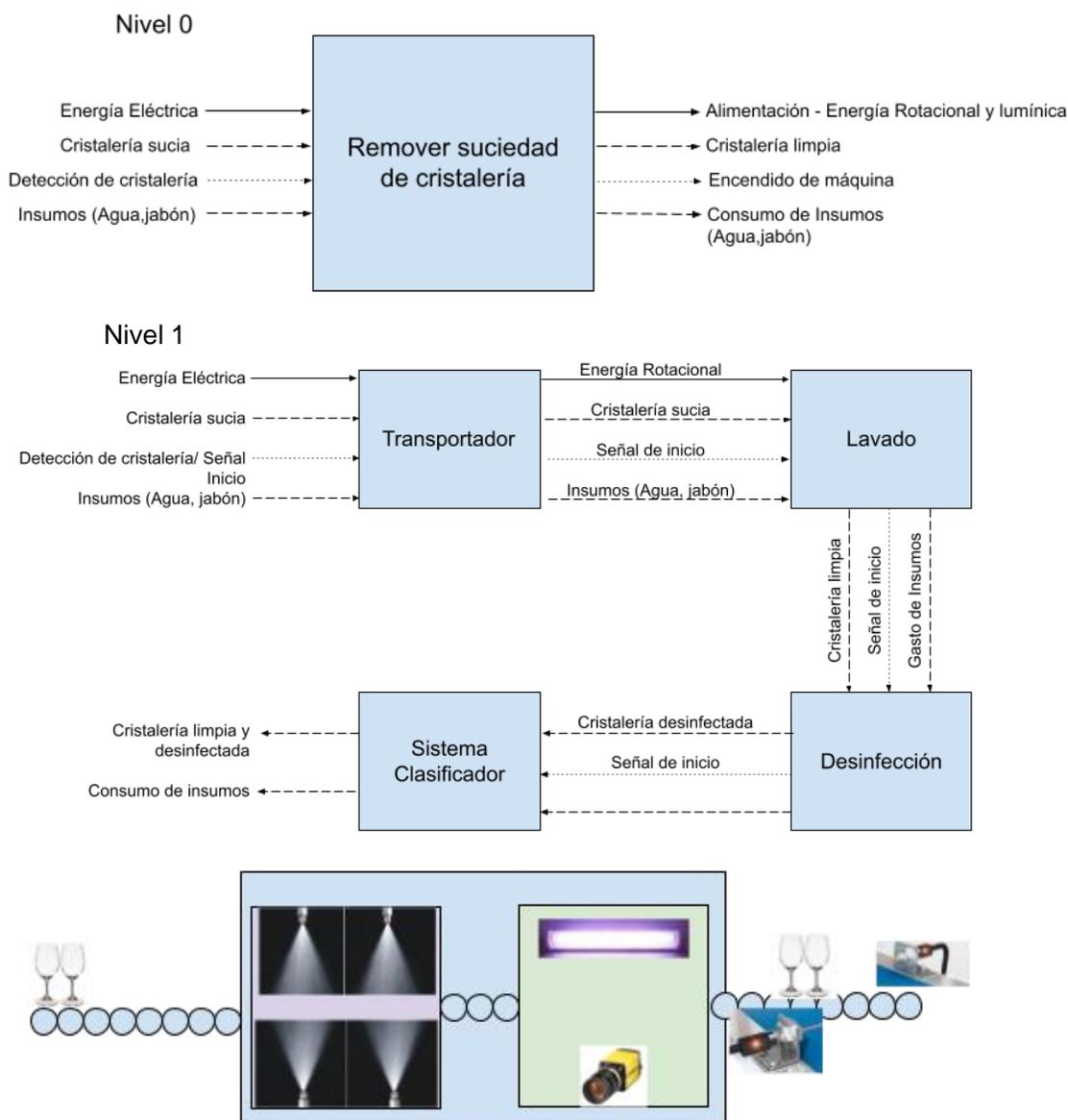
Inmediatamente se encuentra la zona de desinfección, en la cual por medio de

lámparas UV-C, se esterilizarán las copas o vasos que pasan por el módulo; al interior

de esta zona se encuentra una cámara web la cual con ayuda de visión por computadora se llevará un inventario de cada copa o vaso ingresado al dispositivo.

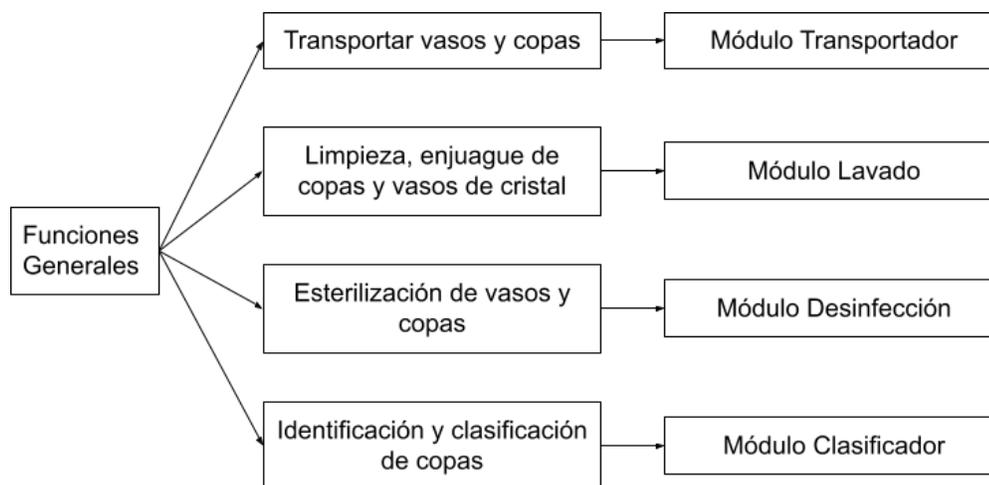
**Figura 8**

*Diagrama Funcional.*



*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

Una vez descrito el proceso de manera general, se procede a dividir el mismo en módulos manejables, los cuales se muestran en la Figura 9.

**Figura 9***División en módulos*

*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

La función transportar vasos y copas es la encargada de trasladar a las mismas desde el inicio del proceso, enjuague, al final de este, esterilización pasando por la etapa de clasificador.

La función limpieza y enjuague es la encargada de rociar las copas enjabonadas con agua, a fin de remover todos los indicios de jabón presentes.

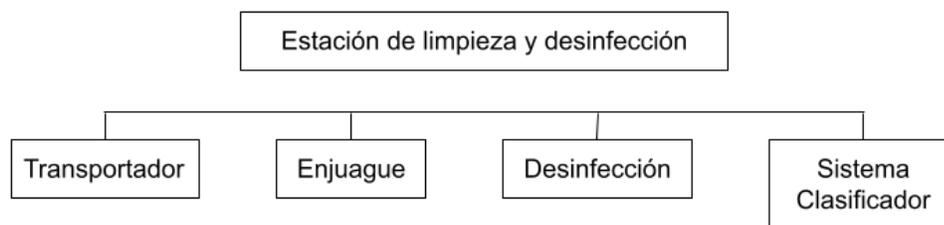
La función esterilización, una vez las copas o vasos fueron enjuagados, en esta etapa se esterilizarán, es decir, se eliminarán cualquier tipo de patógeno presente salvaguardando la integridad de los usuarios.

Finalmente, en la etapa de clasificación, se identificarán las copas ingresadas al dispositivo y se llevará un inventario de aquellas que fueron ingresadas a la estación de limpieza.

Se realiza una descomposición física, en base a los módulos presentes en la estación de limpieza. Los módulos descompuestos del sistema se muestran en la Figura 10.

**Figura 10**

*Descomposición física de sistema*



*Nota:* Descomposición física del sistema realizada en los 4 módulos principales de éste.

El módulo transportador es una cadena transportadora con la unión de varios eslabones que se compone principalmente de los soportes de los vasos y copas. Existen otros elementos como: rodamientos, platinas, tuercas que ayudan a la conexión y movilidad de los eslabones y la cadena transportadora.

EL módulo de limpieza consta de tuberías, rociadores de aspersion plana, válvula solenoide que permite el paso de agua hacia los rociadores y en caso de ser necesario, una bomba presurizadora, solo en caso de no tener presión adecuada en la toma de agua, ya que los rociadores funcionan idealmente conectados únicamente a la salida de agua de cualquier domicilio.

El módulo de desinfección cuenta con lámparas UV-C destinadas a la esterilización de copas y vasos, para eliminar cualquier tipo de patógeno, virus u hongos que estén presentes en los vasos o copas.

El sistema clasificador con ayuda de visión por computadora identifica las copas ingresadas a la estación de limpieza y lleva un inventario en una hoja de cálculo de la cantidad de copas esterilizadas en el día.

### **Tiempo de Esterilización**

La dosis de radiación UV-C está definida por el producto de la intensidad de radiación por el tiempo de exposición a la misma (Qualls et al., 1983).

$$Dosis = Intensidad \times tiempo \text{ de exposición} \quad (4)$$

Biasin et al. (2021), menciona que la dosis para tener una inactivación completa del Sars-CoV-2 es de  $16,9 \text{ mJ/cm}^2$  y una vez calculada la intensidad de radiación ultravioleta,  $318,75 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$  se procede a calcular el tiempo de exposición empleando (4).

$$16,9 \frac{\text{mJ}}{\text{cm}^2} = 318,75 \frac{\mu\text{W}}{\text{cm}^2} \times \text{Tiempo de exposición}$$

$$\text{Tiempo de exposición} = \frac{16,9 \times 10^{-3} [\text{J}]}{318,75 \times 10^{-6} [\text{W}]}$$

$$\text{Tiempo de exposición} = 53,019 [\text{s}]$$

Para disminuir el tiempo de exposición en la estación de desinfección por rayos UV-C, se aumenta una lámpara ultravioleta, disminuyendo el tiempo de exposición a la mitad.

$$T_{exp} = \frac{53,019 [\text{s}]}{2}$$

$$T_{exp} = 26,5 [\text{s}]$$

### **Confiabilidad y Seguridad**

No existe contacto visual directo a los rayos UV-C emitidos por las lámparas instaladas dentro de la cabina de esterilización. Existen paneles, tapas, que evitan el contacto visual directo, por lo cual no existe ningún riesgo para el operario al usar la estación de limpieza.

Por seguridad se cuenta con un sensor de presencia al final del recorrido de la cadena transportadora a fin de detener la cadena transportadora en caso de no ser retirada la cristalería al final, evitando así accidente, caídas de copas/vasos.

### **Limitaciones**

Las limitaciones que se deben tener en consideración se presentan en la Tabla 6. Es importante tomar en consideración estos aspectos ya que el prototipo debe cumplir todas las limitaciones indicadas por el cliente.

**Tabla 6**

*Limitaciones de diseño*

Condición	Limitación
Tamaño	Poder ser transportada en una camioneta. Largo máximo: 2m
Peso	No mayor a: 70 kg
Potencia	Consumo no mayor a 110 [W]
Alimentación	110 [V]
Caudal	6 l/min (toma de agua)
Presión	3 bar (toma de agua)

*Nota:* Limitaciones impuestas por la empresa Cotillón

## Diseño del Sistema

Una vez obtenidas las especificaciones y requerimientos del cliente, se realiza el diseño de cada módulo identificado previamente.

### ***Módulo o Subsistema Transportador***

Un parámetro importante en el diseño de la cadena transportadora es el paso de esta, el cual depende del diámetro mayor de las copas que serán transportadas.

**Tabla 7**

*Peso, diámetro y altura de copas y vasos*

Copa	Masa [kg]	Apertura de copa o vaso [mm]	Altura [mm]
Martini	0,247	110	165
Agua	0,254	80	190
Largo	0,296	65	150
Margarita	0,252	115	155
Whisky	0,315	62	57
Flauta	0,211	50	205

*Nota:* La tabla contiene características físicas de peso y dimensiones de manera general de cada copa y vaso.

De acuerdo con la Tabla 7, el diámetro mayor de todas las copas es *115mm*, que corresponde al diámetro de la copa Margarita, con este valor se determina el paso de la cadena transportadora, el cual es 120 mm.

Según la demanda dentro del servicio de catering en lo que respecta a bebidas, la empresa COTILLÓN, menciona lo siguiente: mayor capacidad de limpieza y desinfección para copas de Martini, Agua y vaso largo, mientras que en menor capacidad las copas de Margarita, Flauta y vaso de whisky. La demanda es tomada en cuenta, al momento de implementar la cadena transportadora.

**Soporte para Copa Martini.** Es una copa clásica y elegante, presente en cualquier servicio de coctelería. Su forma es de cono invertido en forma de “Y”, con una base larga y una boca de gran apertura, tal como se observa en la Figura 11 (The Beer Times, 2020).

**Figura 11**

*Copa Martini*

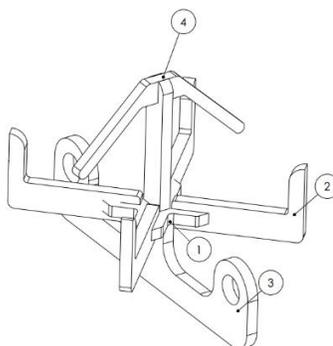


*Nota:* Las medidas de la copa fueron obtenidas directamente de una copa entregada por la empresa COTILLON y renderizado.

En base a la forma característica de la copa Martini y al sólido dibujado, el soporte diseñado para la misma se presenta en la Figura 12. El diseño se encuentra en el Anexo Planos – Soporte Martini

**Figura 12**

*Soporte para Copa Martini*



*Nota:* 1) Cuadrado que junta los apoyos a asentar en la cabeza de la copa, 2) Apoyos para la cabeza de la copa, 3) Enlace con el resto de los apoyos y soporte principal y 4) apoyo superior transversal que se ajusta a la forma de la copa.

**Soporte para Copa Agua.** Es una copa de gran tamaño, ligeramente abombada que se utiliza para tomar el agua, similar a las copas de vino tinto y vino blanco. Se diferencia del resto de las copas abombadas por ser la más grande de todas. En la Figura 13 se puede observar la forma característica de esta copa (The Beer Times, 2020).

**Figura 13**

*Copa Agua*

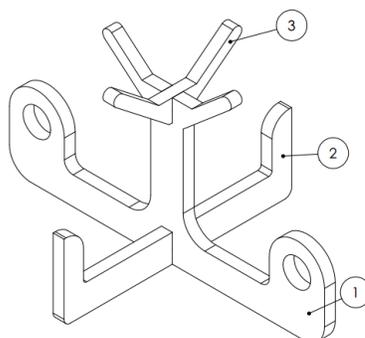


*Nota:* Las medidas de la copa fueron obtenidas directamente de una copa entregada por la empresa COTILLON, fue dibujada y renderizada.

En base a la forma abombada de la copa Agua y al elemento dibujado, el soporte diseñado para la misma se presenta en la Figura 14. El diseño se encuentra en el Anexo Planos – Soporte Agua

**Figura 14**

*Soporte para copa Agua*



*Nota:* 1) Enlace con el resto de los apoyos y soporte principal, 2) Apoyo para la cabeza de la copa y 3) apoyo superior transversal que se ajusta a la forma de la copa.

**Soporte para Vaso Largo.** También conocido como Highball, es uno de los vasos más utilizados en el servicio de bares y coctelería. Es un vaso alto y estrecho, apto para tragos largos con un contrapeso en la base, como se muestra en la Figura 15 (The Beer Times, 2020).

**Figura 15**

*Vaso Largo*

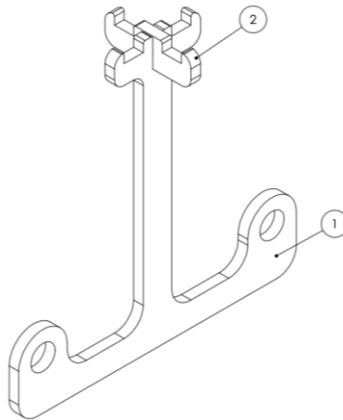


*Nota:* Las medidas de del vaso fueron obtenidas directamente de un vaso entregado por la empresa COTILLON, fue dibujado y renderizado.

En base al elemento modelado, el soporte que servirá para este vaso se muestra en la Figura 16. El diseño se encuentra en el Anexo Planos – Soporte Largo

**Figura 16**

*Soporte para Vaso Largo*



*Nota:* 1) Enlace con el resto de los apoyos y soporte principal y 2) apoyo superior transversal que se ajusta a la base del vaso

**Soporte para Copa Margarita.** La copa Margarita es similar a la copa Martini, es de tallo alto y una base mediana con una ancha apertura de la boca que a continuación se estrecha formando una pequeña taza hacia el final, la forma de la copa se puede apreciar en la Figura 17 (The Beer Times, 2020).

**Figura 17**

*Copa Margarita*

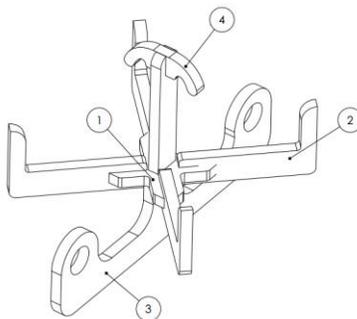


*Nota:* Las medidas de la copa fueron obtenidas directamente de una copa entregada por la empresa COTILLON, fue dibujada y renderizada.

En base a la forma característica de la copa Margarita y al sólido dibujado, el soporte diseñado para la misma se presenta en la Figura 18. El diseño se encuentra en el Anexo Planos – Soporte Margarita

**Figura 18**

*Soporte para Copa Margarita*



*Nota:* 1) Cuadrado que junta los apoyos a asentar en la cabeza de la copa, 2) Apoyos para la cabeza de la copa, 3) Enlace con el resto de los apoyos y soporte principal y 4) apoyo superior transversal que se ajusta a la forma de la copa.

**Soporte para Vaso Whisky.** También conocido como Rock Glass, es un vaso ideal para servir whisky o bourdon y muy utilizado para diferentes tipos de cócteles, especialmente para aquellos que necesitan una gran cantidad de hielo, la forma del vaso se puede observar en la Figura 19 (The Beer Times, 2020).

**Figura 19**

*Vaso Whisky*

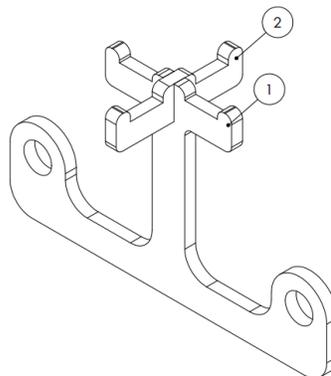


*Nota:* Las medidas de del vaso fueron obtenidas directamente de un vaso entregado por la empresa COTILLON, fue dibujado y renderizado.

En base al elemento modelado, el soporte que servirá para este vaso se muestra en la Figura 20. El diseño se encuentra en el Anexo Planos – Soporte Whisky

**Figura 20**

*Soporte para Vaso Whisky*



*Nota:* 1) Enlace con el resto de los apoyos y soporte principal y 2) apoyo superior transversal que se ajusta a la base del vaso

**Soporte para Copa Flauta.** Es una copa estrecha y alargada con una base pequeña y un cuello mediano o largo, se utiliza especialmente para champagne ya que su forma permite evitar que las burbujas escapen, en la Figura 21 se puede observar la forma de la copa (The Beer Times, 2020).

**Figura 21**

*Copa Flauta*

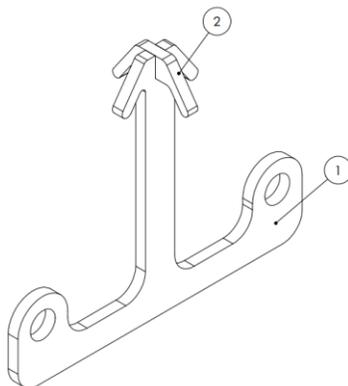


*Nota:* Las medidas de la copa fueron obtenidas directamente de una copa entregada por la empresa COTILLON fue dibujada y renderizada.

En base a la forma característica de la copa Flauta y al sólido dibujado, la Figura 22 presenta el soporte diseñado para la copa. El diseño se encuentra en el Anexo Planos – Soporte Flauta.

**Figura 22**

*Soporte para Copa Flauta*



*Nota:* 1) Enlace con el resto de los apoyos y soporte principal y 2) apoyo superior transversal que se ajusta a la base del vaso.

La unión para todos los soportes se realiza con pegamento para acrílico, al estilo de un rompecabezas, debido a no estar sometido a grandes esfuerzos, sino únicamente al peso de cada copa, es ideal para la aplicación. El pegamento para acrílico puede estar en contacto con alimentos o recipientes que contengan los mismos, cuarenta y ocho horas después de su aplicación, es decir, cuando se encuentre seco en su totalidad (Avance y Tecnología en Plásticos, 2015).

**Rueda Dentada.** Dado que el paso es muy grande y la velocidad es demasiado pequeña, se puede emplear una rueda dentada con 6 dientes, se emplea (5) para calcular el diámetro de paso de la misma (Holbery & Houston, 2006, p. 290).

$$Dp = \frac{p}{\sin\left(\frac{180}{N}\right)} = 240 \text{ mm} \quad (5)$$

Donde:

$Dp$ : diámetro de paso de la rueda dentada - mm

$p$ : paso – 120 mm

$N$ : número de dientes – 6

En (6), se calcula el diámetro externo de la rueda dentada y en (7) el diámetro interno de la misma (ŘETĚZY VAMBERK, 2016).

$$De = Dp + (0,55 \div 0,8) \times D \quad (6)$$

$$Di = Dp - D \quad (7)$$

Donde

$Dp$ : diámetro de paso – mm

$D$ : diámetro de rodillo de la cadena – mm

$D_e$ : diámetro externo

$D_i$ : diámetro interno

$$D_e = 240 + (0,55 \div 0,8) \times 32 = 262 \text{ mm}$$

$$D_i = 240 - 32 = 208 \text{ mm}$$

Se propone una relación de la distancia entre centros de 10 pasos, para mantener un largo de máquina relativamente corto. Empleando (8) y (9) se calcula la longitud de cadena en pasos y la distancia efectiva entre centros.

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C} \quad (8)$$

$$C = \frac{1}{4} \left[ L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left[ L - \frac{N_2 + N_1}{2} \right]^2 - \frac{8(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2}} \right] \quad (9)$$

Donde:

$L$ : longitud de cadena en pasos

$N_1$  y  $N_2$ : número de dientes

Al ser una relación únicamente de seguimiento, es decir 1:1, los valores de  $N_1$  y  $N_2$  son los mismos, correspondiente a 6 dientes.

$$L = 2(10) + \frac{6 + 6}{2} + \frac{(6 - 6)^2}{4\pi^2(10)} = 26 \text{ pasos}$$

Dado a que los valores  $N_1$  y  $N_2$  son los mismos, la distancia efectiva entre centros es la misma que la relación de la distancia entre centros.

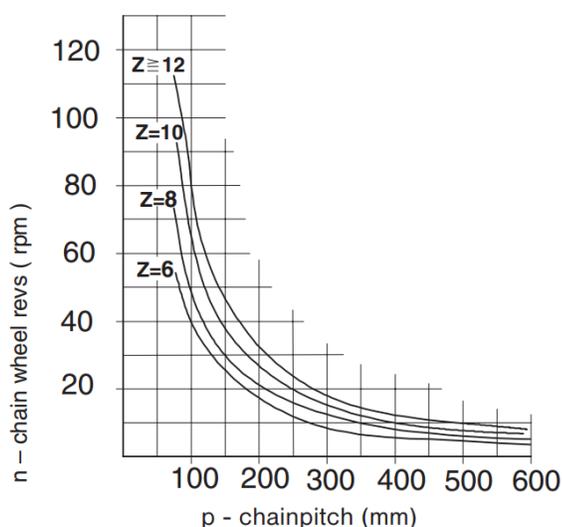
$$C = \frac{1}{4} \left[ 26 - \frac{6 + 6}{2} + \sqrt{\left[ 26 - \frac{6 + 6}{2} \right]^2 - \frac{8(6 - 6)^2}{4\pi^2}} \right] = 10 \text{ pasos}$$

$$C = 10 \text{ pasos} \times 120 \text{ mm} = 1200 \text{ mm} = 1,2 \text{ m}$$

La Figura 23, muestra la relación entre paso y rpm's de una cadena transportadora con lo cual se observa que, para el caso de 6 dientes y paso de 120 mm se puede emplear en una cadena transportadora con máximo 30 rpm aproximadamente.

**Figura 23**

*Gráfica rpms vs paso de una cadena transportadora*



*Nota:* Tomado de *Cálculo de la cadena de transporte* (p. 16), por ŘETĚZY VAMBERK, 2016.

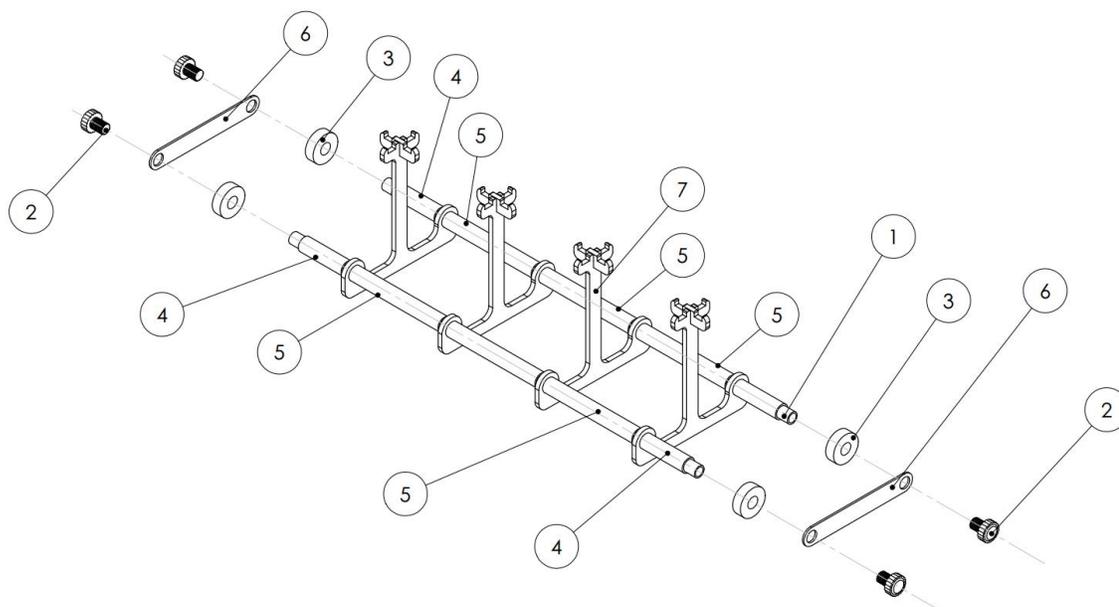
El diseño final se puede observar en el Anexo Planos – Cadena Transportadora – Sprocket 6 dientes.

**Diseño de Eslabones.** La sistema de transporte es la unión de varios eslabones, similar a una cadena de ingeniería, los extremos cuentan con 2 placas laterales, rodamientos y pernos que ajustan todo el enlace; sobre el pasador se montan separadores y los soportes de los vasos y copas, la cadena transportadora se forma cuando se enlaza eslabones de con diferentes soportes alternados y siguiendo un patrón

determinado por la demanda de la empresa “COTILLON”, los componentes del eslabón se lo puede apreciar en la Figura 24.

**Figura 24**

*Eslabón unitario de la cadena transportadora*



*Nota:* 1) Tubo que funciona como pasador, 2) Perno, 3) Rodamientos, 4) Separadores exteriores de soportes, 5) Separadores internos entre soportes, 6) Placas laterales, 7) Soporte para vaso largo.

En la Figura 24 se puede apreciar que cada eslabón o enlace cuenta con 4 soportes de cada copa o vaso, aumentando la capacidad de limpieza y desinfección de la máquina.

***Distribución a lo Largo de la Cadena.*** Son 26 eslabones totales a lo largo de toda la cadena transportadora, la Tabla 8 muestra el número de eslabones de cada tipo de soporte utilizado a lo largo de los 26 eslabones considerando que las copas de Martini, Agua y el Vaso largo deben predominar en cantidad.

**Tabla 8**

*Número de eslabones de cada tipo de soporte a lo largo de la cadena transportadora*

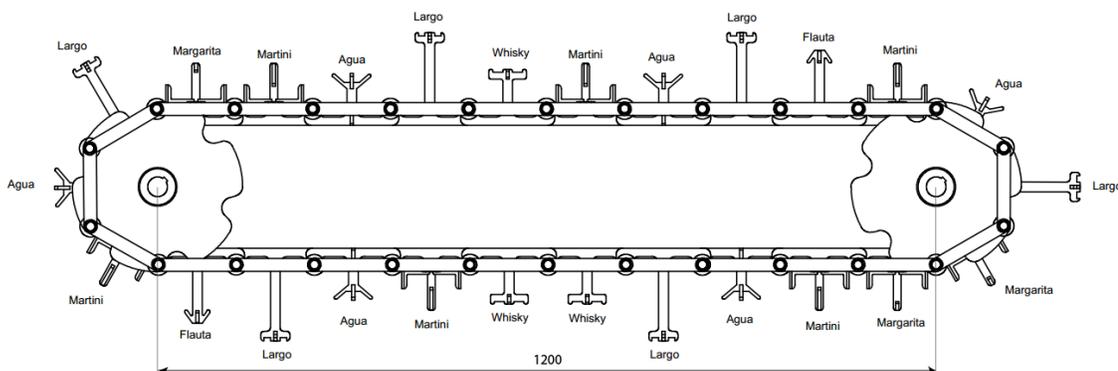
Soporte de Copa o Vaso	Número de eslabones	Carga Porcentual
Martini	6	23,077%
Agua	6	23,077%
Vado Largo	6	23,077%
Margarita	3	11,5385%
Whisky	3	11,5385%
Flauta	2	7,692%
Total	26	100%

*Nota:* Del total de eslabones dentro de la cadena transportadora, se distribuyó a mayor cantidad las 3 copas y vaso con mayor demanda y con una menor cantidad el resto de las copas ya que no son usadas en todo un servicio de catering.

La Figura 25 muestra la distribución de los tipos de soportes a lo largo de los 26 enlaces de la cadena, consta de una serie de 4 soportes alternados, 3 de los cuales siempre son los principales: Martini, Agua y vaso Largo, el otro se alterna con los secundarios: Margarita, Whisky y Flauta; existiendo una excepción en los soportes Margarita y Whisky teniendo un enlace adicional en la distribución.

**Figura 25**

*Vista de distribución de soportes a lo largo de la cadena transportadora*



*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

La Tabla 9 muestra la distribución de los grupos presentes en la cadena transportadora, a lo largo de los 26 enlaces.

**Tabla 9**

*Distribución por grupos de los tipos de soportes de los vasos y copas*

		Tipos de Copas			
Grupo1	Martini	Agua	Largo	Margarita	
Grupo2	Martini	Agua	Largo	Whisky	
Grupo3	Martini	Agua	Largo	Flauta	
Grupo4	Martini	Agua	Largo	Margarita	Margarita
Grupo5	Martini	Agua	Largo	Whisky	Whisky
Grupo6	Martini	Agua	Largo	Flauta	

*Nota:* Se realiza una distribución de soportes en base al uso de cada una de las copas y/o vasos

**Placas Lateras.** Las placas laterales de la cadena transportadora soportan la fuerza de tracción que genera el motor para el movimiento de la cadena transportadora. En la Figura 24 (6), se observa la placa lateral presente en cada eslabón de la cadena.

$$F_{trac} = \frac{T}{\frac{Dp_{rueda}}{2}} \times \frac{1}{N} = 138,34 \text{ N} \quad (10)$$

Donde

$F_{trac}$ : Fuerza de tracción de la cadena transportadora

$T$ : Torque generado por la reducción de engranes rectos Tabla 16 - 33,202 Nm.

$Dp_{rueda}$ : Diámetro primitivo de rueda dentada (5) – 240 mm

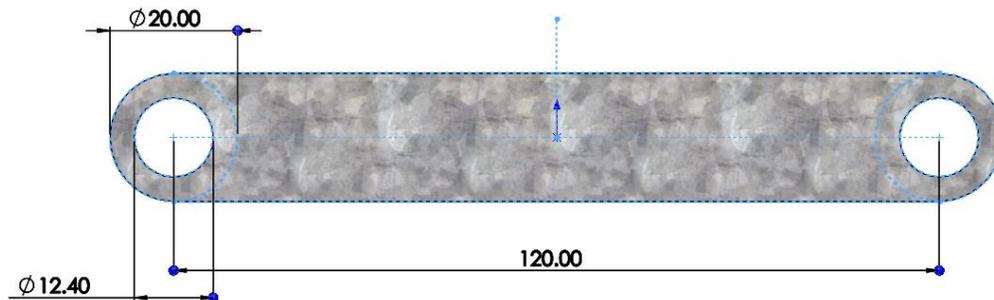
$N$ : número de placas – 2

Para calcular el esfuerzo presente en las placas laterales, se toma en cuenta el concentrador de esfuerzo, presente en las mismas. Cualquier discontinuidad en una

parte de una máquina altera la distribución del esfuerzo en las inmediaciones de la discontinuidad, de manera que las ecuaciones elementales del esfuerzo ya no describen el estado de esfuerzo en la parte (Budynas & Nisbett, 2008).

**Figura 26**

*Dimensiones placa lateral (Cadena Transportadora)*



Se emplea (11) para calcular el esfuerzo máximo en la zona donde se encuentra el concentrador de esfuerzos

$$\sigma_{max} = K_t \frac{F}{(w - d) \times t} = 36,41 \text{ MPa} \quad (11)$$

Donde

$\sigma_{max}$ : Esfuerzo máximo en zona crítica

$F$ : Fuerza de tracción generada por el motor – 138,34 N

$w$ : Ancho de la placa – 20 mm

$d$ : Diámetro del orificio en la placa – 12,4 mm

$t$ : Espesor de la placa – 1 mm

$K_t$ : Concentrador de esfuerzos – 2.15 (Figura 27)

El material empleado para la manufactura de las placas es acero galvanizado, el esfuerzo a la tracción es (Budynas & Nisbett, 2008, p. 1008). Una vez seleccionado el material, se calcula el factor de seguridad del elemento en (12).

$$FS = \frac{\sigma_{ut}}{\sigma_{max}} = 9,097 \quad (12)$$

Donde

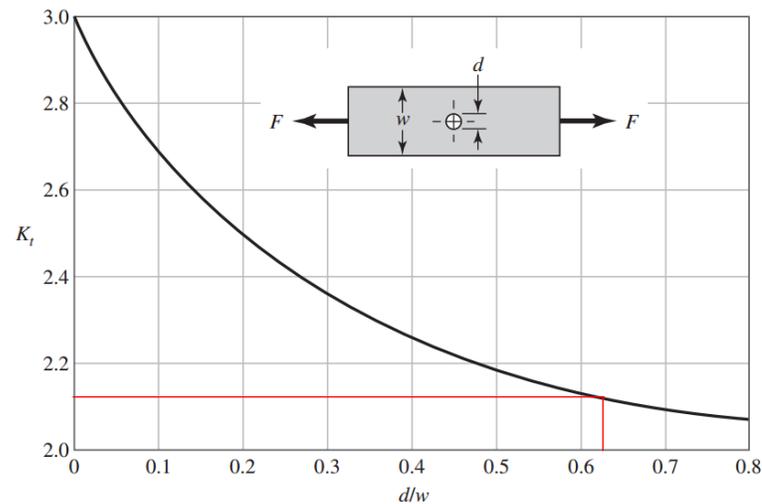
$\sigma_{ut}$ : Resistencia a la tracción del material - 356 MPa

$\sigma_{max}$ : Esfuerzo en la zona del concentrador de esfuerzos - 36,41 MPa

Se obtiene un factor de seguridad de 9,097, entendiendo así que el material seleccionado para la aplicación es el adecuado y soportará las cargas presentes en el funcionamiento del sistema.

**Figura 27**

*Concentrador de esfuerzos, placa con agujero transversal*



*Nota:* Tomado de *Shigley's mechanical engineering design* (p. 108), por R. G. Budynas y J. K. Nisbett, 2012, McGraw-Hill Higher Education.  $d/w = 0.62$ .

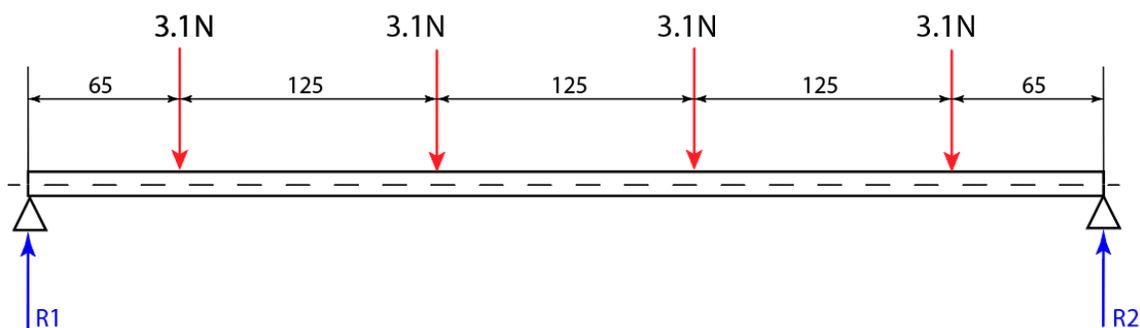
### ***Pasador.***

Enlace que une los extremos de las placas laterales y es el encargado de soportar el peso de las copas y/o vasos del sistema, como se puede observar en la Figura 24 (1).

Según la Tabla 7, el vaso con mayor cantidad de masa es el Whisky con 0,315 g, es decir 3,1 N.

**Figura 28**

*Cargas y reacciones presentes en el pasador*



*Nota:* Unidades de distancia en mm.

Se plantea el sistema de ecuaciones para obtener las reacciones  $R_1$  y  $R_2$ .

$$R_1 + R_2 = 3,1 \times 4 \quad (13)$$

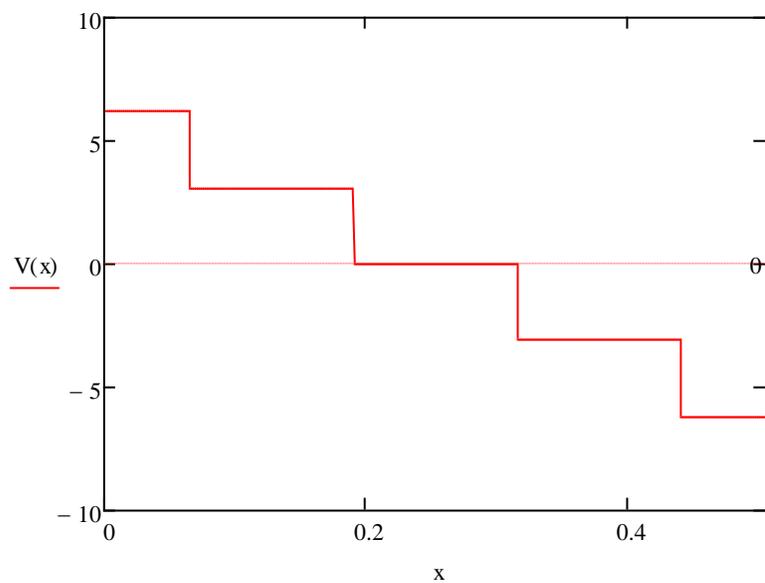
$$3,1(0,065) + 3,1(0,19) + 3,1(0,315) + 3,1(0,44) - R_2(0,505) = 0 \quad (14)$$

Resolviendo (13) y (14), se obtienen los siguientes resultados:

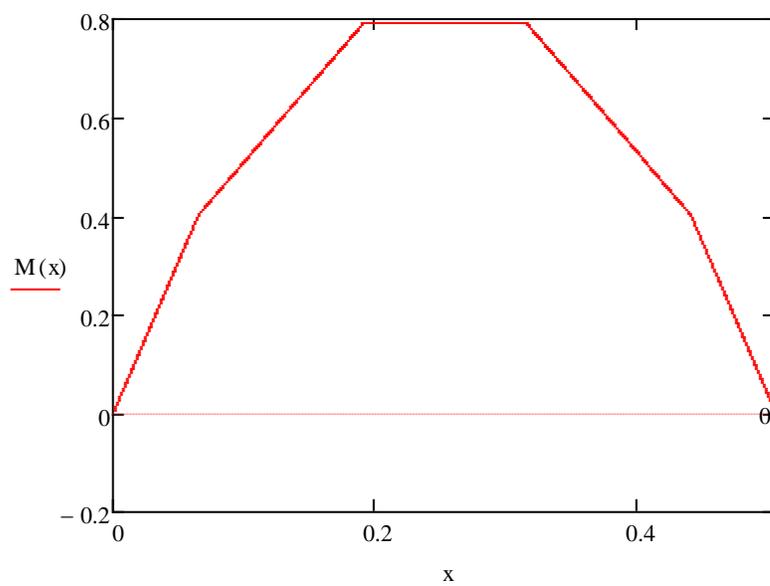
$$R_1 = 6,2 \text{ N}$$

$$R_2 = 6,2 \text{ N}$$

Los diagramas de fuerza cortante y momento flector se muestran a continuación en las Figura 29 y Figura 30 respectivamente.

**Figura 29***Diagrama de fuerza cortante del pasador*

*Nota:* Eje X en metros [m] y eje Y en newtons [N]

**Figura 30***Diagrama de momento flector del pasador*

*Nota:* Eje X en metros [m] y eje Y en newtons-metro [Nm]

En base a la Figura 30, se observa que el máximo momento flector es 0,79 Nm.

Con (20), se calcula el esfuerzo flexionante del pasador.

$$J = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4) = 1,452 \times 10^{-9} \text{ m}^4 \quad (15)$$

Donde

D: diámetro externo - 12,7 mm

d: diámetro interno - 9.7 mm

$$\sigma = \frac{M \times c}{J} = 3,373 \text{ MPa} \quad (16)$$

Donde

M: momento flector - 0,79 Nm

c: distancia de la línea neutra a la fibra más alejada del eje

I: inercia de la sección transversal

El material del pasador es acero inoxidable 304, cuya resistencia a la fluencia es 276 MPa. Se calcula con (17) el factor de seguridad para los pasadores.

$$FS = \frac{276}{3,373} = 81,826 \quad (17)$$

**Velocidad de Avance.** Dado que un parámetro del cliente es fabricar un dispositivo lo más compacto posible, se utiliza como parámetro el tiempo de desinfección, 26,5 s y una zona de desinfección de 400 mm. Se calcula la velocidad empleando (18).

$$velocidad = \frac{distancia}{tiempo} \quad (18)$$

$$v = \frac{400}{26,5}$$

$$v < 15,1 \left[ \frac{\text{mm}}{\text{s}} \right]$$

La velocidad de la cadena transportadora se establece en:

$$v = 0,015 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Calculada la velocidad lineal de la cadena, se calcula la velocidad angular de la rueda dentada con (19).

$$\omega = \frac{2 \times v}{D} \quad (19)$$

Donde

$v$ : velocidad de la cadena transportadora – [m/s]

$D$ : diámetro de paso de rueda dentada – [m]

$$\omega = \frac{2(0,015)}{\frac{240}{1000}} = 0,125 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

Transformado a revoluciones por minuto, se obtiene el siguiente valor:

$$rpm = 0,125 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 1,194 \text{ rpm} \quad (20)$$

La capacidad máxima de transporte, considerando que la distancia entre centros son 10 pasos empelando (18), se determina el tiempo que se demora la cadena en recorrer esos 10 pasos, es decir 1,2 m.

$$tiempo = \frac{1,2 \text{ m}}{0,015 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$tiempo = 80 \text{ s}$$

La cadena transportadora avanzará 10 pasos en 80 segundos, es decir, 10 eslabones cada uno con 4 soportes en 1 minuto 20 segundos.

La productividad de la máquina por lo tanto se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{10 \text{ eslabones}}{80 \text{ segundos}} \times \frac{4 \text{ copas}}{1 \text{ eslabon}} \times \frac{3600 \text{ segundos}}{1 \text{ hora}} = 1800 \frac{\text{copas}}{\text{hora}}$$

Sin embargo, ese valor se da para un total de copas general, en la Tabla 10 se especifica la productividad por cada tipo de copa.

**Tabla 10**

*Productividad por tipo de copa*

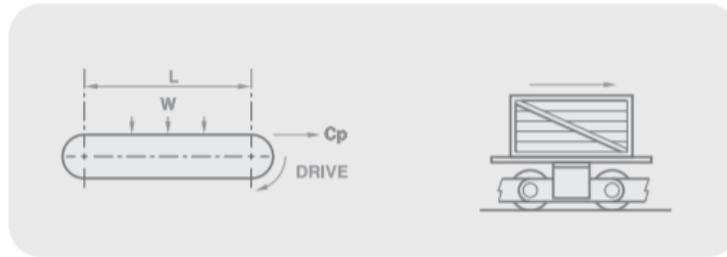
Soporte de Copa o Vaso	Productividad $\left[\frac{\text{copas}}{\text{hora}}\right]$
Martini	415
Agua	415
Vaso Largo	415
Margarita	208
Whisky	208
Flauta	139
<b>Total</b>	<b>1800</b>

*Nota:* Empleando la carga porcentual de cada tipo de copa, se multiplica por el total de productividad para obtener la productividad individual.

**Potencia Requerida por la Cadena.** La cadena transportadora es un mecanismo de transporte de material por rodadura con guías de apoyo, como se puede observar en la Figura 31. La tensión de cadena y potencia requerida para el sistema de transporte se calcula mediante las ecuaciones (21) y (22) las cuales fueron obtenidas de la Guía del diseñador de cadenas transportadoras (Renold, 2012).

**Figura 31**

*Transporte de material por rodadura con guías de apoyo*



*Nota:* Tomado de *Conveyor Chain Designer Guide* (p. 35), por Renold, 2012.

$$Cp = 9.81 \times \mu_c [(2.05 \times W_c \times L) + W] \quad (21)$$

$$K = Cp_{diseño} \times V \quad (22)$$

Donde

$Cp$ : tracción de la cadena – [N]

$\mu_c$ : coeficiente de fricción

$W_c$ : masa total de la cadena por metro incluyendo todos los accesorios – [kg/m]

$L$ : distancia entre centros – [m]

$W$ : total de carga transportada – [kg]

$K$ : potencia del cabezal – [W]

$V$ : velocidad de cadena – [m/s]

La Tabla 11 muestra la masa de cada elemento presente en un solo eslabón, considerando que la masa del soporte se escogió la más pesado entre todos los soportes, el cual es del soporte para copa Martini.

**Tabla 11**

*Peso por elemento de cada eslabón de la cadena*

Elemento	Masa [g]	Unidades/Eslabón	Total
Placa lateral	17	2	34
Soporte	55	4	220
Tubo Acero	200	1	200
Tubo PVC-11 [mm]	10	3	30
Tubo PVC-6 [mm]	12	2	24
Rodamiento	37	2	74
Perno	4	2	8
TOTAL			590

*Nota:* Las masas de los elementos fueron medidos por los estudiantes involucrados en el presente trabajo

Una vez obtenido el valor de masa de cada eslabón de la cadena teniendo en cuenta todos los elementos que lo componen, utilizando (23) se calcula la masa total de la cadena transportadora.

$$Masa_{total(cadena)} = masa_{eslabón} \times \text{número de eslabones} \quad (23)$$

$$Masa_{total(cadena)} = \frac{590 \times 26}{1000} = 15,34 \text{ [kg]}$$

Una vez calculada la masa total de la cadena transportadora, se calcula la masa de la carga a transportar, utilizando la copa más pesada para realizar los cálculos pertinentes, el cual es el vaso Whisky con 0,315 [kg], según la Tabla 7.

$$W = 0,315 \frac{\text{kg}}{\text{copa}} \times 4 \frac{\text{copas}}{\text{eslabón}} \times 10 \text{ eslabones} \quad (24)$$

$$W = 12,6 \text{ [kg]}$$

Para determinar el coeficiente de fricción entre los rodamientos y las guías, se emplea la ecuación (25).

$$\mu_c = \frac{1,90 + \mu_F \times d}{D} \quad (25)$$

Donde:

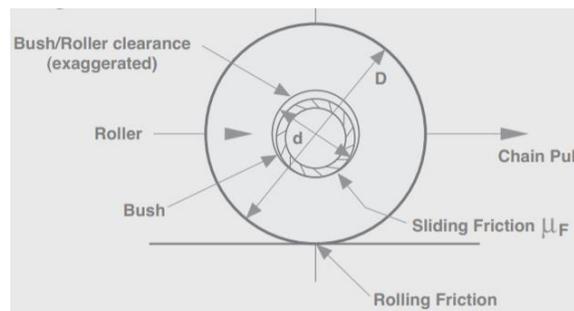
$\mu_F$ : coeficiente de fricción por deslizamiento

$D$ : diámetro externo del rodamiento – [mm]

$d$ : diámetro interno del rodamiento – [mm]

### Figura 32

Coeficiente de fricción (gráfico)



Nota: Tomado de *Conveyor Chain Designer Guide* (p. 27), por Renold, 2012

Se emplean rodamientos de la marca DJF, 6201-R2-1/2, cuyas características geométricas son:

$$\varnothing_{externo} = 32 \text{ [mm]}$$

$$\varnothing_{interno} = 12,7 \text{ [mm]}$$

$$t = 10 \text{ [mm]}$$

El coeficiente de fricción por deslizamiento, se recomienda valores de 0,15 cuando existen condiciones limpias y bien lubricadas y 0,25 cuando existe condiciones de mala lubricación acercándose al estado sin lubricar, el cual es nuestro caso ya que no va a existir lubricación constante en esta zona (Renold, 2012).

$$\mu_c = \frac{1,90 + 0,25(12,7)}{32}$$

$$\mu_c = 0,1586$$

Aplicando (21), se calcula la fuerza de tracción necesaria para mover la cadena cargada en su totalidad es:

$$Cp = 9,81 \times 0,1586 \times (15,34 + 12,6)$$

$$Cp = 43,469 \text{ [N]}$$

La fuerza de tracción es teórica, se procede a obtener la fuerza de tracción de diseño, la cual se obtiene multiplicando por los factores de servicio que se muestran en la Tabla 12 y la Tabla 13 y se aplica la ecuación (26).

$$Cp_{diseño} = Cp \times f_1 \times f_2 \times f_u \quad (26)$$

**Tabla 12**

*Coeficientes de cálculo  $f_1$  y  $f_2$*

Clasificación instalación	Menos de 15° de inclinación		Más de 15° de inclinación	
	$f_1$	$f_2$	$f_1$	$f_2$
Transportador elevador	1	1	1	0,5
Transportador arrastrador	2	1	1,2	0,5
Arrastrador	4	1	1,5	0,5

*Nota: Tomado de Cadena Transportadora de paso largo y de mallas (p. 6), por Cotransa, 2008*

Tabla 13

Coeficiente de utilización  $f_u$ 

Lubricación de las cadenas	Horas de funcionamiento		
	8 h/día	16 h/día	24 h/día
Engrase normal y mantenimiento regular	1	1,2	1,7
Engrase irregular y ambiente limpio	1,1	1,4	1,8
Falta de engrase y ambiente abrasivo	1,2	1,6	2

Nota: Tomado de *Cadena Transportadora de paso largo y de mallas* (p. 6), por Cotransa, 2008

Se calcula la fuerza de tracción de diseño empleando (26), con valores de  $f_1$  de 2,  $f_2$  de 1 y  $f_u$  de 1,2 y también se calcula la potencia del cabezal empleando (22)

$$Cp_{diseño} = 43,469 \times 2 \times 1 \times 1,2 = 104,326 \text{ [N]}$$

$$K = 120,591 \times 0,015 = 1,565 \text{ [W]}$$

**Cálculo de Potencia del Motor.** Para obtener el valor de la potencia del motor, se emplea la ecuación

$$P_{motor} = \frac{n_h \times K}{\eta \times \varepsilon} \quad (27)$$

Donde

$P_{motor}$ : potencia del motor

$n_h$ : número de hileras

$K$ : potencia del cabezal

$\eta$ : eficiencia del motor

$\varepsilon$ : rendimiento del reductor

$$P_{motor} = \frac{2 \times 1,565}{0,85 \times 0,33} = 11,158 \text{ [W]}$$

Se debe escoger un motor con una potencia mayor o igual a 11,158 [W], por lo tanto, se selecciona según la disponibilidad dentro del mercado un motorreductor JWD de 25 [W] con relación de transmisión 300 (JWD, s. f.).

**Figura 33**

*Motor JWD 25[W]*



*Nota:* Tomado de la página del fabricante. *Small AC Gear Motor 25W/30W/80mm*, por JWD

**Tabla 14**

*Características del motor JWD 25W*

电机型号 Motor model		规格 Specs	输出功率 Output Power W	电源电压 Voltage V	频率 Frequency Hz	电流 Current A	起动扭矩 Starting Torque		额定扭矩 Rated Torque		额定转速 Rated Revolution r/min	电容容量/耐压 Capacity/ve $\mu$ F/VAC
公司型号 JWD types	对应其它厂家 型号Other types						mN.m	gf.cm	mN.m	gf.cm		
80YYJT25-3	4IK25GK 4IK25A	感应 Induction	25	单相 1-phase 220	50	0.22	130	1300	185	1850	1300	1.5/450
	4RK25GK 4RK25A	可逆Reversible 30min			60	0.21	108	1080	154	1540	1550	1.5/450
					50	0.24	170	1700	185	1850	1300	2/450
					60	0.26	142	1420	154	1540	1550	2/450
80YYJT25-1	4IK25GK 4IK25A	感应 Induction	25	单相 1-phase 110	50	0.48	130	1300	185	1850	1300	6/250
	4RK25GK 4RK25A	可逆Reversible 30min			60	0.46	108	1080	154	1540	1550	6/250
					50	0.50	170	1700	185	1850	1300	8/250
					60	0.56	142	1420	154	1540	1550	8/250
80YSCJ25-4	4IK25GK 4IK25A	—	25	三相 3-phase 380	50	0.14	425	4250	185	1850	1300	—
	4RK25GK 4RK25A	—			60	0.12	354	3540	154	1540	1550	—
80YSCJ25-3			4RK25GK 4RK25A	—	25	三相 3-phase 220	50	0.24	425	4250	185	1850
	60	0.225					354	3540	154	1540	1550	—
80YYJT30-3	4IK30GK 4IK30A	感应 Induction	30	单相 1-phase 220	50	0.28	154	1540	220	2200	1300	2.2/450
	4RK30GK 4RK30A	可逆Reversible 30min			60	0.3	130	1300	185	1850	1550	2.2/450
					50	0.3	220	2200	220	2200	1300	2.5/450
					60	0.32	180	1800	185	1850	1550	2.5/450
80YYJT30-1	4IK30GK 4IK30A	感应 Induction	30	单相 1-phase 110	50	0.58	154	1540	220	2200	1300	8/250
	4RK30GK 4RK30A	可逆Reversible 30min			60	0.60	130	1300	185	1850	1550	8/250
					50	0.60	220	2200	220	2200	1300	10/250
					60	0.65	180	1800	185	1850	1550	10/250

*Nota:* Tomado de la página del fabricante. *Small AC Gear Motor 25W/30W/80mm*, por JWD

Tabla 15

Carga admisible para el motorreductor

减速参数 Geared-down parameter	同步转速r/min Synchronous speed	500	300	200	120	100	60	50	30	20	15	10	6	5	3	2	1.5	1
	减速比 ratio	3	5	7.5	12.5	15	25	30	50	75	100	150	250	300	500	750	1000	1500
最大允许负载 Max allowable load	25W	$\frac{\text{Kg.cm}}{\text{N.m}}$	4.5 0.45	7.9 0.79	12 1.18	19 1.86	23 2.25	35 3.43	42 4.12	62 6.18	80 7.84							
	30W	$\frac{\text{Kg.cm}}{\text{N.m}}$	5.7 0.56	8.1 0.8	12.3 1.2	20.5 2.0	24.3 2.4	40.2 4.0	42.5 4.2	65.7 6.5	80 7.84							

Nota: Tomado de la página del fabricante. *Small AC Gear Motor 25W/30W/80mm*, por JWD

**Reducción por Engranajes Rectos.** Según (20) las revoluciones por minuto deben ser menor o igual a 1,194 para cumplir con el tiempo de desinfección en la estación de desinfección, la velocidad de salida del motorreductor junto con la unidad de control de velocidad es 5 rpm, por lo tanto, la relación de transmisión se calcula en (28).

$$i = \frac{1,194}{5} = 0,239 \quad (28)$$

El número de dientes mínimo para un piñón son 17 de esta manera se evita la interferencia en la transmisión (Mott et al., 2018, p. 320).

$$i = \frac{N_p}{N_G} \quad (29)$$

Donde

$N_p$ : número de dientes del piñón

$N_G$ : número de dientes del engrane

$i$ : relación de transmisión

$$N_G = \frac{17}{0,239} \geq 71.18$$

$$N_G = 72 \text{ dientes}$$

Se calcula la relación de transmisión real, con el número de dientes del piñón y del engrane seleccionados.

$$i = \frac{17}{72} = 0,236$$

En la Tabla 16 se resumen las medidas del piñón y engrane.

**Tabla 16**

*Dimensiones y características del piñón y engrane*

	Piñón	Engrane
Módulo – m		1,5
Número de dientes – N	17 [mm]	72 [mm]
Diámetro de paso – Dp	25,5 [mm]	108 [mm]
Diámetro exterior – De	28,5 [mm]	111 [mm]
Diámetro de raíz – Dr	21,75 [mm]	104,25 [mm]
Altura total de diente – ht		3,375 [mm]
Distancia entre centros – Dc		66,75 [mm]
Ancho de cara - b		15 [mm]
velocidad	5 [rpm]	1,18 [rpm]
$\omega$	0,523 [rad/s]	0,123 [rad/s]
Torque	7,84 [Nm]	33,202 [Nm]

*Nota:* Medidas del piñón y engrane para la reducción designada 0,236.

Una vez obtenida las medidas de los engranes y el torque se calcula las fuerzas presentes dentro de los mismos.

$$W_t = \frac{\text{Torque}}{\frac{D_p}{2}} = \frac{7,84}{\frac{0,0255}{2}} = 614,904 \text{ [N]} \quad (30)$$

$$W_r = W_t \times \tan 20 = 223,806 \text{ [N]} \quad (31)$$

$$W_n = \frac{W_t}{\cos 20} = 654,365 \text{ [N]} \quad (32)$$

**Material de Engranés de Reducción.** Dado a ser una aplicación que no demanda gran potencia como se demuestra en cálculos anteriores, el material seleccionado para la fabricación del piñón y engrane es DURALON.

**Tabla 17**

*Propiedades Mecánicas del Duralón*

Propiedad	Valor
Módulo de Elasticidad	1,02 [GPa]
Coefficiente de Poisson	0,38
Resistencia a la flexión	78,87 [MPa]
Resistencia a la fatiga	50 [MPa]

*Nota:* Tomado del software CES Edupack, 2019 y (Velásquez Salazar, 2018)

Una vez seleccionado el material se calcula los factores de seguridad a flexión mediante la ecuación de Lewis (33) y la durabilidad de la superficie (35).

$$\sigma = \frac{K_v \times W_t}{FmY} \quad (33)$$

$$C_p = \left[ \frac{1}{\pi \left( \frac{1 - \nu_p^2}{E_p} + \frac{1 - \nu_G^2}{E_G} \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (34)$$

$$\sigma_c = C_p \left[ \frac{K_v \times W_t}{F \cos \phi} \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (35)$$

Donde

$K_v$ : factor de efecto dinámico

$W_t$ : fuerza tangencial del engrane

$F$ : ancho de cara de engrane

$m$ : módulo

$Y$ : factor de forma de Lewis

$\nu_p, \nu_G$ : coeficiente de poisson

$E_p$  y  $E_G$ : módulo de elasticidad

Inicialmente se calcula el factor de efecto dinámico con la siguiente fórmula:

$$K_v = \frac{3.56 + \sqrt{V}}{3.56}$$

Donde

$V$ : velocidad lineal – m/s

$$V = 0,123 \times \frac{0,108}{2} = 0,0066 \text{ m/s}$$

$$K_v = 1,023$$

Se calcula el esfuerzo por flexión, mediante la fórmula de Lewis.

$$\sigma = \frac{1,023 \times 298,824}{15 \times 1,5 \times 0,303} = 44,835 \text{ [MPa]}$$

$$C_p = \left[ \frac{1}{\pi \left( \frac{1 - 0,38^2}{0,94 \times 10^3} + \frac{1 - 0,38^2}{0,94 \times 10^3} \right)} \right]^{\frac{1}{2}} = 13,223$$

$$r_1 = \frac{D_{paso(piñon)} \sin \phi}{2} = 4,361$$

$$r_2 = \frac{D_{paso(engrane)} \sin \phi}{2} = 18,469$$

Reemplazando en (35)

$$\sigma_c = 32,785 \text{ [MPa]}$$

En base a la Tabla 17 se calculan los Factores de seguridad del material seleccionado para la construcción del piñón y engrane.

$$FS_f = \frac{78,87}{44,835} = 1,759 \quad (36)$$

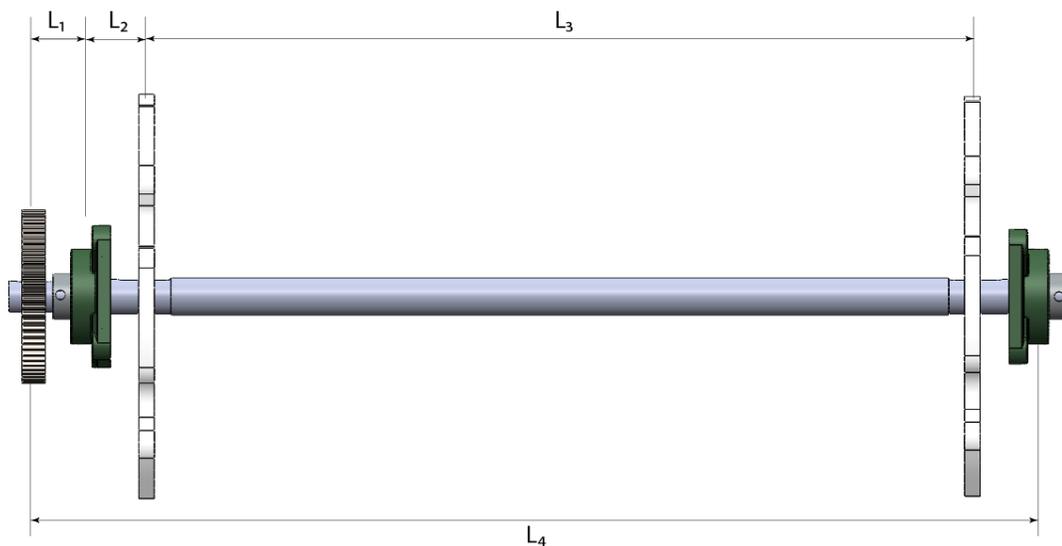
$$FS_c = \frac{50}{32,785} = 1,525 \quad (37)$$

Ambos factores de seguridad son superiores a 1,5 por lo que se puede concluir que el material seleccionado soportará los esfuerzos producidos en la reducción de engranes.

**Diseño Mecánico de la Flecha.** La Figura 34 muestra la geometría de la flecha de la cadena transportadora, distancias y referencias de las ruedas dentadas, engrane y chumaceras.

**Figura 34**

*Flecha de transmisión de rueda dentada de la cadena transportadora*



*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

En base a la Tabla 16, se obtiene el torque de transmisión a lo largo de toda la flecha, el cual es 33,202 Nm. La Tabla 18 muestra las medidas de los eslabones y la masa de cada una de las ruedas dentadas y engrane de transmisión que se encuentran sobre la flecha.

**Tabla 18**

*Dimensiones de la flecha y masa de la corona y ruedas dentadas*

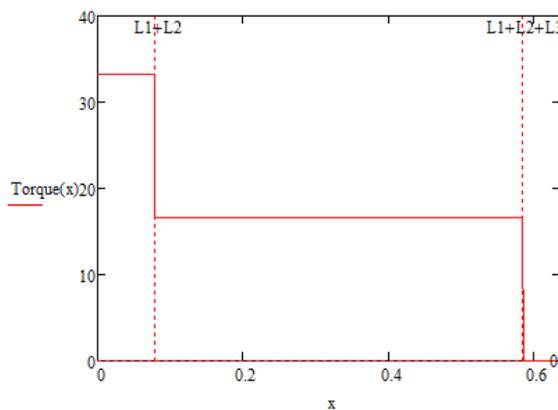
Característica Flecha	Dimensión
L1	0,025 m
L2	0,053 m
L3	0,505 m
L4	0,6365 m
$m_a$	0,145 kg
$m_c$	0,55 kg
$m_d$	0,55 kg

*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

En la Figura 35 se muestra la distribución del torque que entrega la reducción por engranes rectos calculado anteriormente

**Figura 35**

*Diagrama de torque a lo largo de la flecha*

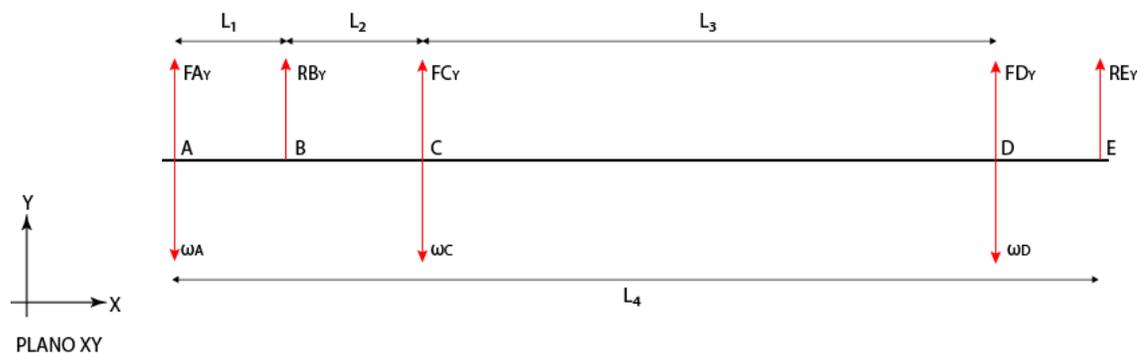


*Nota:* Eje x en metros y eje y en Nm. Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

Se realiza el análisis y gráficas de fuerza cortante y momentos flectores para el plano XY.

**Figura 36**

*Plano XY, diagrama de cuerpo libre de la flecha*



En base al diagrama del torque y los diámetros de paso del engrane y de la rueda dentada, se calculan las fuerzas existentes dentro del eje. Realizando el análisis estático con las ecuaciones (38) y (39), se obtienen las reacciones en B y C las cuales se muestra en la Tabla 19.

$$F_{Ay} - \omega_A + R_{By} - \omega_C + F_{Cy} - \omega_D + F_{Dy} + R_{Ey} = 0 \quad (38)$$

$$R_{By}(L_1) + (L_1 + L_2)(F_{Cy} - \omega_C) + (L_1 + L_2 + L_3)(F_{Dy} - \omega_D) + R_{Ey}(L_4) = 0 \quad (39)$$

**Tabla 19**

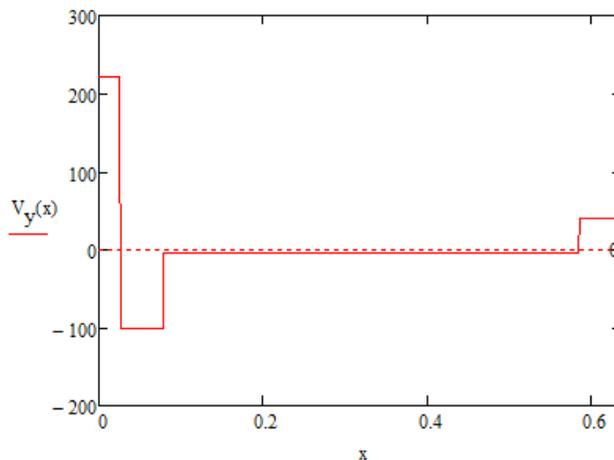
*Fuerzas y Reacciones en el plano XY*

Denominación	Fuerza
$F_{Ay}$	614,852 N
$F_{Cy}$	276,683 N
$F_{Dy}$	50.352 N
$R_{By}$	-322,58 N
$R_{Ey}$	-40 N

Una vez calculadas las reacciones y fuerzas presentes en la flecha en el plano XY, se realiza el diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector los cuales se muestran en la Figura 37 y Figura 38 respectivamente.

**Figura 37**

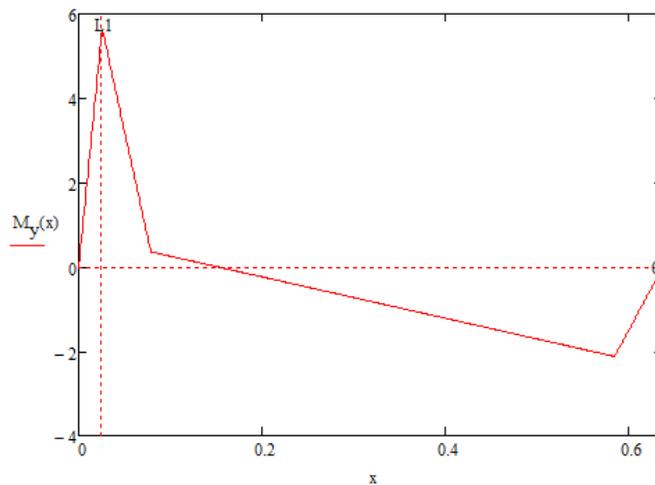
*Diagrama de Fuerza Cortante [N] en el plano XY*



*Nota:* Diagrama de Fuerza Cortante expresado en Newtons [N], a lo largo de la flecha en metros [m]

**Figura 38**

*Diagrama de Momento Flector [Nm] en el plano XY*

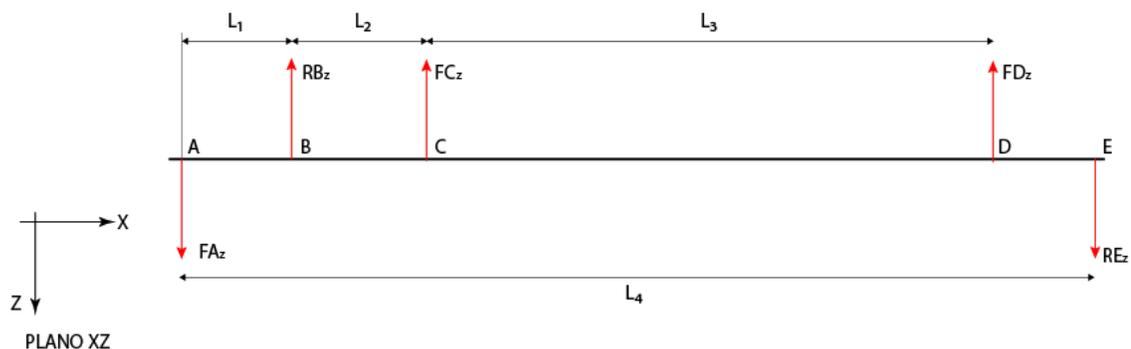


*Nota:* Diagrama de Momento flector expresado en Newton-metro [Nm], a lo largo de la flecha en metros [m]

Del mismo modo se realiza el análisis y gráficas de fuerza cortante y momentos flectores para el plano XZ.

**Figura 39**

*Plano XZ, diagrama de cuerpo libre de la flecha*



Igualmente, en base al diagrama del torque y los diámetros primitivos del engrane y de la rueda dentada, se calculan las fuerzas dentro del plano XZ existentes dentro del eje. Realizando el análisis estático con las ecuaciones (40) y (41)(39), se obtienen las reacciones en B y C las cuales se muestra en la.

$$FA_z - FC_z - FD_z - RB_z + RE_z = 0 \quad (40)$$

$$RB_z(L_1) + FC_z(L_1 + L_2) + FD_z(L_1 + L_2 + L_3) - RE_z(L_4) = 0 \quad (41)$$

**Figura 40**

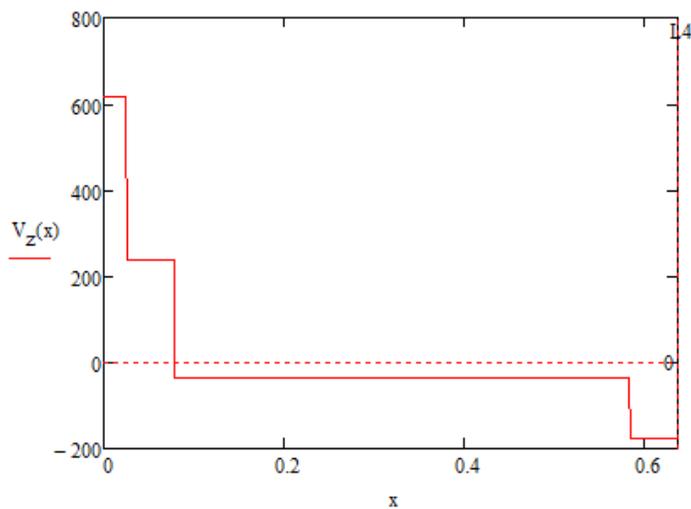
*Fuerzas y Reacciones en el plano XZ*

Denominación	Fuerza
$FA_z$	614,852 N
$FC_z$	276,683 N
$FD_z$	138,342 N
$RB_z$	375,83 N
$RE_z$	176 N

Una vez calculadas las reacciones y fuerzas dentro del plano XZ, se realiza el diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector los cuales se muestran en la y respectivamente.

**Figura 41**

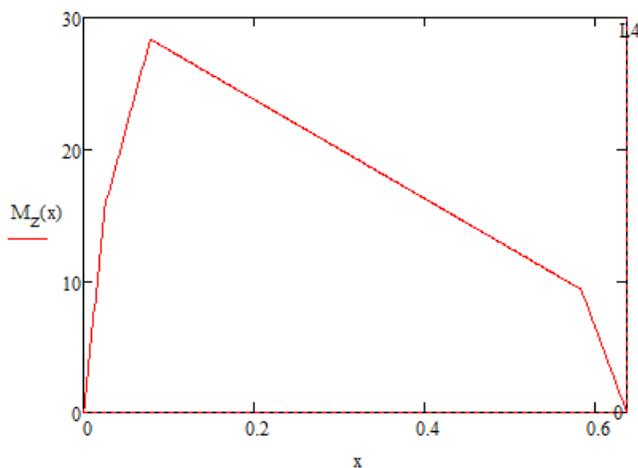
*Diagrama de Fuerza Cortante [N] en el plano XZ*



*Nota:* Diagrama de Fuerza Cortante expresado en Newtons [N], a lo largo de la flecha en metros [m]

**Figura 42**

*Diagrama de Momento Flector [Nm] en el plano XZ*



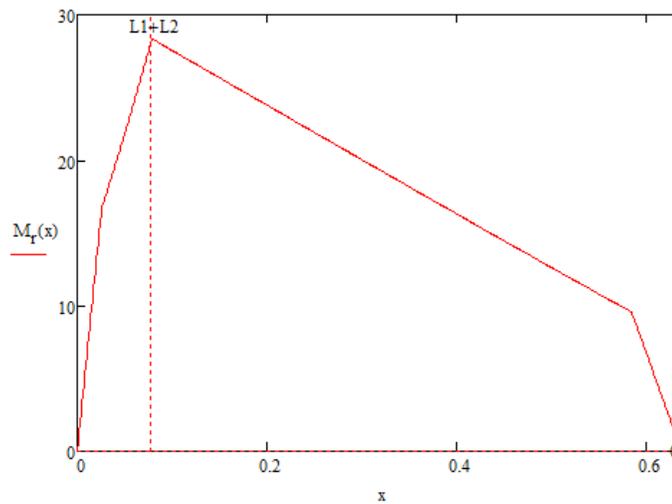
*Nota:* Diagrama de Momento flector expresado en Newton-metro [Nm], a lo largo de la flecha en metros [m]

Se calcula el momento flector resultante con (42) y se grafica para determinar la zona donde se encuentra el momento máximo, zona crítica, en la cual se basan los cálculos para el dimensionamiento del eje.

$$M_r = \sqrt{M_x^2 + M_z^2} \quad (42)$$

**Figura 43**

*Momento Flector resultante*



*Nota:* Momento Flector resultante en Newton-metro [Nm] a lo largo de la flecha en metros [m]. El punto máximo de la gráfica se observa que es en  $L_1 + L_2$ , 0,078 m

Seleccionada la zona crítica, punto C dentro de la flecha, se aplica (43) para determinar el diámetro mínimo de la flecha que arrastra la cadena transportadora (Mott et al., 2018, p. 523).

$$D = \left[ \left( \frac{32 N}{\pi} \right) \sqrt{\left( \frac{K_t M}{S_n'} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (43)$$

Donde

$N$ : Factor de seguridad – para esta aplicación se estableció el valor de: 1,5

$K_t$ : Concentrador de esfuerzos – por tener chavetero  $K_t = 2$

$M$ : Momento flector resultante en la zona crítica – 28,349 Nm

$T$ : Torque en la zona crítica

$S_y$ : Resistencia a la fluencia del material seleccionado

$s'_n$ : Resistencia a la fatiga

Para determinar  $s'_n$  se aplica la ecuación (44).

$$s'_n = s_n C_S C_R \quad (44)$$

Donde

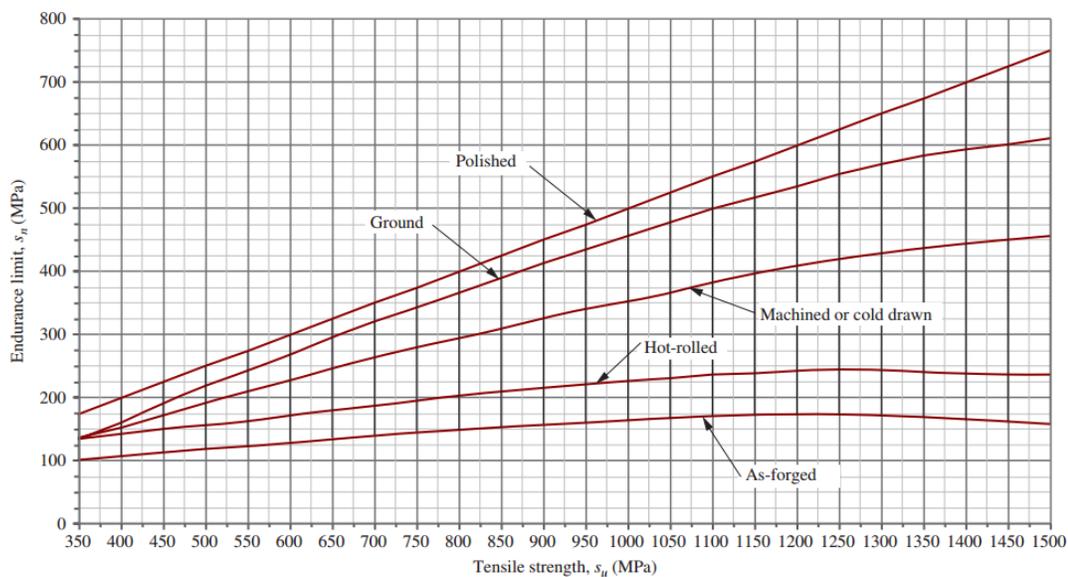
$s_n$ : se obtiene mediante la Figura 44

$C_S$ : Factor de tamaño – mediante la Figura 45

$C_r$ : Confiabilidad deseada - usando la tabla

Figura 44

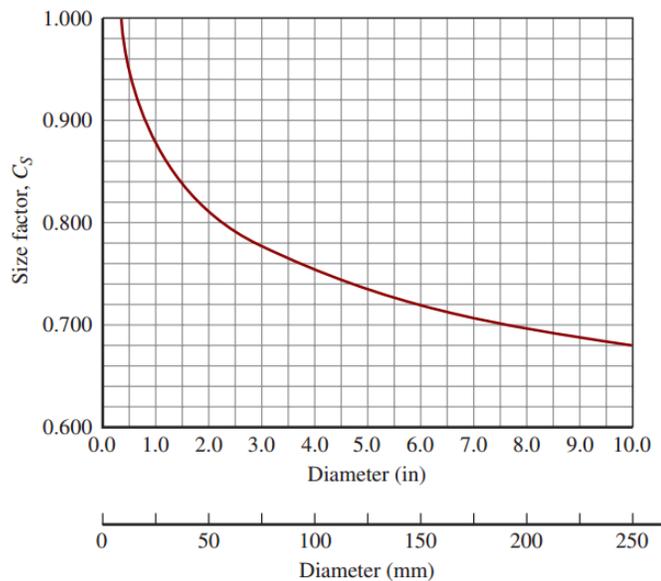
Resistencia a la Fatiga  $s_n$  vs Resistencia última a la tracción



Nota: Tomado de *Machine Elements in Mechanical Design* (p. 179), por R. L. Mott, 2018, Pearson

Figura 45

Factor de tamaño



Nota: Considerando un tamaño aproximado a 1 pulgada,  $C_s = 0,88$ . Tomado de *Machine Elements in Mechanical Design* (p. 181), por R. L. Mott, 2018, Pearson

**Tabla 20***Factor de confiabilidad  $C_R$* 

Confiabilidad deseada	$C_R$
0,5	1,0
0,90	0,90
0,99	0,81
0,999	0,75

*Nota:* Tomado de *Machine Elements in Mechanical Design* (p. 181), por R. L. Mott, 2018, Pearson

El material seleccionado para la fabricación de la flecha es el AISI 1018, acero de transmisión, es un acero de cementación no aleado principalmente usado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidas al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.(DIPAC, s. f.).

**Tabla 21***Resumen de valores empleados para calcular el diámetro de la flecha*

Parámetro	Denominación
Material	AISI 1018
$S_y$	275 MPa
$S_u$	568 MPa
$s_n$	226 MPa
$C_s$	0,88
$C_R$	0,75
$s'_n$	149,16 MPa
$K_t$	2
$N$	1,5
$M_c$	28,349 Nm

Parámetro	Denominación
$T$	33,202 Nm
$D$	<b>18,195 mm</b>

*Nota:* Una vez determinados todos los valores se obtiene que, en la zona crítica, punto C, el diámetro mínimo debe ser 16,566 mm

Se selecciona un diámetro de 20 mm, según la DIN 6885 / DIN 6886 de chavetas, la base y la altura de una chaveta para un eje de diámetro 20 mm es para ambos 6 mm. Se calcula la longitud de la chaveta por aplastamiento y por cizallamiento (45) y (46) respectivamente.

$$L = \frac{4 T ns}{D b S_y} = 8,848 \text{ mm} \quad (45)$$

$$L = \frac{4 T ns}{D h S_y} = 8,848 \text{ mm} \quad (46)$$

Donde

$T$ : Torque – 33,202 Nm

$ns$ : Factor de seguridad – Se ha escogido el valor de 2

$D$ : Diámetro del eje – 20 mm

$h$  y  $b$ : altura y base de la chaveta según la DIN 6885 / DIN 6886 – 6 mm y 6 mm

$s_y$ : Resistencia a la fluencia – 275 MPa

El plano final de la flecha se encuentra en el Anexo Planos – Flecha.

### **Módulo o Subsistema Lavado**

El subsistema de lavado se realiza con boquillas de aspersion plana. La aspersion plana distribuye el líquido en forma de abanico o en forma de lámina, el cual

se consigue por medio de un orificio elíptico, como se muestra en la Figura 46. Las aplicaciones más usadas para este tipo de aspersión son: recubrimiento, lubricación, limpieza, humectación (InduServices, s. f.).

**Figura 46**

*Aspersión plana por medio de orificio elíptico*



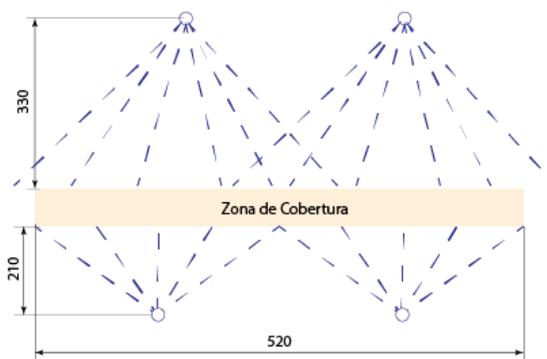
*Nota:* Imagen de la izquierda muestra la aspersión plana por orificio elíptico. Imagen derecha marca de agua en superficie plana perpendicular al chorro de aspersión. Tomado de la página del distribuidor *InduServices*, s.f. [https://induservicesecuador.com/tipos\\_de\\_aspersion.html](https://induservicesecuador.com/tipos_de_aspersion.html).

En base a la disponibilidad del mercado, se seleccionó la boquilla con ángulo  $65^\circ$  a 3 bares de presión.

En la Figura 47 se muestra la distribución de 4 aspersores por aspersión plana colocados dentro de la cabina de enjuague y esterilización.

**Figura 47**

*Distribución sistema de enjuague*



*Nota:* La ubicación y colocación exacta de los aspersores se muestra en los Anexos.

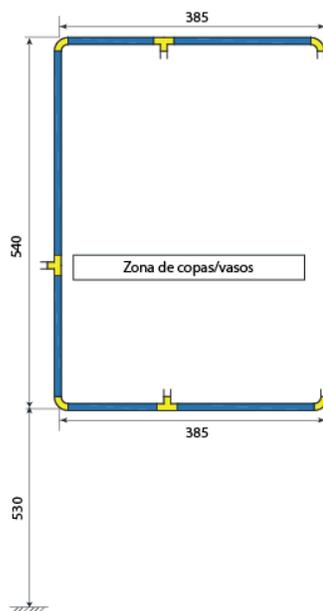
El caudal necesario para el correcto funcionamiento de las boquillas de aspersión plana es: 1,5 lt/min, por unidad, lo que resulta en un total de 6 lt/min

### Diseño del Sistema Hidráulico.

La Figura 48 muestra el esquema del sistema hidráulico para el subsistema de lavado, donde se puede evidenciar las conexiones de manguera y uniones en codo y en T. En la Tabla 22 se resume los componentes del sistema hidráulico.

**Figura 48**

*Esquema sistema hidráulico*



*Nota:* Las medidas de las longitudes están expresadas en mm.

**Tabla 22**

*Elementos sistema hidráulico*

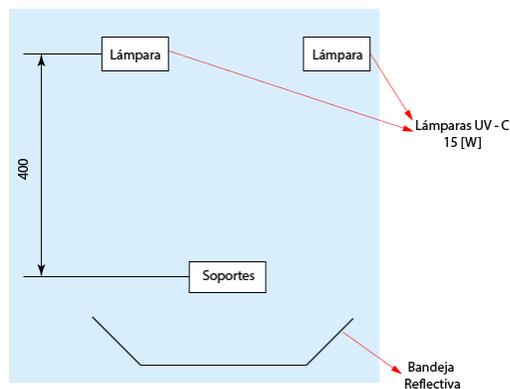
Elemento	Observaciones
Maguera	$\phi_{ext} = 10mm$ $\phi_{int} = 6.5mm$
Boquillas de aspersión	$P_{nom} = 3 bar$ , Caudal = 1.5 l/min
Racores	$\phi = 10 mm$
Válvula Solenoide	VAC = 110 [V](bobina)

### **Módulo o Subsistema de Desinfección**

La zona de desinfección cuenta con 2 lámparas UV-C ubicadas a 40 cm de la base de cada soporte, como se puede observar en la Figura 49.

**Figura 49**

*Disposición de lámparas UV-C*



*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

EL interior de la cabina de esterilización debe estar forrado de material reflectante, a fin de garantizar la distribución de rayos UV-C, en todos los puntos dentro de la cabina; por lo que todas las paredes laterales y superior están forradas con papel vinilo metalizado como se ve en la Figura 50 (Kowalski, 2009).

**Figura 50**

*Paredes de cabina de esterilización*



*Nota:* Paredes y techo de la zona de esterilización fueron forradas con papel vinilo metalizado, tipo espejo.

La potencia de las lámparas adquiridas se calculó en apartados anteriores al igual que el tiempo de exposición, en la Tabla 23 se resumen las características principales.

**Tabla 23**

*Características del subsistema de desinfección*

Descripción	Valor
Intensidad medida a un metro de distancia	51 $\left[ \mu \frac{W}{cm^2} \right]$
Intensidad a 40 cm	318,75 $\left[ \frac{\mu W}{cm^2} \right]$
Dosis para desactivar SARS-CoV2	16,9 $\left[ \frac{mJ}{cm^2} \right]$
Tiempo de exposición	26,5 [s]

### ***Módulo o Subsistema Clasificador***

El sistema de visión por computadora es independiente al funcionamiento de la estación de limpieza, cuando el usuario de la máquina lo desee se conecta la cámara para la identificación.

La Figura 51 muestra la pantalla de inicio del software destinado a la visión por computadora e inventario. Una vez iniciado el inventario, se despliega la ventana de la cámara (Figura 52) la cual identificará el color característico del soporte y de existir copa o vaso, lo cuenta y se almacenan en un documento Excel (Figura 53), donde se registra la fecha y hora del inicio del inventario y cuantas copas o vasos han sido lavados y/o esterilizados.

**Figura 51**

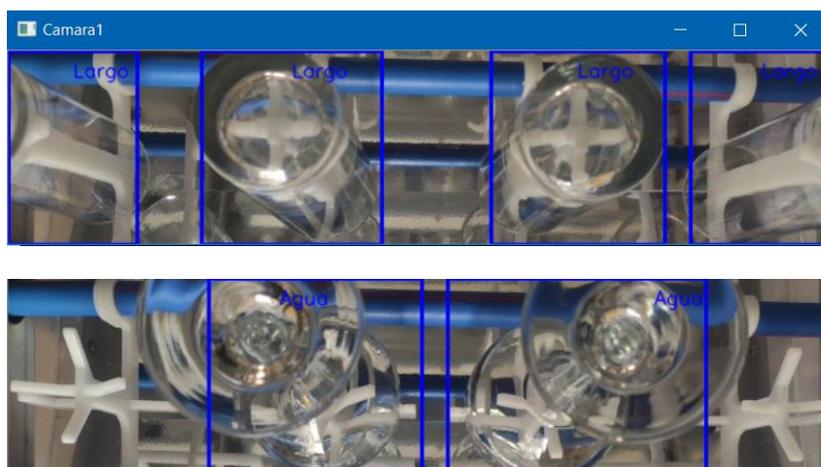
Ventana del programa destinado al inventario



Nota: Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

**Figura 52**

Ventana de cámara



Nota: Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

**Figura 53**

Hoja de cálculo con inventario

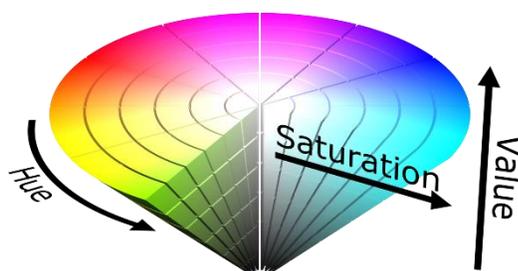
	A	B	C	D	E	F	G
1	Fecha	Martini	Agua	Largo	Whisky	Margarita	Flauta
2	2021-08-20 13:18:43	0	1	4	0	0	0

Nota: Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

Para la identificación del tipo de soporte se tiene un indicador de color, pintado, el cual es identificado transformando la imagen con modelo RGB a un modelo HSV. En modelo HSV se puede ubicar un color únicamente con un valor de la matriz tridimensional, a diferencia del modelo RGB que es necesario los 3 componentes de la matriz para identificar el color.

**Figura 54**

*Modelo HSV*



*Nota:* Tomado de <https://www.freepng.es/png-dylhf1/>

La muestra los colores y sus correspondientes valores en el modelo HSV para la identificación de cada tipo de fila de soportes.

**Tabla 24**

*Identificación por colores de cada soporte*

Soporte	Color	HSV
Agua	Marrón	[30,100,50]
Martini	Naranja	[28,89,94]
Largo	Rojo	[0,100,100]
Margarita	Amarillo	[55,100,100]
Whisky	Rosado	[1,23,97]
Flauta	Azul	[223,100,65]

*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

### ***Diseño de Ingeniería de Control***

El sistema cuenta con un panel de control físico, el cual un operario maneja de manera directa. Se emplea un Arduino el cual está programado en lenguaje Ladder (ver Anexo Planos – Potencia y control).

El tablero de control se muestra en la Figura 55, el sistema se enciende con el botón I.0, ON, y se apaga usando I1.0, OFF, o I1.1, paro de emergencia ubicado al otro lado del panel de control.

Encendido el sistema, se selecciona el modo: Completo o individual

- Modo completo

Se tiene un pulsador de Start y Stop de general de todo el sistema, es decir, cadena, aspersores y luz UV-C funcionan al mismo tiempo.

- Modo Individual

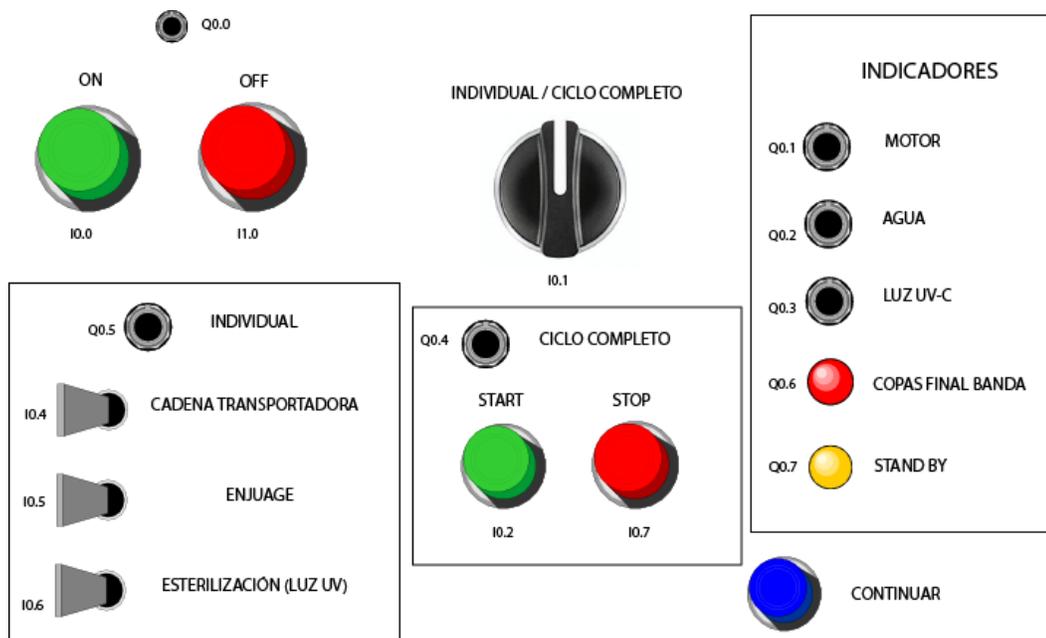
Existen interruptores para controlar el encendido y apagado de la cadena transportadora, aspersores y lámparas UV independientemente.

Se cuenta con un sensor de presencia para interrumpir el funcionamiento de la cadena, motor, en caso de existir copas o vasos al final del recorrido, para evitar accidentes, la presencia de copas al final del recorrido se evidencia en el indicador Q0.6.

En caso de existir copas/vasos al final de la cadena y de no ser retirados en 10seg, la máquina pasará a un estado Stand By, Q0.7, para continuar con el proceso se pulsará I1.2 (Continuar).

Figura 55

Tablero de control de la estación de limpieza

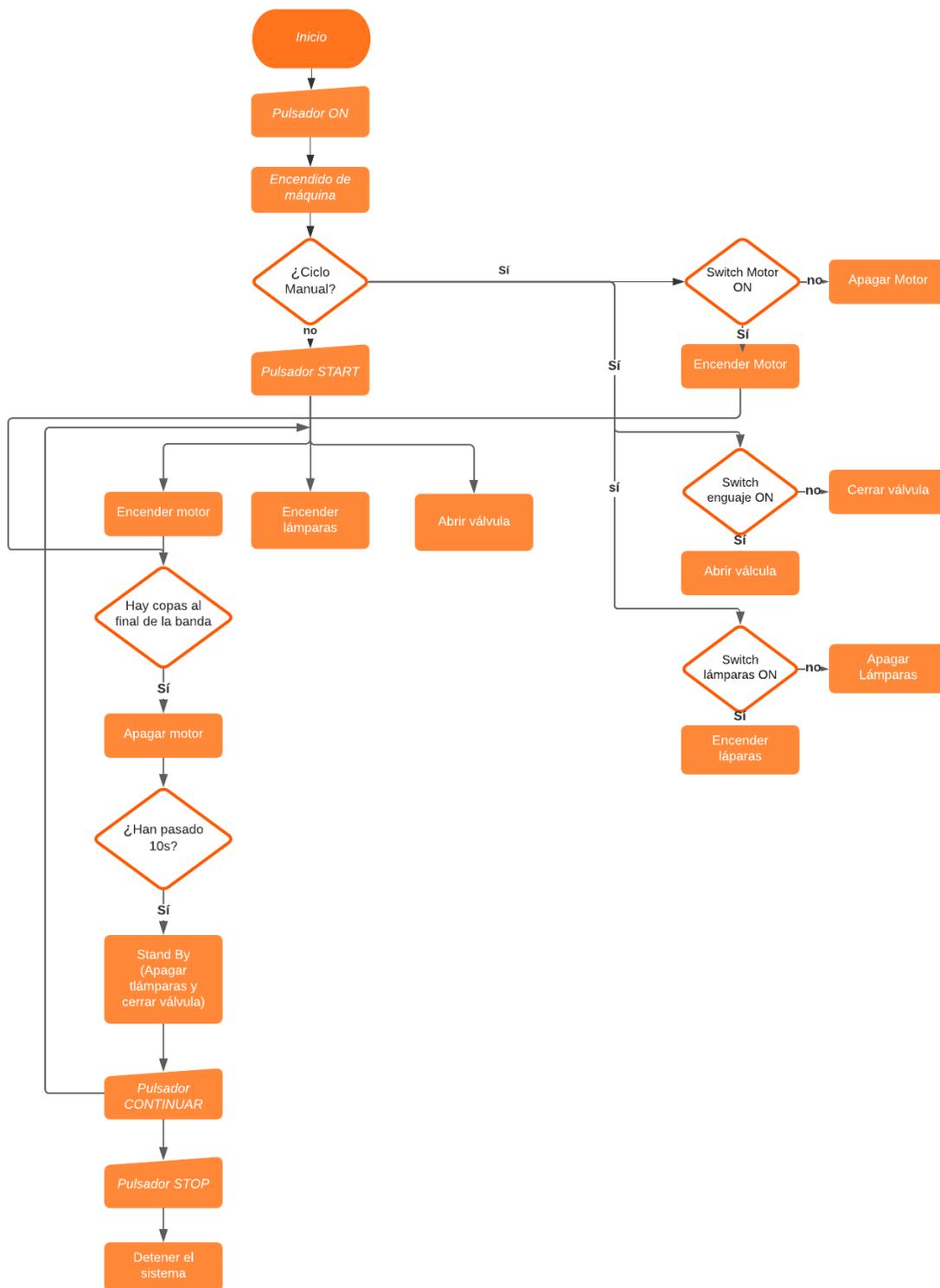


*Nota:* Esquema de tablero de control ubicado al inicio de la cadena transportadora, no se observa el botón Paro de Emergencia, ya que el mismo se encuentra al final de la cadena transportadora

El diagrama de flujo presentado en la Figura 56 muestra el proceso adecuado del mando y uso de la estación de limpieza.

Figura 56

Diagrama de flujo



Nota: Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

**Sensores.** La estación de limpieza cuenta con los siguientes sensores:

- Pulsadores: Sensores digitales que al presionar da valor lógico de '1' y al dejar de presionarlo da un valor lógico de '0'.
- Interruptor. Funcionamiento similar al pulsador, en este caso tiene una posición fija donde el valor lógico es '0' y otra donde es '1'.
- Selector. Funciona exactamente igual a un interruptor, a diferencia que su movimiento es circular, mientras que en un interruptor es horizontal o vertical.
- Receptor láser: Sensor digital que emite '0' lógico cuando el emisor laser apunta directamente al receptor y '1' lógico en caso contrario. El receptor es utilizado como sensor de presencia en la estación de limpieza, a fin de detener la cadena transportadora de no ser retiradas las copas por el operario y así evitar que las mismas se rompan.

**Actuadores.** La estación de limpieza cuenta con los siguientes actuadores.

- Leds: Indicadores de algún proceso, o estado de la estación de limpieza.
- Relés de estado sólido: Debido a la alta interferencia al usar módulos relé con el Arduino, por la inducción de sus bobinas, se usó relés de estado sólido los cuales su funcionamiento son a base de semiconductores.
- Motor: Encargado de dar movimiento a la cadena transportadora, el cual fue dimensionado en apartados anteriores.
- Válvula solenoide: Permite el paso de cualquier líquido al energizar su bobina con 5V.
- Balastros para lámparas UV-C: Encargados de energizar las lámparas que esterilizarán las copas de cualquier tipo de bacteria, virus u hongo.

- Emisor Laser: Proyecta un láser hacia el receptor para ser usado como sensor de presencia.

### ***Integración del Sistema***

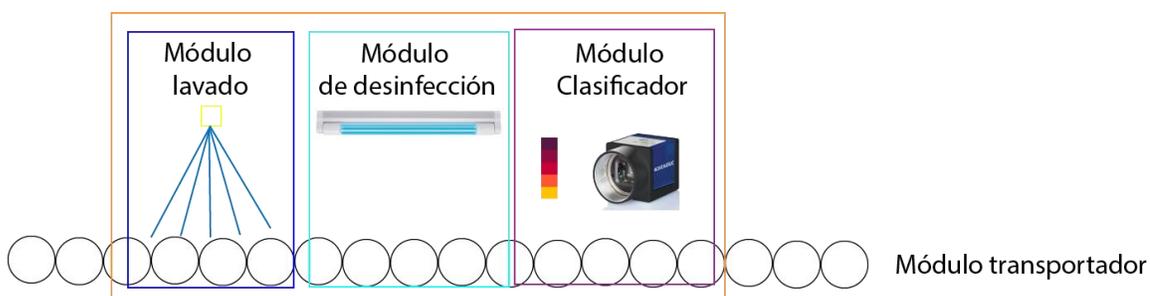
La integración de los módulos se puede observar en la Figura 57, el módulo transportador es el encargado de mover las copas o vasos desde el inicio del recorrido hasta el final de éste.

El módulo de lavado es el encargado del enjuague total de las copas ingresadas por medio del módulo transportador; el módulo de desinfección una vez las copas o vasos fueron pasados del módulo de lavado es el encargado de esterilizar por radiación UV-C las superficies de las copas.

Finalmente, el módulo transportador traslada las copas/vasos al módulo clasificador donde por medio de identificación de colores y visión por computador, las copas son identificadas y clasificadas para llevarlas a un inventario realizado en una hoja de cálculo.

**Figura 57**

*Integración del sistema*



*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

## Modelado y Simulación

La simulación es de gran ayuda al momento de realizar un prototipo, ya que se logran evidenciar fallas o problemas antes de pasar a la etapa de construcción.

### ***Simulación Estructura***

La estructura se muestra en la Figura 58, cuyo material de construcción es Acero Inoxidable 304, debido a estar expuesto a la intemperie y a su funcionalidad la cual es enjuague de copas por medio de chorros de agua.

**Figura 58**

*Estructura de la estación de limpieza*

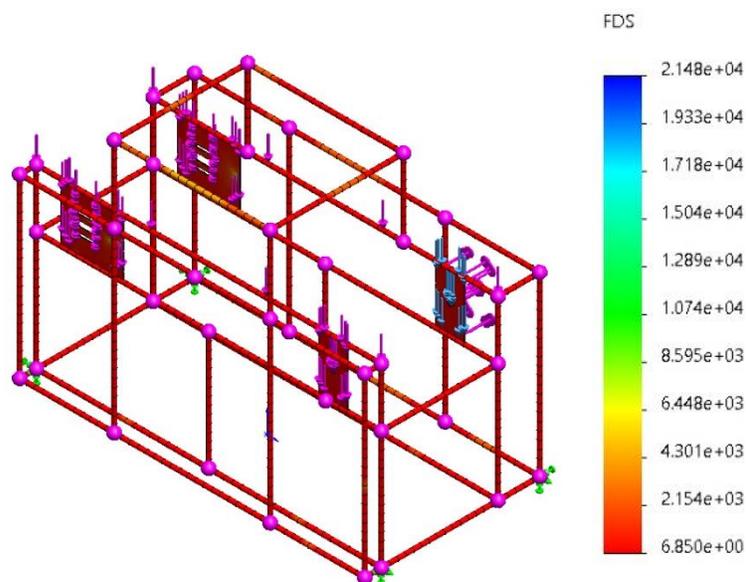


*Nota:* Diseñado y dibujado por Aymara J. y Taipicaña S.

Una vez determinada la masa total de la cadena transportadora en (23) y la masa total de una carga completa de copas a transportar (24), se procede a realizar el estudio de elementos finitos a la estructura que soportará toda esta carga.

**Figura 59**

*Factor de Seguridad (FDS) de la estación de limpieza*

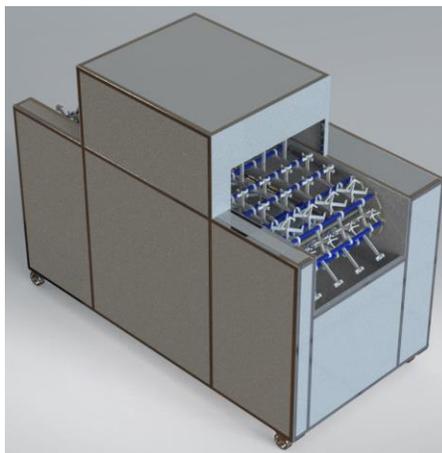


*Nota:* Factor de seguridad en toda la estructura es mayor a 6,85

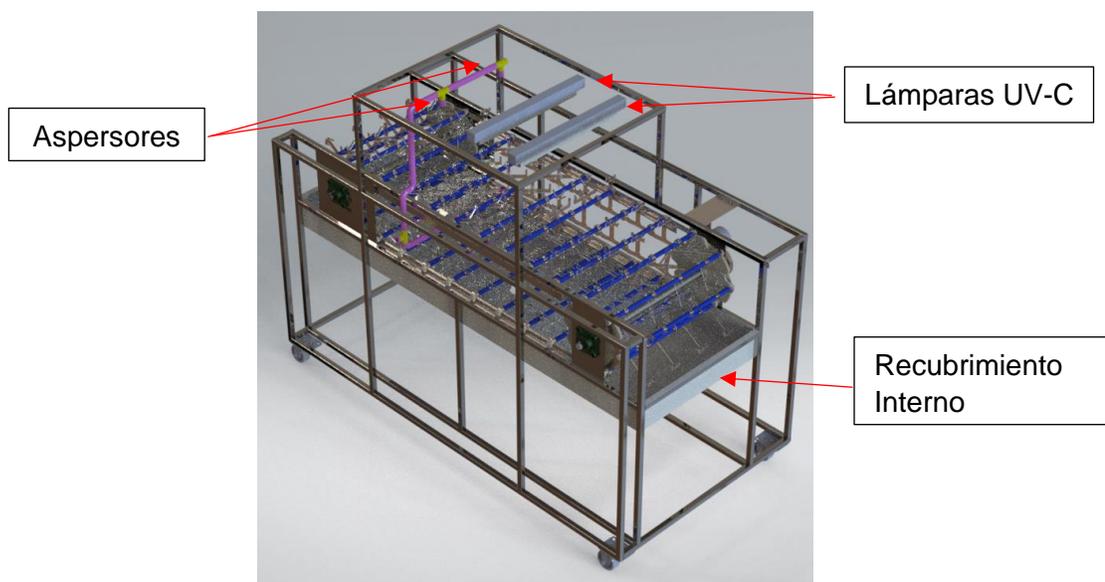
Una vez ubicadas todas las cargas presentes en la estructura, los puntos de sujeción, se realiza el análisis de elementos finitos y se obtiene el resultado de Factor de seguridad mínimo 6,85. Por lo tanto, la estructura soportará las cargas de la cadena transportadora y copas a transportar.

### **Prototipo**

La Figura 58 muestra la estructura realizada en acero inoxidable, el recibimiento externo se realizó con policarbonato alveolar de 6mm de espesor, ya que su lugar de trabajo en la mayoría de las veces será en la intemperie, el policarbonato tiene una protección para rayos solares y evitar el amarillamiento.

**Figura 60***Recubrimiento Externo*

El recubrimiento interno, la zona donde cae el agua de los aspersores, se realizó con acrílico de 3mm de espesor.

**Figura 61***Recubrimiento Interno*

*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

### Requerimientos del Sistema

Para el correcto funcionamiento de la estación de limpieza se necesita:

- Manguera con conexión hembra  $\frac{3}{4}$  in, para el ingreso del agua destinado al enjuague de las copas y vasos
- Conexión monofásica 110 V, 60Hz
- Caudal: 6 l/min

El consumo de energía se resume en la siguiente tabla.

**Tabla 25**

*Consumo Energético*

Elemento	Consumo Energético
Motor eléctrico	25 [W]
Lámparas UV-C	30 [W]
<b>TOTAL</b>	<b>55 [W]</b>

*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

Como se puede observar en la Tabla 25, la estación de limpieza es de bajo consumo energético.

El prototipo final ensamblado se puede apreciar en la Figura 62.

**Figura 62**

*Prototipo*



*Nota:* Tomadas por Aymara J.

## CAPÍTULO 4

### Pruebas y Resultados

Una vez terminada la construcción de la estación de limpieza, el paso siguiente es verificar el correcto funcionamiento de los módulos de la máquina.

#### **Pruebas de Componentes, Módulos o Subsistemas**

Es importante realizar pruebas independientes a cada módulo por separado para asegurar el funcionamiento de todo el sistema.

#### ***Pruebas del Módulo Transportador***

##### **Objetivos**

Verificar el correcto funcionamiento de la cadena transportadora, en vacío y con carga completa

Verificar la funcionalidad de los soportes para las copas: Martini, Margarita, Flauta y Agua y para los vasos largo y Whisly, sin que los mismos lleguen a caer por el movimiento de la cadena transportadora.

##### **Personal a cargo**

- Jorge Aymara y Steeven Taipicaña
- Empresa Cotillón

##### **Actividades por realizar**

1. Encender el sistema y colocar el selector en modo individual.
2. Verificar el encendido y arranque de la cadena transportadora con el interruptor "Cadena".

3. Observar cualquier tipo de anomalía o sonido de atranque en el recorrido de la cadena transportadora
4. Seleccionar una copa Martini, Margarita, Flauta, Agua y vaso Largo y Whisky.
5. Dependiendo el vaso o copa, colocarlos en el soporte específico para cada uno de ellos.
6. Verificar facilidad de colocación y retiro de copa o vaso, según sea el caso.
7. Verificar estabilidad de vasos o copas colocados en los soportes adecuados.

### Resultados

Una vez terminadas las actividades, los resultados se resumen en la Check List mostrada en la Tabla 26.

**Tabla 26**

*Check List del funcionamiento de la cadena transportadora*

Requerimiento	Cumplimiento
El motor se enciende con el interruptor en modo manual y con el botón Start en modo completo	Cumple
Existen sonidos extraños dentro de la cadena transportadora	No Cumple
La cadena se traba en algún momento o salta	Cumple
Copa Margarita ingresa al soporte y se retira con facilidad	Cumple
Copa Martini ingresa al soporte y se retira con facilidad	Cumple
Copa Agua ingresa al soporte y se retira con facilidad	Cumple
Copa Flauta ingresa al soporte y se retira con facilidad	Cumple
Vaso Whisky ingresa al soporte y se retira con facilidad	Cumple
Vaso Largo ingresa al soporte y se retira con facilidad	Cumple
Volcamiento de alguna copa o vaso	No cumple

*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

### **Observaciones**

Una vez terminada la prueba se llegaron a la siguiente observación:

- La cadena transportadora llega a saltar, sin detener su movimiento en ciertos puntos del trayecto.
- Todas las copas y vasos ingresan con facilidad a sus respectivos soportes.
- Existe gran estabilidad para las copas, no existe riesgo de caer.

### **Correcciones**

Para evitar choque entre la platina y el Sprocket que es el momento en el cual salta la cadena transportadora, se realizaron chaflanes poco pronunciados a fin de tener un acople más suave en el movimiento de la cadena.

### ***Pruebas del Módulo Lavado***

#### **Objetivo**

Verificar que las copas salgan totalmente limpias, sin presencia de jabón ni restos de los cocteles servidos en los mismos

#### **Personal a cargo**

- Jorge Aymara y Steeven Taipicaña
- Empresa Cotillón

#### **Actividades por realizar**

1. Encender el sistema, colocar en modo manual, con ayuda de los interruptores activar Cadena y Enjuague.
2. Enjabonar cualquier tipo de vaso o copa, colocar dentro de la cadena.
3. Esperar al final de la cadena y retirar la copa o vaso

4. Realizar una inspección visual.

### **Resultados**

Una vez terminadas las actividades, los resultados se resumen en la Check List mostrada en la Tabla 27.

**Tabla 27**

*Check List del funcionamiento de etapa de enjuague*

Requerimiento	Cumplimiento
Las boquillas de aspersion plana se activan con el interruptor	Cumple
No se encuentran restos de jabón dentro y fuera de las copas o vasos	Cumple

*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

### **Observaciones**

Una vez obtenidos los resultados, no se obtuvieron observaciones negativas para la etapa de enjuague de copas y vasos.

### **Correcciones**

Al no existir inconvenientes con la prueba, se concluye que la funcionalidad del sistema clasificador es la adecuada para la aplicación.

### ***Pruebas del Módulo de Desinfección***

#### **Objetivo**

Realizar ensayo de conservas de frutas, evitando la descomposición de estas al ser expuestas por radiación UV-C durante 24 horas.

**Personal a cargo**

- Jorge Aymara y Steeven Taipicaña

**Actividades por realizar**

1. Escoger fruta madura: fresas, claudias, plátanos y limones
2. De cada fruta separar 2 muestras.
3. El primer grupo de muestras se mantendrán expuestas al aire, intemperie.
4. Al segundo grupo de frutas se ingresará a la cabina de esterilización por 24 horas.

**Resultados**

Las frutas que estuvieron expuestas a luz UV-C por 24 horas, se conservan de mejor manera con respecto a aquellas que estuvieron a la intemperie; esto se debe a los rayos UV-C ya que evitan la concentración de microbios y organismos los cuales son los responsables del deterioro de estas.

**Figura 63***Fruta expuesta a la intemperie*

*Nota:* (a) Imagen superior tomada al inicio de la prueba y (b) imagen inferior tomada 24 horas después del inicio de la prueba

**Figura 64***Fruta expuesta por 24 horas a luz UV-C*

*Nota:* (a) Imagen superior tomada al inicio de la prueba y (b) imagen inferior tomada 24 horas después del inicio de la prueba

### **Observaciones**

La claudia expuesta al ambiente, por medio del tacto se sienten mucho más suaves, su contenido interno es totalmente líquido; mientras que la claudia expuesta a la luz UV-C, se mantuvo un poco más firme, su contenido aún permanece sólido.

La acción germicida de las lámparas UV-C, tornan un color amarillento tendiendo a naranja, es lo que se puede observar en la Figura 64 (b).

EL limón al igual que la claudia, con el tacto se siente la diferencia entre uno y otro, el que estuvo las 24 horas al medio ambiente se suavizó mientras que el limón expuesto las 24 horas a luz UV-C se mantuvo sólido

Las frutillas se evaluaron visualmente, aquellas expuestas al medio ambiente se tornaron maduras, casi llegando a la descomposición; mientras que aquellas expuestas a las luz UV-C, se maduraron sin embargo se mantuvieron firmes y no llegaron a un estado de descomposición

### **Correcciones**

Las lámparas usadas en la prueba producen ozono en su funcionamiento, lo cual es dañino para la salud, por lo cual, se deben cambiar de inmediato las mismas por unas lámparas que no produzcan ozono, para salvaguardar la integridad de los operarios y la gente de los alrededores.

### ***Pruebas del Módulo Clasificador***

#### **Objetivo**

Verificar el correcto funcionamiento del sistema de inventario junto con la visión por computador.

### Personal a cargo

- Jorge Aymara y Steeven Taipicaña

### Actividades por realizar

1. Encender la estación de limpieza.
2. Conectar la computadora a la cámara presente dentro de la cabina.
3. Abrir el archivo ejecutable, y empezar el inventario.
4. Colocar copas y/o vasos sobre la cadena transportadora en sus respectivos soportes.
5. Revisar el software, dentro de la ventana de la captación de video verificar si el sistema identifica y cuenta los diferentes tipos de copas.

### Resultados

Los resultados de esta prueba se muestran en la Check List de la Tabla 28.

**Tabla 28**

*Check List de inventario*

Requerimiento	Cumplimiento
El software destinado al inventario se inicia sin complicaciones	Cumple
Existe correcta comunicación con la cámara	Cumple
Identifica soportes margarita de color amarillo	Cumple
Identifica soportes martini de color naranja	Cumple
Identifica soportes copa Agua de color marrón	Cumple
Identifica soportes copa flauta de color azul	Cumple
Identifica soportes vaso whisky de color rosado	Cumple
Identifica soportes vaso largo de color rojo	Cumple
Detecta y cuenta las copas y/o vasos de cada soporte	Cumple

Requerimiento	Cumplimiento
El conteo de vasos o copas es progresivo y se almacena en el documento Excel	Cumple

*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

### **Observaciones**

Las pruebas fueron exitosas, no existieron errores o posibles observaciones para mejorar el sistema de inventario e identificación de copas.

### **Correcciones**

Al no existir inconvenientes con la prueba, se concluye que la funcionalidad del sistema clasificador es la adecuada para la aplicación.

### **Pruebas del Sistema**

Se verifica la funcionalidad en conjunto de todos los módulos.

### ***Panel de Control y Sensor de Presencia***

#### **Objetivo**

Verificar el correcto funcionamiento de los pulsadores, selectores e indicadores presentes en el panel de control.

#### **Personal a cargo**

- Jorge Aymara y Steeven Taipicaña
- Empresa Cotillón

#### **Actividades por realizar**

1. Encender el sistema con el botón "ON" y verificar el indicador de Encendido.
2. Pulsar el botón "OFF" y verificar que el indicador Encendido esté apagado.

3. Con el selector, verificar si se activa el modo manual y completo respectivamente observando los indicadores de estos.
4. En modo manual, verificar los interruptores de Cadena, Enjuague y Esterilización con ayuda de los indicadores con los mismos nombres.
5. En modo completo, presionar “START” y verificar que se enciendan los indicadores Cadena, Enjuague y Esterilización y al presionar “STOP”, los indicadores deberán apagarse.
6. Con la cadena en movimiento, colocar una copa al final de la cadena transportadora, con mucho cuidado esperar a que el sensor detecte su presencia y verificar que el indicador del motor se apague.
7. Luego de estar apagado el motor por más de 10 segundos, verificar que el sistema se encuentre en “Reposo”, los indicadores de Cadena, Enjuague y Esterilización deberán apagarse.
8. Al presionar el botón “CONTINUAR”, se retira el estado de “Reposo”, y continua con su trabajo.

### **Resultados**

A continuación, en la Tabla 29 se presenta una Check List, donde se resumen los resultados obtenidos de la prueba realizada.

**Tabla 29**

*Check List del panel de control y sensor de presencia*

Requerimiento	Cumplimiento
Pulsador ON, enciende el sistema	Cumple
Pulsador OFF, apaga el sistema	Cumple
Selector de modos, e indicadores se activan dependiendo la posición	Cumple

Requerimiento	Cumplimiento
En modo Completo, pulsador Start empieza el proceso de limpieza y esterilización	Cumple
En modo Completo, pulsador Stop detiene el proceso de limpieza y esterilización	Cumple
En modo manual los interruptores e indicadores se activan respectivamente a su etiqueta	Cumple
El sensor de presencia detecta copas al final de la cadena y se detiene la cadena	Cumple
Pasados 10 segundos y ningún operario retira la copa, el sistema pasa a estado "Reposo"	Cumple
Se cambia el estado de "Reposo" con el pulsador "Continuar"	Cumple

*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

### **Observaciones**

Una vez terminada la prueba se llegaron a la siguiente observación:

- Si el sistema se apaga con una copa al final de la cadena, y se vuelve a encenderlo, el motor arranca sin volver a detectar la copa que estuvo ahí, lo cual provocaría que la misma cayera.

### **Correcciones**

Con las observaciones obtenidas, se procede a solucionar el problema, el cual únicamente es cuestión de programación.

### ***Pruebas de Fiabilidad y Seguridad***

La prueba de sensor de presencia se realizó en el apartado anterior, debido a ser una parte fundamental en el funcionamiento completo del sistema.

La correcta desinfección de las copas y vasos, se realizaron las pruebas en el apartado “pruebas del módulo de desinfección”.

### **Verificación de Especificaciones**

En base a los requerimientos del cliente, se realiza una tabla resumen de las características de la máquina.

**Tabla 30**

*Verificación de especificaciones*

Nº	Requerimiento	Verificación
1	Diseño de moldes armables para diferentes formas de copas	Adaptable a 6 tipos de copas diferentes
2	Tamaño compacto	Dimensiones: 680 × 859 × 1300 [mm]
3	Registro de datos	Inventario en hoja Excel
4	Diseño del sistema de transporte que permita armarse y desarmarse de manera fácil	Diseño de transportador por uniones de eslabones que son fácilmente desarmables
5	Aplicación de normas de ergonomía	Para el uso de la máquina el operario mantendrá una correcta postura
6	Selección de materiales estéticos a la vista cuidando su funcionalidad	Recubrimiento exterior: Policarbonato Recubrimiento interior: Acrílico Estructura: Acero inoxidable
7	Interfaz con el usuario amigable	Panel de control con indicadores
8	Diseño Estructural	Factor de seguridad 6,84
9	Señales de control independientes para cada sistema	En modo manual, cada módulo es independiente el uno del otro.
10	Identificación de tipos de copas por visión artificial	Por medio de identificación de colores, se identifica el tipo de copa colocada en cada soporte.

11	Uso de distintos y no convencionales procesos de manufactura	Se utilizaron procesos como: Corte láser para soportes, recubrimiento interno y corte a chorro de agua para los sprockets.
----	--	--

*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

### Prueba de Campo

Una especificación importante en el diseño de la máquina era la transportabilidad de esta, debido a ser empleada en exteriores y no en una sola zona.

Por lo cual se realizó una prueba de transportabilidad, llevando de un lugar a otro entre 2 personas.

Nº	Requerimiento	Cumplimiento
1	Transportable entre dos personas	Cumple
2	Se transporta fácilmente en una camioneta	Cumple
3	Se logró subir a la camioneta el dispositivo	Cumple
4	Se puede bajar de la camioneta sin complicaciones	Cumple
5	Se puede trasladar sobre cemento	Cumple
6	Se puede trasladar sobre césped	Cumple
7	Se puede trasladar sobre asfalto	Cumple
8	Se puede trasladar sobre adoquín	Cumple
9	Los aspersores funcionan correctamente con la toma de agua	Cumple
10	Funciona correctamente con toma de 110 [V]	Cumple
11	La producción de limpieza y desinfección fue 1800 copas/hora	Cumple
12	Existe presencia de jabón al realizar el enjuague de copas/vasos	No cumple

*Nota:* Elaborado por Aymara J. y Taipicaña S.

## Producción

Para una eventual producción del prototipo, es necesario considerar las siguientes observaciones:

- Colocar un sistema de calefacción de agua, existe una mayor remoción de suciedad al usar agua caliente, de igual manera se obtiene un brillo mayor (Hobart, 2010).
- Realizar pruebas de laboratorio con cultivos de hongos o patógenos para controlar y verificar el tiempo de desinfección y garantizar la inocuidad de las copas/ vasos ingresados a la estación de limpieza, emplear las normativas adecuadas.
- Se puede adecuar un controlador de velocidad al motor, con el objetivo de controlar los tiempos de desinfección dentro de la cabina de desinfección.

## CAPÍTULO 5

### Conclusiones y Recomendaciones

En el presente capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó una vez finalizado el diseño y construcción de la estación de limpieza.

#### Conclusiones

Se diseñó y se construyó una estación de limpieza y desinfección para cristalería con sistema clasificador con las siguientes características:

- Consumo Energético: 55 [W]
- Tensión nominal: 110 [V] – 60 [Hz]
- Productividad de limpieza y desinfección: 1800 copas/vasos por hora.
- Velocidad de avance:  $0,015 \left[ \frac{m}{s} \right]$
- Dimensiones:  $1680 \times 859 \times 1300$  [mm]

El subsistema de enjuague cuenta con 4 rociadores de aspersion plana ubicados dos en la parte superior y dos en la parte inferior, con un ángulo de apertura de  $65^\circ$ , presión de trabajo 3 [bar] y caudal por cada aspersor 1,5 [l/min]. El caudal en zonas residenciales en Quito es 7 [l/min] a una presión de 30 [mca] que es equivalente a 2,94 [bar], por lo que la estación de limpieza puede conectarse directamente a cualquier toma de agua y funcionar de manera adecuada.

Se empleó un sistema de clasificación por medio de soportes específicos para cada una de las copas y vasos y de esa manera ayudar a la etapa de inventario.

La cámara de desinfección cuenta con 2 lámparas UV-C de 15 [W], la intensidad de radiación ultravioleta ubicadas a 40 [cm] es  $318,75 \left[ \frac{\mu W}{cm^2} \right]$ . La dosis efectiva para

eliminar al 99.99% la presencia del virus SARS – CoV – 2 es  $16,9 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ ; por lo cual se requiere un tiempo de exposición mayor o igual a 26,5 [s].

El inventario se logró empleando visión por computador, usando colores que identifican cada tipo de soporte, utilizando conversión de imágenes y al detectar una copa se agrega al archivo en Excel.

### **Recomendaciones**

La cadena transportadora emplea rodamientos para el traslado de esta, se recomienda realizar inspecciones continuas a estos con el fin de detectar oxidación y limpiar de manera oportuna. Debido al ambiente de trabajo es posible que sean muy continuas estas inspecciones, por lo que de igual manera se recomienda cambiar de rodamientos de mejor calidad, acero inoxidable.

Se recomienda emplear una bomba, en caso de usar la estación de limpieza en lugares donde el caudal no sea el mínimo aceptable, 6 l/min. De igual manera se recomienda emplear agua a 40°C para una mejor remoción de suciedad.

Posicionar la estación de limpieza en zonas planas sin ningún tipo de inclinación, debido a la caída de la bandeja inferior para el desfogue de agua.

Se recomienda el uso de la estación de limpieza entre dos operarios, aquel que coloca las copas o vasos y el que los retira.

En caso de cambiar las lámparas UV-C, comprar aquellas que no producen ozono en su emisión de luz, para evitar todo tipo de complicaciones.

Evaluar un posible sistema de recirculación con el objetivo de disminuir la cantidad de agua utilizada sin perjudicar la eficiencia del ciclo de limpieza y desinfección.

## **Trabajos Futuros**

Realizar pruebas con agua a diferente temperatura para determinar la temperatura óptima para el ciclo de limpieza; es importante también que pueda transportar elementos de lavado como jabones especiales para cristalería y otro tipo de insumos de hostelería, dentro de compartimentos en la máquina.

Solicitar a las agencias de salud, una validación del proceso de desinfección presente en la estación de limpieza. Este proceso es bastante extenso y debido al tema de la pandemia, los procesos son muy lentos.

Instalar una etapa de secado, posterior a la esterilización con el objetivo de obtener copas/vasos completamente secos al final del recorrido.

## CAPÍTULO 6

### Referencias

- Alles, R. (2008). *Conveyor Belt System Design Service Manual*. Continental ContiTech Transport band systeme GmbH.
- Avance y Tecnología en Plásticos. (2015). *Pegamento Acrílico PG Plus*.  
<https://avanceytec.com.mx/productos/plasticos/adhesivos-para-acrilicos/pegamento-acrilico-pg-plus/pdf/pegamento-acrilico-pg-plus.pdf>
- Bertocchi, S., & De, J. A. R. (2017). Conocimiento de las medidas de bioseguridad en personal de salud. *Horizonte Médico (Lima)*, 17(4), 53-57.  
<https://doi.org/10.24265/horizmed.2017.v17n4.09>
- Biasin, M., Bianco, A., Pareschi, G., Cavalleri, A., Cavatorta, C., Fenizia, C., Galli, P., Lessio, L., Lualdi, M., Tombetti, E., Ambrosi, A., Redaelli, E. M. A., Saulle, I., Trabattoni, D., Zanutta, A., & Clerici, M. (2021). UV-C irradiation is highly effective in inactivating SARS-CoV-2 replication. *Scientific Reports*, 11(1), 6260.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-85425-w>
- Briones, A., & Hoyos, C. (2020). *Lineamientos de prevención y control para casos SARS CoV-2/COVID19*. Ministerio de Salud Pública. [https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2020/03/lineamientos\\_covid-19\\_\\_final\\_09-06-2020\\_v3\\_1-2.pdf](https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2020/03/lineamientos_covid-19__final_09-06-2020_v3_1-2.pdf)
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). *Shigley's mechanical engineering design* (8th ed). McGraw-Hill Higher Education.
- Christensen, L., Suggs, A., & Baron, E. (2017). Ultraviolet Photobiology in Dermatology. En S. I. Ahmad (Ed.), *Ultraviolet Light in Human Health, Diseases and Environment* (Vol. 996, pp. 89-104). Springer International Publishing.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-56017-5\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56017-5_8)

- Di Pierro, F., Bertuccioli, A., & Cavecchia, I. (2020). Possible therapeutic role of a highly standardized mixture of active compounds derived from cultured *Lentinula edodes* mycelia (AHCC) in patients infected with 2019 novel coronavirus. *Minerva Gastroenterologica e Dietologica*, 66(2). <https://doi.org/10.23736/S1121-421X.20.02697-5>
- DIPAC. (s. f.). *Eje AISI 4340 (705)*. Dipac Manta S.A. Recuperado 20 de abril de 2021, de <http://www.dipacmanta.com/aisi-4340>
- García, F. J., Hernández, R. J., Kaminer, I., Meyerhans, A., Rosell-Llompart, J., & Sanchez-Elsner, T. (2020). Back to Normal: An Old Physics Route to Reduce SARS-CoV-2 Transmission in Indoor Spaces. *ACS Nano*, 14(7), 7704-7713. <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c04596>
- Grassler, I., & Hentze, J. (2020). The new V-Model of VDI 2206 and its validation. *at - Automatisierungstechnik*, 68, 312-324. <https://doi.org/10.1515/auto-2020-0015>
- Hafman, A. (2017). *Material Handling*.
- Hardjawanata, K., Setiawati, R., & Dewi, W. (2005). Bactericidal Efficacy of Ultraviolet Irradiation on *Staphylococcus aureus*. *Asian Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 17(3), 157-161. [https://doi.org/10.1016/S0915-6992\(05\)80043-3](https://doi.org/10.1016/S0915-6992(05)80043-3)
- Hobart. (2010). *Glass Washing Guide*.
- Holbery, J., & Houston, D. (2006). Natural-fiber-reinforced polymer composites in automotive applications. *JOM*, 58(11), 80-86. <https://doi.org/10.1007/s11837-006-0234-2>
- Hung, L. S. (2003). The SARS epidemic in Hong Kong: What lessons have we learned? *JRSM*, 96(8), 374-378. <https://doi.org/10.1258/jrsm.96.8.374>
- InduServices. (s. f.). *Boquillas de Aspersión CYCO*. CriptoMerkado. Recuperado 5 de agosto de 2021, de <https://induservicesecuador.com>
- Garantía de seguridad alimentaria, ISO 22000 (2005).

- Jayaweera, M., Perera, H., Gunawardana, B., & Manatunge, J. (2020). Transmission of COVID-19 virus by droplets and aerosols: A critical review on the unresolved dichotomy. *Environmental Research*, 188, 109819.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109819>
- JWD. (s. f.). *Small AC Gear Motor 25W/30W/80mm*. Recuperado 7 de abril de 2021, de <http://en.jwdmotor.com/product/25W30W%E2%96%A180mm-74.html>
- Kowalski, W. J. (2009). *Ultraviolet germicidal irradiation handbook: UVGI for air and surface disinfection*. Springer-Verlag.
- Limón, A. (2006). *Guía para la Aplicación de La Norma UNE-EN-ISO 22000*. Instituto de Formación Integral.
- Liu, J., Liao, X., Qian, S., Yuan, J., Wang, F., Liu, Y., Wang, Z., Wang, F.-S., Liu, L., & Zhang, Z. (2020). Community Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2, Shenzhen, China, 2020. *Emerging Infectious Diseases*, 26(6). <https://doi.org/10.3201/eid2606.200239>
- MC Sterilizer. (2020). *Parámetros Técnicos de tubos germicidas UVC*.
- Meulemans, C. C. E. (1987). The Basic Principles of UV–Disinfection of Water. *Ozone: Science & Engineering*, 9(4), 299-313.  
<https://doi.org/10.1080/01919518708552146>
- Morawska, L., & Cao, J. (2020). Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. *Environment International*, 139, 105730.  
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105730>
- Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*.  
<https://elibro.net/ereader/elibrodemo/74128>
- Mott, R. L., Vavrek, E. M., & Wang, J. (2018). *Machine elements in mechanical design* (Sixth edition). Pearson.

- Pressman, P., Naidu, A. S., & Clemens, R. (2020). COVID-19 and Food Safety: Risk Management and Future Considerations. *Nutrition Today*, 55(3), 125-128.  
<https://doi.org/10.1097/NT.0000000000000415>
- Qualls, R. G., Flynn, M. P., & Johnson, J. D. (1983). The Role of Suspended Particles in Ultraviolet Disinfection. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 55(10), 1280-1285.
- Renold. (2012). Conveyor Chain Designer Guide. En *Conveyor chain Installation, maintenance & designer guide*. <https://www.renold.com/media/165388/conveyor-ins-main-ren16-eng-10-10.pdf>
- ŘETĚZY VAMBERK. (2016). *Cálculo de la cadena de transporte*. <https://www.retezy-vam.com/es/asistencia-tecnica/calculo-de-la-cadena-de-transporte>
- The Beer Times. (2020, julio 7). Guía de vasos y copas para cócteles. *The Beer Times*.  
<https://www.thebeertimes.com/guia-de-vasos-y-copas-para-cocteles/>
- Velásquez Salazar, F. J. (2018). *Caracterización de las propiedades mecánicas del duralón* [Pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas].  
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/15085/T-ESPE-040463.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Voudoukis, N., & Oikonomidis, S. (2017). Inverse square law for light and radiation: A unifying educational approach. *European Journal of Engineering Research and Science*, 2(11), 23. <https://doi.org/10.24018/ejers.2017.2.11.517>
- Wang, C., Horby, P. W., Hayden, F. G., & Gao, G. F. (2020). A novel coronavirus outbreak of global health concern. *The Lancet*, 395(10223), 470-473.  
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30185-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30185-9)
- Zuber, S., & Brüßow, H. (2020). COVID 19: Challenges for virologists in the food industry. *Microbial Biotechnology*, 13(6), 1689-1701.  
<https://doi.org/10.1111/1751-7915.13638>