



**Diseño y construcción de un sistema automatizado para optimizar la elaboración de cócteles reduciendo su tiempo de preparación con interfaz de control mediante dispositivo móvil y registro de consumo centralizado para la empresa Artil Robotics por requerimientos del restaurante MM Wings**

Mayorga Mayorga, José Antonio y Viscarra Pardo, Josué Andrés

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecatrónico

Ing. Caizalítín Quinaluisa, Edwin Alejandro

Latacunga

## Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

## Document Information

Analyzed document	Mayorga - Viscarra.pdf (D158632597)
Submitted	2/14/2023 6:20:00 PM
Submitted by	
Submitter email	byron.corrales@utc.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	byron.corrales.utc@analysis.urkund.com

## Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&amp;tutorial_id=3">https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&amp;tutorial_id=3</a> Fetched: 2/14/2023 6:20:00 PM	2
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/crydom-solid-state-relays-vs-electrom...">https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/crydom-solid-state-relays-vs-electrom...</a> Fetched: 2/14/2023 6:22:00 PM	2
<b>W</b>	URL: <a href="https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf">https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf</a> Fetched: 2/14/2023 6:22:00 PM	1
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.becas-santander.com/es/blog/python-que-es.html">https://www.becas-santander.com/es/blog/python-que-es.html</a> Fetched: 2/14/2023 6:22:00 PM	1
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.slideshare.net/louisars/manual-cocteleria">https://www.slideshare.net/louisars/manual-cocteleria</a> Fetched: 10/16/2020 1:04:37 PM	1
<b>W</b>	URL: <a href="https://micursoandme.files.wordpress.com/2014/06/cocteles-y-aperitivos.pdf">https://micursoandme.files.wordpress.com/2014/06/cocteles-y-aperitivos.pdf</a> Fetched: 7/18/2020 6:24:42 AM	1
<b>W</b>	URL: <a href="https://herzager.com/nuevos-productos/industria-alimenticia/">https://herzager.com/nuevos-productos/industria-alimenticia/</a> Fetched: 2/14/2023 6:21:00 PM	1
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.pdcahome.com/1932/qfd-despliegue-calidad/">https://www.pdcahome.com/1932/qfd-despliegue-calidad/</a> Fetched: 2/14/2023 6:21:00 PM	1
<b>W</b>	URL: <a href="https://library.co/document/q5m48o7y-metodologias-diseno-circuitos-ladder-base-sistemas-secue...">https://library.co/document/q5m48o7y-metodologias-diseno-circuitos-ladder-base-sistemas-secue...</a> Fetched: 2/14/2023 6:21:00 PM	1
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1360/1/Tesis%20L%20M.%2089%20-%20Cabezas%20">https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1360/1/Tesis%20L%20M.%2089%20-%20Cabezas%20</a> Fetched: 2/14/2023 6:21:00 PM	1
<b>W</b>	URL: <a href="http://asesordecalidad.blogspot.com/2017/03/qfd-la-casa-de-la-calidad-herramienta.html">http://asesordecalidad.blogspot.com/2017/03/qfd-la-casa-de-la-calidad-herramienta.html</a> Fetched: 2/14/2023 6:21:00 PM	1

<https://secure.urkund.com/View/151449711-006909-285028#/>

1/41



Ing. Caizalín Quinaluisa, Edwin Alejandro M.Sc.  
Director



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

#### Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: "Diseño y construcción de un sistema automatizado para optimizar la elaboración de cócteles reduciendo su tiempo de preparación con interfaz de control mediante dispositivo móvil y registro de consumo centralizado para la empresa Artil Robotics por requerimientos del restaurante MM Wings" fue realizado por los señores **Mayorga Mayorga, José Antonio y Viscarra Pardo Josué Andrés**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 14 de febrero de 2023

Ing. Caizalitin Quinaluisa, Edwin Alejandro M.Sc.

C. C.: 0503351397



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica  
Carrera de Ingeniería Mecatrónica

**Responsabilidad de Autoría**

Nosotros, **Mayorga Mayorga, José Antonio**, con cédula de ciudadanía n° 1804911442 y **Viscarra Pardo, Josué Andrés**, con cédula de ciudadanía n° 1804296802 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Diseño y construcción de un sistema automatizado para optimizar la elaboración de cócteles reduciendo su tiempo de preparación con interfaz de control mediante dispositivo móvil y registro de consumo centralizado para la empresa Artil Robotics por requerimientos del restaurante MM Wings** 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.

Latacunga, 14 de febrero de 2023

**Mayorga Mayorga, José Antonio**

C.C.: 1804911442

**Viscarra Pardo, Josué Andrés**

C.C.: 1804296802



Departamento de Ciencias de Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

#### Autorización de Publicación

Nosotros **Mayorga Mayorga, José Antonio**, con cédula de ciudadanía n°1804911442 y **Viscarra Pardo, Josué Andrés**, con cédula de ciudadanía n°1804296802 autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Diseño y construcción de un sistema automatizado para optimizar la elaboración de cócteles reduciendo su tiempo de preparación con interfaz de control mediante un dispositivo móvil y registro de consumo centralizado para la empresa Artil Robotics por requerimiento del restaurante MMWings en el Repositorio Institucional**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 15 de febrero 2023

**Mayorga Mayorga, José Antonio**

C.C: 1804911442

**Viscarra Pardo, Josué Andrés**

C.C: 1804296802

## Dedicatoria

*A mi abuelo Gonzalo, quien compartió conmigo su pasión por crear y construir,  
desde la primera cometa que fabricamos juntos; ahora me acompaña desde el cielo  
festejando mis triunfos y elevando mis sueños*

*Mayorga Mayorga, José Antonio*

## **Dedicatoria**

*Dedico este trabajo principalmente a mi madre, por su aliento y motivación en cada momento de mi vida, su lucha incansable y sin duda alguna su esfuerzo han sido siempre un ejemplo constante para hacerme saber que siempre puedo dar mucho más de mí. De igual manera a mi papá, abuelita Yolanda, abuelita Lu, primos, tíos, tías y a mis hermanos, a ustedes este logro, por estar siempre conmigo y ser pilares fundamentales durante toda mi vida.*

*Y una dedicatoria especial a mi pequeño angelito Paula Martina, a ti mi querida niña que ahora me cuidas desde el cielo, todos los logros y objetivos que alcance a lo largo de mi vida son y siempre serán dedicados a ti, te amo por siempre.*

*Viscarra Pardo, Josué Andrés*

## **Agradecimiento**

*Agradezco a mis amados padres por la confianza, amor y apoyo brindado durante toda mi vida estudiantil, que sepan que cada que esfuerzo que realizaron valió la pena, pues fueron combustible vital para cada paso que he dado hasta llegar aquí.*

*Mayorga Mayorga, José Antonio*

## **Agradecimiento**

*Agradezco primeramente a Dios por todas sus bendiciones a lo largo de toda mi vida. A mi madre por su apoyo incondicional, por estar presente siempre y alentarme cuando más lo necesitaba, por aquellas veces que me levantó cuando estaba a punto de rendirme y por aquellas veces que me acompañó cuando lo único que necesitaba era una mano amiga para seguir adelante. A mi padre por su amistad y apoyo.*

*A toda mi familia, abuelitas, tíos, tías y hermanos. Gracias por nunca dudar de mí y siempre estar conmigo.*

*A todos mis amigos que me han acompañado a lo largo de toda mi vida y me han brindado su apoyo.*

*Viscarra Pardo, Josué Andrés*

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>Carátula.....</b>	<b>1</b>
<b>Reporte de verificación de contenidos.....</b>	<b>2</b>
<b>Certificación.....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de autoría.....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación.....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>6</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>7</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>8</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>9</b>
<b>Índice de contenidos.....</b>	<b>10</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>18</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>24</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>27</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>28</b>
<b>Capítulo I: Generalidade.....</b>	<b>29</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>29</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>29</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>30</b>
<b>Descripción resumida del proyecto .....</b>	<b>32</b>
<b>Justificación e importancia .....</b>	<b>34</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>36</b>

<i>Objetivo general</i> .....	36
<i>Objetivos específicos</i> .....	36
Hipótesis .....	36
Capítulo II: Fundamentación teórica.....	37
Industria 4.0 .....	37
Internet de las cosas (IoT) .....	37
MQTT .....	38
Gas ideal .....	38
Ley de Boyle .....	39
Principio de Bernoulli .....	40
Sensores y actuadores .....	41
<i>Sensores</i> .....	41
<i>Clasificación de los sensores</i> .....	42
<i>Sensores de fuerza</i> .....	43
<i>Celdas de carga</i> .....	43
<i>Actuadores</i> .....	44
Servomotores .....	46
<i>Relés</i> .....	47
<i>Relé electromecánico</i> .....	47
<i>Módulo relé</i> .....	48
<i>Relé de estado sólido</i> .....	49

<i>Relé de estado sólido SSR- 40 DA</i> .....	50
<b>Bombas y compresores</b> .....	51
<i>Bomba de membrana</i> .....	52
<b>Transistores</b> .....	53
<i>Transistor bipolar BJT</i> .....	55
<i>Transistor Metal – Óxido – Semiconductor MOSFET</i> .....	56
<b>Microprocesadores y Microcontroladores</b> .....	57
<i>Microcontroladores</i> .....	57
<i>Microprocesadores</i> .....	57
<i>RaspberryPi</i> .....	58
<i>Raspberry Pi 3</i> .....	58
<b>Sistemas embebidos</b> .....	60
<b>Ingeniería Web</b> .....	61
<i>Aplicaciones Web</i> .....	62
<i>Categorías de las aplicaciones web</i> .....	62
<i>Características de las aplicaciones web</i> .....	64
<i>Backend</i> .....	65
<i>Python</i> .....	65
<i>Frontend</i> .....	65
<i>Localstorage</i> .....	67
<i>Almacenamiento en la nube</i> .....	67
<i>Firebase</i> .....	67

Coctelería.....	68
<i>Preparación de cócteles.....</i>	68
<i>Medidas estándar.....</i>	68
<i>Características básicas de un cóctel.....</i>	70
<i>Normas básicas de elaboración de un cóctel.....</i>	70
<i>Métodos de preparación de un cóctel.....</i>	71
<i>Coctelería automática.....</i>	71
Sistemas mecatrónicos en la industria alimentaria .....	72
<i>Selección de componentes en la industria alimentaria .....</i>	72
Capítulo III: Diseño y construcción.....	75
Diseño del sistema .....	75
<i>Necesidad del cliente.....</i>	75
<i>Especificaciones técnicas del sistema .....</i>	77
Casa de la calidad .....	77
<i>Análisis de los resultados obtenidos de la casa de la calidad.....</i>	79
<i>Comparaciones con la competencia (Benchemarking) .....</i>	79
<i>Establecer los Valores objetivos para las Métricas.....</i>	81
Generación de conceptos.....	83
<i>Método de 5 pasos.....</i>	83
<i>Aclaración del problema y descomposición en subproblemas .....</i>	85
<i>Descomposición.....</i>	85
<i>Búsqueda Externa (Benchmark).....</i>	87

<i>Búsqueda Interna</i> .....	89
<i>Explorar sistemáticamente</i> .....	90
<i>Árbol de clasificación del material</i> .....	91
<i>Árbol de clasificación del método de succión</i> .....	92
<i>Tabla de combinación de conceptos</i> .....	93
<i>Reflexión sobre las soluciones y el proceso.</i> .....	96
<b>Selección de Conceptos</b> .....	97
<i>Filtrado de conceptos de sensores para controlar el nivel de dosificación de líquido</i> .....	100
<i>Evaluación de conceptos de sensores para controlar el nivel de dosificación de líquido</i> .....	101
<i>Filtrado de conceptos ordenador mono placa</i> .....	102
<i>Evaluación de conceptos de ordenador monoplaca</i> .....	103
<b>Arquitectura de Producto</b> .....	104
<i>Esquema del producto</i> .....	105
<i>Agrupar los elementos del esquema</i> .....	106
<i>Disposición geométrica aproximada</i> .....	107
<i>Identificar interacciones fundamentales e incidentales</i> .....	108
<b>Diseño del mecanismo de dosificación.</b> .....	110
<i>Bomba de Presión</i> .....	110
<i>Análisis con la botella totalmente llena</i> .....	112
<i>Análisis con la botella a mínima capacidad</i> .....	115
<i>Evaluación de conceptos de bomba dosificadora</i> .....	117

<i>Selección de mangueras</i> .....	119
Diseño electrónico del sistema de dosificación.....	120
<i>Diseño de PCB</i> .....	124
Diseño mecánico .....	135
<i>Diseño de las válvulas de apertura y cierre para las mangueras</i> .....	137
<i>Diseño de la leva</i> .....	140
<i>Diseño de la carcasa de la válvula</i> .....	151
<i>Diseño de base para componentes internos</i> .....	157
Diseño General de la Estructura .....	162
<i>Base del dispositivo</i> .....	164
<i>Varillas</i> .....	166
<i>Malla Superior</i> .....	168
<i>Modulo Frontal</i> .....	170
<i>Tapa del Módulo</i> .....	170
<i>Base del del Módulo</i> .....	172
<i>Paredes del Módulo</i> .....	174
Desarrollo de protocolo de comunicación .....	177
Diseño y programación de Web App .....	178
Almacenamiento local y en la nube .....	186
Construcción del sistema automático de dosificación de cócteles .....	188
<i>Estructura mecánica del sistema</i> .....	188

Construcción de sistema electrónico .....	189
Instalación del sistema de dosificación.....	190
Capítulo IV: Implementación, pruebas y resultados.....	195
Implementación del sistema automático de dosificación de cócteles .....	195
Pruebas de funcionamiento y resultados.....	196
<i>Prueba de dosificación.....</i>	<i>197</i>
<i>Prueba de tiempo de dosificación .....</i>	<i>199</i>
<i>Prueba de sabor.....</i>	<i>200</i>
<i>Pruebas de conectividad.....</i>	<i>201</i>
<i>Pruebas de monitoreo de registro de consumo en Firebase.....</i>	<i>202</i>
Validación de la hipótesis.....	203
<i>La reducción del tiempo de preparación.....</i>	<i>204</i>
<i>Dosificación de los cocteles .....</i>	<i>205</i>
Análisis de costos para el sistema automático de dosificación de cócteles..	206
<i>Costos directos.....</i>	<i>206</i>
<i>Costos indirectos.....</i>	<i>207</i>
<i>Costo total.....</i>	<i>208</i>
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.....	212
Conclusiones.....	212
Recomendaciones.....	213
Bibliografía.....	214

**Anexos.....221**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Ilustración de protocolo MQTT</i> .....	<b>38</b>
<b>Figura 2</b> <i>Movimiento de partículas en gases ideales</i> .....	<b>39</b>
<b>Figura 3</b> <i>Variación de volumen y presión en un recipiente</i> .....	<b>40</b>
<b>Figura 4</b> <i>Velocidad de fluido en tuberías</i> .....	<b>41</b>
<b>Figura 5</b> <i>Clasificación de los sensores según el tipo de transducción</i> .....	<b>42</b>
<b>Figura 6</b> <i>Clasificación de sensores según el tipo de variable medida</i> .....	<b>43</b>
<b>Figura 7</b> <i>Celda de carga</i> .....	<b>44</b>
<b>Figura 8</b> <i>Clasificación de los actuadores</i> .....	<b>45</b>
<b>Figura 9</b> <i>Constitución interna de un servomotor</i> .....	<b>46</b>
<b>Figura 10</b> <i>Relé electromecánico</i> .....	<b>48</b>
<b>Figura 11</b> <i>Módulo relé</i> .....	<b>49</b>
<b>Figura 12</b> <i>Relé de estado sólido</i> .....	<b>49</b>
<b>Figura 13</b> <i>Relé de estado sólido SSR 40-DA</i> .....	<b>50</b>
<b>Figura 14</b> <i>Funcionamiento de una bomba de membrana</i> .....	<b>53</b>
<b>Figura 15</b> <i>Clasificación de los transistores</i> .....	<b>55</b>
<b>Figura 16</b> <i>Simbología electrónica de un transistor</i> .....	<b>56</b>
<b>Figura 17</b> <i>Simbología electrónica de un MOSFET</i> .....	<b>57</b>
<b>Figura 18</b> <i>RaspberryPi 3</i> .....	<b>58</b>
<b>Figura 19</b> <i>Medidas de una RaspberryPi 3</i> .....	<b>60</b>
<b>Figura 20</b> <i>Componentes de los sistemas embebidos</i> .....	<b>61</b>
<b>Figura 21</b> <i>Clasificación de las aplicaciones web</i> .....	<b>63</b>
<b>Figura 22</b> <i>Evolución de las aplicaciones web</i> .....	<b>64</b>

<b>Figura 23</b> <i>Generación de conceptos en 5 pasos</i> .....	<b>84</b>
<b>Figura 24</b> <i>Caja negra del sistema de dosificación</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura 25</b> <i>Subfunciones del sistema de dosificación</i> .....	<b>87</b>
<b>Figura 26</b> <i>Dosificadores de cervezas en el restaurante Katari</i> .....	<b>88</b>
<b>Figura 27</b> <i>Sistema de dosificación de cócteles automático Bartendro</i> .....	<b>88</b>
<b>Figura 28</b> <i>Sistema de dosificación a nivel institucional</i> .....	<b>89</b>
<b>Figura 29</b> <i>División de opciones de materiales de fabricación</i> .....	<b>92</b>
<b>Figura 30</b> <i>Métodos de solución para la succión del sistema</i> .....	<b>92</b>
<b>Figura 31</b> <i>Tabla de combinación de conceptos</i> .....	<b>93</b>
<b>Figura 32</b> <i>Opción A de soluciones planteadas</i> .....	<b>94</b>
<b>Figura 33</b> <i>Opción B de soluciones planteadas</i> .....	<b>95</b>
<b>Figura 34</b> <i>Opción C de soluciones planteadas</i> .....	<b>95</b>
<b>Figura 35</b> <i>Opción D de soluciones planteadas</i> .....	<b>96</b>
<b>Figura 36</b> <i>Estructura del sistema automático</i> .....	<b>106</b>
<b>Figura 37</b> <i>Agrupación de elementos del sistema de dosificación</i> .....	<b>107</b>
<b>Figura 38</b> <i>Disposición geométrica aproximada del sistema</i> .....	<b>108</b>
<b>Figura 39</b> <i>Interacciones fundamentales del sistema</i> .....	<b>109</b>
<b>Figura 40</b> <i>Interacciones incidentales del sistema</i> .....	<b>110</b>
<b>Figura 41</b> <i>Principio de Bernoulli en un recipiente</i> .....	<b>111</b>
<b>Figura 42</b> <i>Principio físico aplicado en el sistema de dosificación</i> .....	<b>112</b>
<b>Figura 43</b> <i>Análisis de presión con la botella completamente llena</i> .....	<b>112</b>
<b>Figura 44</b> <i>Presión absoluta dentro de la botella totalmente llena</i> .....	<b>114</b>
<b>Figura 45</b> <i>Relación entre presiones</i> .....	<b>114</b>

<b>Figura 46</b> <i>Análisis de presión con la botella vacía</i> .....	<b>116</b>
<b>Figura 47</b> <i>Bomba Pawfly de 150 GPH</i> .....	<b>118</b>
<b>Figura 48</b> <i>Mangueras de grado alimenticio Metaland</i> .....	<b>119</b>
<b>Figura 49</b> <i>Uniones T 3/16"</i> .....	<b>120</b>
<b>Figura 50</b> <i>Fuente de alimentación Mean Well LRS-50-5</i> .....	<b>123</b>
<b>Figura 51</b> <i>Elementos electrónicos controlados por la RaspberryPi 3</i> .....	<b>124</b>
<b>Figura 52</b> <i>Asignación de pines GPIO con dispositivos electrónicos</i> .....	<b>126</b>
<b>Figura 53</b> <i>Circuito de activación de relé electromecánico</i> .....	<b>129</b>
<b>Figura 54</b> <i>Valores comerciales de resistencias</i> .....	<b>130</b>
<b>Figura 55</b> <i>Diagrama esquemático del sistema</i> .....	<b>132</b>
<b>Figura 56</b> <i>Capas frontal y posterior de la PCB</i> .....	<b>134</b>
<b>Figura 57</b> <i>Diseño final de PCB</i> .....	<b>135</b>
<b>Figura 58</b> <i>Factores para determinar el coeficiente de seguridad</i> .....	<b>136</b>
<b>Figura 59</b> <i>Diseño inicial de válvula para dosificación</i> .....	<b>138</b>
<b>Figura 60</b> <i>Cálculo de fuerza para el cerrar mangueras</i> .....	<b>138</b>
<b>Figura 61</b> <i>Fuerza aplicada en el servomotor</i> .....	<b>139</b>
<b>Figura 62</b> <i>Servomotor MG996R</i> .....	<b>139</b>
<b>Figura 63</b> <i>Representación gráfica de los movimientos de la leva</i> .....	<b>141</b>
<b>Figura 64</b> <i>Representación del movimiento de la leva de 0° a 90°</i> .....	<b>141</b>
<b>Figura 65</b> <i>Análisis de posición, velocidad y aceleración de la leva</i> .....	<b>142</b>
<b>Figura 66</b> <i>Gráfica ángulo vs desplazamiento lineal de la leva</i> .....	<b>147</b>
<b>Figura 67</b> <i>Análisis de estrés realizado en la leva</i> .....	<b>150</b>
<b>Figura 68</b> <i>Factor de seguridad obtenido de la leva</i> .....	<b>150</b>

<b>Figura 69</b> <i>Bosquejo final de la carcasa para la válvula</i> .....	<b>152</b>
<b>Figura 70</b> <i>Diseño final de la carcasa de la válvula</i> .....	<b>152</b>
<b>Figura 71</b> <i>Despiece de la carcasa realizado</i> .....	<b>153</b>
<b>Figura 72</b> <i>Análisis de desplazamiento de la carcasa</i> .....	<b>154</b>
<b>Figura 73</b> <i>Análisis de estrés factor de seguridad carcasa</i> .....	<b>155</b>
<b>Figura 74</b> <i>Prototipo de la carcasa de la válvula</i> .....	<b>156</b>
<b>Figura 75</b> <i>Diseño final de la carcasa de la válvula</i> .....	<b>157</b>
<b>Figura 76</b> <i>Distribución final de los componentes</i> .....	<b>158</b>
<b>Figura 77</b> <i>Análisis de estrés realizado en la plancha de acrílico</i> .....	<b>158</b>
<b>Figura 78</b> <i>Análisis de deformación sobre la plancha de acrílico</i> .....	<b>159</b>
<b>Figura 79</b> <i>Análisis factor de seguridad de la plancha de acrílico</i> .....	<b>160</b>
<b>Figura 80</b> <i>Prototipo de plancha de sujeción de elementos electrónicos</i> .....	<b>162</b>
<b>Figura 81</b> <i>Ensamble general del sistema</i> .....	<b>163</b>
<b>Figura 82</b> <i>Fuerza equivalente en la base de la estructura</i> .....	<b>164</b>
<b>Figura 83</b> <i>Análisis de Deformación</i> .....	<b>165</b>
<b>Figura 84</b> <i>Análisis de Factor de Seguridad</i> .....	<b>165</b>
<b>Figura 85</b> <i>Varilla sometida a tensión</i> .....	<b>167</b>
<b>Figura 86</b> <i>Análisis de estrés en la varilla</i> .....	<b>167</b>
<b>Figura 87</b> <i>Análisis de estrés realizado en la malla superior</i> .....	<b>169</b>
<b>Figura 88</b> <i>Fuerza aplicada en la parte superior de la tapa del módulo</i> .....	<b>171</b>
<b>Figura 89</b> <i>Análisis de estrés en la tapa superior</i> .....	<b>171</b>
<b>Figura 90</b> <i>Fuerza equivalente aplicada en la base del módulo</i> .....	<b>173</b>
<b>Figura 91</b> <i>Análisis de estrés aplicado en la base</i> .....	<b>173</b>

<b>Figura 92</b> <i>Fuerzas aplicadas en las paredes del módulo</i> .....	<b>175</b>
<b>Figura 93</b> <i>Análisis de estrés en las paredes del módulo</i> .....	<b>175</b>
<b>Figura 94</b> <i>Instalación de mosquitto en la RaspberryPi</i> .....	<b>177</b>
<b>Figura 95</b> <i>Mensaje enviado por el publicador</i> .....	<b>177</b>
<b>Figura 96</b> <i>Mensaje recibido por el suscriptor</i> .....	<b>177</b>
<b>Figura 97</b> <i>Tópico en programas de python</i> .....	<b>178</b>
<b>Figura 98</b> <i>Diagrama de flujo del sistema</i> .....	<b>179</b>
<b>Figura 99</b> <i>Funcionamiento mediante MQTT</i> .....	<b>180</b>
<b>Figura 10</b> <i>Menú principal de la WebApp</i> .....	<b>181</b>
<b>Figura 101</b> <i>Lista de cócteles disponibles</i> .....	<b>181</b>
<b>Figura 102</b> <i>Información de los cócteles a prepararse</i> .....	<b>182</b>
<b>Figura 103</b> <i>Alarma en los cócteles</i> .....	<b>183</b>
<b>Figura 104</b> <i>Pantalla de configuración</i> .....	<b>183</b>
<b>Figura 105</b> <i>Ingreso de volumen inicial de las bebidas</i> .....	<b>184</b>
<b>Figura 106</b> <i>Pad para el ingreso de volumen inicial</i> .....	<b>185</b>
<b>Figura 107</b> <i>Ingreso de datos manualmente en Firebase</i> .....	<b>187</b>
<b>Figura 108</b> <i>Registro de consumo en Firebase</i> .....	<b>187</b>
<b>Figura 109</b> <i>Soldadura del módulo frontal de la estructura</i> .....	<b>188</b>
<b>Figura 110</b> <i>Estructura mecánica final</i> .....	<b>189</b>
<b>Figura 111</b> <i>PCB con los componentes</i> .....	<b>190</b>
<b>Figura 112</b> <i>Montaje de los elementos en la plancha de acrílico</i> .....	<b>191</b>
<b>Figura 113</b> <i>Elementos en la parte frontal</i> .....	<b>192</b>
<b>Figura 114</b> <i>Elementos en la parte posterior</i> .....	<b>192</b>

<b>Figura 115</b> <i>Punto de dosificación de los cócteles</i> .....	<b>193</b>
<b>Figura 116</b> <i>Tablero de distribución de elementos</i> .....	<b>194</b>
<b>Figura 117</b> <i>Estructura final</i> .....	<b>194</b>
<b>Figura 118</b> <i>Sistema instalado en el restaurante MMWings</i> .....	<b>195</b>
<b>Figura 119</b> <i>Partes del sistema de dosificación</i> .....	<b>196</b>
<b>Figura 120</b> <i>Almacenamiento de volúmenes iniciales de las bebidas</i> .....	<b>203</b>
<b>Figura 121</b> <i>Registro de consumo diario de cada botella</i> .....	<b>203</b>
<b>Figura 122</b> <i>Bartendro</i> .....	<b>209</b>
<b>Figura 123</b> <i>Barbot</i> .....	<b>211</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Características técnicas SSR 40-DA</i> .....	<b>50</b>
<b>Tabla 2</b> <i>Características técnicas RaspberryPi 3</i> .....	<b>58</b>
<b>Tabla 3</b> <i>Fracciones de cóctel y su equivalencia en centilitros</i> .....	<b>69</b>
<b>Tabla 4</b> <i>Necesidades del cliente establecidas previas al diseño</i> .....	<b>76</b>
<b>Tabla 5</b> <i>Especificaciones técnicas del sistema</i> .....	<b>77</b>
<b>Tabla 6</b> <i>Casa de la calidad</i> .....	<b>78</b>
<b>Tabla 7</b> <i>Comparativa entre productos del medio</i> .....	<b>80</b>
<b>Tabla 8</b> <i>Comparación con la competencia</i> .....	<b>81</b>
<b>Tabla 9</b> <i>Especificaciones objetivo</i> .....	<b>82</b>
<b>Tabla 10</b> <i>Simbología de flujos</i> .....	<b>86</b>
<b>Tabla 11</b> <i>Soluciones posibles a la problemática planteada</i> .....	<b>91</b>
<b>Tabla 12</b> <i>Filtrado de conceptos del sistema automático</i> .....	<b>99</b>
<b>Tabla 13</b> <i>Evaluación de conceptos del sistema</i> .....	<b>100</b>
<b>Tabla 14</b> <i>Filtrado de conceptos de sensores</i> .....	<b>101</b>
<b>Tabla 15</b> <i>Evaluación de conceptos de sensores</i> .....	<b>102</b>
<b>Tabla 16</b> <i>Filtrado de conceptos de ordenador monoplaca</i> .....	<b>103</b>
<b>Tabla 17</b> <i>Evaluación de conceptos de ordenador monoplaca</i> .....	<b>104</b>
<b>Tabla 18</b> <i>Evaluación de conceptos de bomba dosificadora</i> .....	<b>117</b>
<b>Tabla 19</b> <i>Características técnicas Bomba Pawfly</i> .....	<b>118</b>
<b>Tabla 20</b> <i>Elementos electrónicos seleccionados para el sistema</i> .....	<b>120</b>
<b>Tabla 21</b> <i>Parámetros para la selección de la fuente de voltaje</i> .....	<b>122</b>
<b>Tabla 22</b> <i>Características técnicas Mean Well LRS-50-5</i> .....	<b>123</b>

<b>Tabla 23</b> <i>Asignación de pines GPIO</i> .....	<b>124</b>
<b>Tabla 24</b> <i>Características pines GPIO I/O RaspberryPi 3</i> .....	<b>126</b>
<b>Tabla 25</b> <i>Ventajas y desventajas de MOSFET vs BJT</i> .....	<b>127</b>
<b>Tabla 26</b> <i>Características técnicas transistores 2N2222a y BC337</i> .....	<b>128</b>
<b>Tabla 27</b> <i>Características técnicas MOSFET BSS 138</i> .....	<b>131</b>
<b>Tabla 28</b> <i>Factores de seguridad de componentes mecánicos</i> .....	<b>137</b>
<b>Tabla 29</b> <i>Características técnicas servomotor MG996R</i> .....	<b>140</b>
<b>Tabla 30</b> <i>Movimientos realizados por el servomotor</i> .....	<b>140</b>
<b>Tabla 31</b> <i>Relación grados-desplazamiento de la leva</i> .....	<b>146</b>
<b>Tabla 32</b> <i>Diseño de la leva</i> .....	<b>147</b>
<b>Tabla 33</b> <i>Características mecánicas del Ácido Poliláctico</i> .....	<b>149</b>
<b>Tabla 34</b> <i>Resultados del análisis de estrés en la leva</i> .....	<b>150</b>
<b>Tabla 35</b> <i>Características físicas del PLA usado en la carcasa</i> .....	<b>153</b>
<b>Tabla 36</b> <i>Fuerzas aplicadas sobre la carcasa</i> .....	<b>154</b>
<b>Tabla 37</b> <i>Resultados generales del análisis de estrés en la Carcasa</i> .....	<b>155</b>
<b>Tabla 38</b> <i>Resultados del análisis de estrés de la plancha</i> .....	<b>159</b>
<b>Tabla 39</b> <i>Resultados del análisis de estrés en plancha de acrílico</i> .....	<b>160</b>
<b>Tabla 40</b> <i>Propiedades mecánicas del Acero Inoxidable</i> .....	<b>163</b>
<b>Tabla 41</b> <i>Resultados de análisis de la base de la estructura</i> .....	<b>166</b>
<b>Tabla 42</b> <i>Resultados de análisis de estrés en la varilla</i> .....	<b>168</b>
<b>Tabla 43</b> <i>Resultado de análisis de estrés en la malla superior</i> .....	<b>169</b>
<b>Tabla 44</b> <i>Resultados de análisis de estrés en la tapa superior</i> .....	<b>172</b>
<b>Tabla 45</b> <i>Resultados del análisis de estrés en la base del módulo</i> .....	<b>174</b>

<b>Tabla 46</b> <i>Análisis de estrés realizado en las paredes del módulo</i> .....	<b>176</b>
<b>Tabla 47</b> <i>Pruebas de dosificación</i> .....	<b>197</b>
<b>Tabla 48</b> <i>Pruebas de tiempo de dosificación</i> .....	<b>199</b>
<b>Tabla 49</b> <i>Pruebas de sabor</i> .....	<b>200</b>
<b>Tabla 50</b> <i>Pruebas de conectividad</i> .....	<b>201</b>
<b>Tabla 51</b> <i>Tabulación de datos</i> .....	<b>204</b>
<b>Tabla 52</b> <i>Análisis de datos</i> .....	<b>205</b>
<b>Tabla 53</b> <i>Costos directos</i> .....	<b>206</b>
<b>Tabla 54</b> <i>Costos indirectos</i> .....	<b>207</b>
<b>Tabla 55</b> <i>Costos totales</i> .....	<b>208</b>
<b>Tabla 56</b> <i>Comparativa Roboshot vs Bartendro</i> .....	<b>208</b>
<b>Tabla 57</b> <i>Comparativa Roboshot vs Barbot</i> .....	<b>210</b>

## Resumen

En este proyecto de titulación se desarrollará un dosificador de cocteles para el restaurante MMWings sede Quito, partiendo desde la idealización del concepto, y tras un análisis amplio de los productos actuales en el mercado, converger en el desarrollo mecánico, electrónico y de software necesario para la implementación física de este dispositivo en el restaurante; dentro del desarrollo se establece también una dinámica de registro que permitirá monitorear el consumo de cócteles y el estado de las botellas de materia prima en tiempo real. Para el control del sistema se propone una app web como solución idónea, debido a la versatilidad de control y procesos de vinculación digital que permite este concepto, y abordamos un método de interacción con el sistema mediante el uso de un dispositivo móvil como un celular o Tablet. Una vez materializado el equipo, se validará la hipótesis planteada, la cual menciona que el tiempo de desarrollo de un coctel se reducirá en al menos un 50% manteniendo la calidad del producto dispensado y respetando las dosis recomendadas por el restaurante. Consecuentemente tras un proceso exhaustivo de pruebas, se presentan como resultados una disminución del tiempo de elaboración de 52,32% a un porcentaje de eficacia del 81,45%, que traducido a términos culinarios se representa en más cocteles con un mejor sabor y a un menor tiempo.

*Palabras Clave:* dosificador, computador monoplaca, coctelería, Web app, monitoreo IoT.

### Abstract

In this titling project, a cocktail dispenser will be developed for the MMWings restaurant in Quito, starting from the idealization of the concept, and after an extensive analysis of the current products on the market, converging on the mechanical, electronic and software development necessary for the physical implementation of this device in the restaurant; Within the development, a registration dynamic is also established that will allow monitoring the consumption of cocktails and the state of the bottles of raw material in real time. To control the system, a web application is proposed as the ideal solution, due to the versatility of control and digital linking processes that this concept allows, and we address a method of interaction with the system through the use of a mobile device such as a cell phone or Tablet. Once the equipment has materialized, the proposed hypothesis will be validated, which will mention that the development time of a cocktail will be reduced by at least 50% while maintaining the quality of the product dispensed and respecting the doses recommended by the restaurant. Consequently, after an exhaustive process of tests, the results are presented as a reduction in preparation time of 52,32 % to an efficiency percentage of 81.45%, which when converted to culinary terms is represented in more cocktails with a better flavor and a less time.

*Keywords:* dispenser, single board computer, cocktail bar, web app, IoT monitoring.

## Capítulo I

### Generalidades

#### Introducción

Este primer capítulo detalla de forma concisa la introducción de la tecnología en la industria alimentaria, las necesidades de ella porque cada vez es más necesaria su inclusión, estableciendo de esta manera la generación del problema, su justificación y la importancia que conlleva el lograr una solución, además se mencionan los objetivos que se irán cumpliendo a lo largo del desarrollo del proyecto.

#### Antecedentes

Desde sus inicios la robótica ha buscado simplificar procesos en la vida del ser humano, haciéndolos más simples y eficientes, y es de esta forma que la industria alimentaria no ha sido la excepción. Es así, que a lo largo del tiempo han sido varios los trabajos que se han desarrollado a nivel internacional con el fin de producir alimentos y bebidas en rangos de tiempos cada vez más cortos, logrando mayor eficiencia y abasteciendo la demanda requerida por la población.

Hoy en día, como resultado de la pandemia originada a principios del año 2020 varios productos han ido mejorando y cambiando con el fin de que las personas eviten el contacto directo con la mayor parte de cosas que existen a nuestro alrededor. Enfocándose de esta manera en lo que respecta a sistemas dispensadores de bebidas y cócteles se puede establecer los siguientes antecedentes:

Al momento de hablar del ámbito internacional, la empresa Party Robotics, empresa especializada en la fabricación de dispensadores de cócteles de alta precisión, ha desarrollado uno de los dispensadores de mayor precisión a nivel mundial llamado Bartendro. Este dispensador utiliza bombas peristálticas sensorizadas con el fin de obtener un mejor control sobre el líquido dispensado y también para reducir de manera significativa el tiempo de elaboración de los cócteles. Sin embargo, no solo ofrece ventajas con

respecto a la dosificación, sino que, ofrece más espacio de almacenamiento para las botellas de alcohol en comparación con otros dosificadores existentes.

A nivel nacional, el restaurante Katari ha puesto a disposición de sus clientes un dispensador de cerveza en el cual, el usuario mediante el uso de una pulsera registra su consumo de cerveza para que al final cancele todo el valor equivalente a la cantidad de alcohol que ha ingerido. Sin embargo, no constituye un dispensador automático puesto que las personas son las encargadas de servirse, pero lo que se ha logrado de esta manera es evitar que una sola persona sea la encargada de servir las cervezas a los clientes y más que todo, el atractivo visual que esta máquina genera llama la atención de los clientes de una manera inimaginable.

A nivel institucional, se ha desarrollado un prototipo, con la finalidad de tesis, en el campo de sistemas de dosificación de cócteles cuyos autores son Danny Espinoza y María Salazar con el tema DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE DOSIFICACIÓN DE BEBIDAS PARA LA EMPRESA COMPUENGINE CIA. LTDA. El sistema presenta un sistema de dosificación basa de igual manera en bombas peristálticas logrando eficiente precisión al momento de elaboración de los cócteles, pero el problema de este diseño radica en el tiempo de elaboración de las bebidas, pues posee un tornillo sinfín acoplado con un servomotor que traslada el vaso en el cual se dosifica el cóctel por cada una de las botellas además de que la cantidad de botellas se limita a tan solo cinco.

### **Planteamiento del problema**

Un barman puede ser la persona más importante de un establecimiento recreativo (Noboa, 2018), debe estar atento a cada uno de los clientes, recordar sus órdenes, y realizar continuamente mezclas entre licores tratando de mantener las dosis exactas, a fin de obtener el sabor deseado. Excelentes resultados en las bebidas y una correcta gestión del tiempo en que son entregadas se consiguen únicamente tras un arduo entrenamiento y capacitación del personal a cargo en los restaurantes y bares, esto requiere un gasto adicional que dichos establecimientos tendrán que invertir en capacitar sus empleados, que

como mínimo deberán ser 2 individuos, a fin de que puedan cumplir con los requerimientos de los clientes en horas pico; otra opción para los restaurantes es contratar un bartender profesional, pero la elevada necesidad de elemento humano calificado y entrenado, que sirvan con eficiencia en el ámbito culinario, es cada vez más escaso y costoso.

El restaurante MM Wings en su sede Quito, carece de un bartender profesional, y el cargo para realizar los cocteles recae usualmente sobre los meseros, personal escasamente capacitado en coctelería quienes basándose en un recetario elaboran la bebida conforme a sus capacidades y disponibilidad de tiempo, pues deben tomar la orden de los clientes, distribuir los platos despachados por la cocina y cobrar la cuenta de sus mesas asignadas continuamente durante toda su jornada diaria dejando en segundo plano la actividad coctelera, debido a esto “los cocteles tardan en despacharse más de lo necesario y su sabor no siempre es el óptimo” manifiestan los supervisores del restaurante MM Wings; según la Organización Internacional del Trabajo, “Los trabajadores que habitualmente tienen jornadas de trabajo demasiado largas muestran una reducida productividad por hora debido a una mayor fatiga” (OIT, 2019), hecho que en coctelería, se ve reflejado en errores de dosificación, desperdiciando licor, y produciendo bebidas que incumplen las normas de calidad y sabor establecidas por la institución. Consecuentemente debido a la merma de productos base, el restaurante tiene que adquirir un porcentaje adicional de botellas mensual, desembolsando un presupuesto monetario extra destinado a compensar las pérdidas.

Tomando en cuenta el aspecto contable, el mesero encargado por lo general no tiene la capacidad de llevar a cabo cálculos y cuentas de manera inmediata, al mismo tiempo que elabora sus cócteles, toma pedidos y despacha platos; en ciertos casos, bajo la presión del trabajo, podría accidentalmente dejar pasar uno que otro cliente, no tomarlo en cuenta y perder el cobro de esa bebida, generando problemas en el flujo de efectivo del restaurante.

Hoy en día, ya sea en eventos sociales, bares, discotecas o restaurantes, las limitaciones respecto a cuánto bebe una persona, recaen únicamente sobre cada individuo y la capacidad económica que este tenga, es decir, no existe un ente limitante que evite que ciertas personas se excedan de copas e ingieren cantidades de alcohol, que fuera de los niveles adecuados, pueden llegar a ser contraproducentes y dañinas para su salud.

### **Descripción resumida del proyecto**

La propuesta relaciona a la industria alimenticia y de servicio con la automatización y robótica, es decir la mecatrónica al servicio de la comunidad. Como primer punto de elaboración del sistema automatizado se establece la recopilación de datos, entre ellos una tabla de registro en la que se asigne el tiempo que le toma a los meseros de MM Wings elaborar cada uno de los cocteles, y junto a un bartender profesional se realizará un análisis de su calidad y sabor, este asesor culinario nos ayudará además a establecer los conocimientos básicos sobre la elaboración de cocteles su metodología y requerimientos generales que el consumidor demanda; finalmente se estudiará el entorno físico del restaurante en el que se instalará la máquina para determinar las dimensiones del diseño.

Una vez recolectados datos e información acerca del entorno en el cual va a trabajar el sistema automatizado para la elaboración de cócteles, se iniciará su construcción, partiendo primeramente por el diseño mecánico de la máquina.

El sistema cuenta con una estructura mecánica de un material apto para el manejo de alimentos, que cumplirá con la función de almacenar las botellas necesarias para la elaboración de los cócteles programados, el cual se establece debe ser igual o superior a 10; y que además debe servir como soporte para el sistema de dosificación. Las dimensiones de esta estructura deben ajustarse a las dimensiones estándar del mobiliario de cocina, e ir de la mano con el lugar asignado en el restaurante MM Wings.

Como segundo punto, se encuentra el sistema de dosificación de líquidos, y mediante la aplicación de electrónica y control, se implementará un sistema que sea capaz

de controlar el volumen de alcohol dispensado en cantidades bajas de mililitros y en el menor tiempo posible, desarrollando de esta manera un sistema que realice la mezcla por gravedad de los diferentes tipos de líquidos al mismo tiempo en que son dispensados de cada una de las botellas y caen progresivamente en el vaso recipiente.

Este sistema de dosificación será construido bajo el concepto de un sistema embebido, con comunicación I2C, el control se realizará desde un microprocesador mismo que estará anexo a un repositorio digital en la nube, allí se cargará continuamente el registro de consumo con finalidades de control de inventario y facturación.

Los líquidos serán transportados desde las botellas mediante la inyección de aire hacia las mismas, dos válvulas estarán situadas en lugar de las tapas, por una de ellas se inyectará el aire suministrado por un compresor, y consecuentemente por la segunda válvula saldrá el líquido hacia el vaso. Para controlar de que botella se extrae, se utilizarán servomotores anejados a un sistema mecánico que obstruya y habilite cada manguera según se requiera.

Como instrumentaría para el control de la cantidad de coctel dosificado se utilizará una galga que registrará el peso del vaso vacío, y posterior al dosificado, el peso del vaso lleno, con estos dos datos se obtendrá un diferencial que deberá ser equivalente al valor del peso del líquido suministrado. Adicionalmente, una plataforma permitirá la interacción del usuario con el sistema, esto mediante la colaboración de una interfaz gráfica que permitirá al usuario elegir entre distintas opciones de cócteles o shots en relación con las botellas de alcohol disponibles. Al tener un sistema digital al mando, en contraste con un ser humano, se puede llevar un registro del consumo y producción total de cócteles, y evitar la manipulación directa del personal con las bebidas, con ello se puede limitar mediante software el número de cócteles emitidos a cada usuario y llevar un control de su consumo en pro de su seguridad.

Finalmente, para la comprobación de la hipótesis, se contará con el apoyo y supervisión de un bartender profesional, quien valorará el sabor de los cócteles otorgados por la máquina dispensadora y verificará que las cantidades dosificadas sean las correctas, además se realizará una comparativa entre los tiempos que los lleva a los empleados del restaurante MMWings realizar cada coctel y el tiempo que le lleva al sistema automatizado a fin de verificar si este se a reducido al menos en un 50%.

### **Justificación e importancia**

Un cóctel puede ser preparado bajo diferentes técnicas, dependiendo del tipo de bebida que se quiere elaborar, y bajo responsabilidad de bartenders o bármanes (Allen, Grau, & Tubman, s.f.), sin embargo en MM Wings, no se dispone de un Bartender especializado y el trabajo es asignado al chef de planta o en horas pico al mesero disponible, se presenta entonces la necesidad de contratar un Bartender profesional, pero la elevada necesidad de elemento humano calificado y entrenado, que sirvan con eficiencia en el ámbito culinario es cada vez más escaso, y costoso, por lo que su contraparte robótica (robots y dispositivos electrónicos encargados de tareas culinarias), ha llegado a ser la opción óptima, ya que dichos dispositivos se desenvuelven con eficiencia y entregan productos bajo los estándares programados con una tasa de error casi nula, según Pelayo (2010), “aquellos procesos alimenticios que han sido automatizados presentan un nivel de competitividad cada vez más alto, debido a la mejora en calidad y seguridad alimentaria que estos pueden ofrecer”.

Con el desarrollo del proyecto de titulación: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA OPTIMIZAR LA ELABORACIÓN DE CÓCTELES REDUCIENDO SU TIEMPO DE PREPARACIÓN CON INTERFAZ DE CONTROL MEDIANTE DISPOSITIVO MÓVIL Y REGISTRO DE CONSUMO CENTRALIZADO PARA LA EMPRESA ARTIL ROBOTICS POR REQUERIMIENTO DEL RESTAURANTE MM WINGS”, se plantea la posibilidad de aportar al restaurante MMWings, una opción robusta y eficiente, que cumpla con la demanda de la elaboración de cócteles dentro de un intervalo

de tiempo 2 veces más rápido que el de un mesero, y al mismo tiempo mantenga la calidad y dosificación requerida en cada una de las bebidas apegándose a las recetas estipuladas por el establecimiento; esto permitirá que se disminuya la merma de licor, y se dé el servicio adecuado a toda la clientela, incluso durante horas pico, presentando un impacto positivo al presupuesto y la reputación de MMwings.

Dentro del ámbito social, se puede hacer referencia al Mark Shagr, iniciativa que pasó de ser un simple proyecto aislado presentado en un evento de Google en 2013, a un producto comercial altamente vendido por todo el mundo a través de Mark Shark SRL, con sede en Torino Italia; la interrelación de la tecnología con eventos sociales cotidianos es cada vez más fuerte, pues a más de ser algo novedoso e interesante para la mayoría de las personas, muestra una alternativa más sofisticada para aquellas que deseen un ambiente más ameno y fuera de lo común.

De esta manera se pretende relacionar directamente a la ciudadanía con los avances y beneficios que la tecnología vanguardista ofrece, al mismo tiempo que se incrementa el flujo de clientela a los establecimientos, resultado del nuevo entorno futurista que un sistema mecatrónico genera; además al implementar un sistema informático, se puede llevar registro de los cócteles dispensados, agregar el costo total a la cuenta final del cliente e incluso limitar las dosis emitidas por usuario, salvaguardando la integridad de los consumidores y evitando consuman cantidades excesivas de alcohol.

Además, el proyecto servirá para demostrar nuestras habilidades y conocimientos en mecatrónica, adquiridos a lo largo de la carrera, demostrando su utilidad para la sociedad; sobre todo ante la actual situación sanitaria que el país enfrenta, esté sistema mecatrónico estéril, podría evitar contagios al suplantar el contacto humano que los meseros o bartenders tienen al realizar las bebidas, y en su lugar, realizarlas bajo un monitoreo salubre continuo, contribuyendo a la mejora continua del estado de salud del Ecuador y sus ciudadanos.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Diseñar y construir un sistema automatizado para optimizar la elaboración de cócteles reduciendo su tiempo de preparación con interfaz de control mediante dispositivo móvil y registro de consumo centralizado para la empresa Artil Robotics por requerimiento del restaurante MM Wings.

### ***Objetivos específicos***

- Investigar diferentes tipos de cócteles y shots existentes y su receta de elaboración.
- Investigar sistemas de dosificación y funcionamiento de sistemas similares.
- Diseñar la estructura mecánica de almacenamiento para las botellas de alcohol.
- Diseñar y seleccionar los sistemas eléctricos y electrónicos que conforman la máquina dispensadora.
- Desarrollar el sistema de control para la dosificación de alcohol.
- Diseñar y programar la app que permita la interacción entre usuario y máquina.
- Implementar todos los sistemas en un solo equipo mecatrónico.
- Realizar pruebas y evaluaciones en el restaurante MM Wings.

## **Hipótesis**

¿El sistema automatizado para la elaboración de cócteles reducirá el tiempo de preparación hasta en un 50% cumpliendo con la dosificación establecida en el menú para cada uno de los cócteles en el restaurante MM Wings de la ciudad de Quito?

## Capítulo II

### Fundamentación teórica

#### Industria 4.0

A lo largo de la historia, la tecnología ha ido abarcando cada vez más muchos aspectos de la vida cotidiana. Es de esta manera que, en la actualidad constituye un medio para aumentar la competitividad de la industria, ofreciendo grandes ventajas que permiten predecir, controlar y planear mejor los negocios y los resultados organizacionales.

La inclusión de las nuevas tecnologías establece como objetivo final de la Industria 4.0 es que mediante el Internet de las Cosas se logre establecer una interconexión entre procesos logrando de esta manera la transformación digital de la industria. (Joyanes Aguilar, 2017)

#### Internet de las cosas (IoT)

El término Internet de las cosas hace referencia a escenarios en los cuales la conectividad por red y la capacidad computacional se extiende a objetos, sensores y otros dispositivos que normalmente no son considerados computadoras, permitiendo a estos dispositivos generar, intercambiar y consumir información con la mínima intervención humana. (Society, 2015)

De esta manera, se puede decir que el Internet de las cosas no es nada más que el control y monitoreo de equipos o dispositivos mediante la conexión a la red, permitiendo mejorar de gran manera todos los procesos en los cuales sea aplicado.

El objetivo inicial de la aplicación del Internet de las cosas radica principalmente en que los sistemas puedan interactuar entre sí y con los humanos en tiempo real, por tal motivo, se han desarrollado varios protocolos de comunicación que se aplican dependiendo de factores tales como seguridad, calidad de servicio, eficiencia energética y latencia de los protocolos de comunicación. Desarrollándose de esta manera distintos protocolos de comunicación tales como: HTTP, MQTT, DDS, XMPP, AMQP y CoAp.

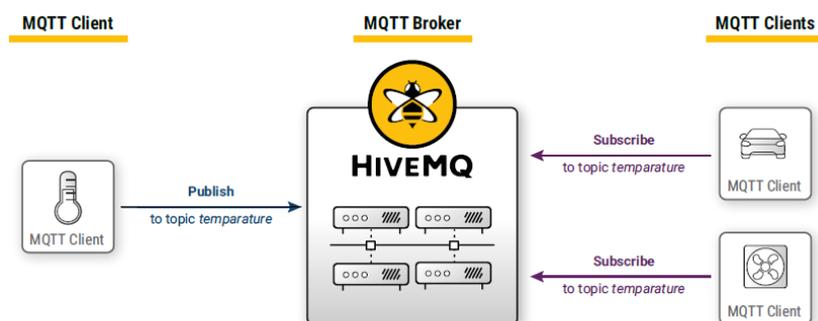
## MQTT

MQTT es un protocolo de mensaje en el cual el cliente servidor puede publicar y suscribirse. Es liviano, simple y diseñado de tal manera que es fácil de implementar. Estas características lo hacen ideal para el uso en diferentes situaciones, incluyendo entornos limitados como comunicación máquina a máquina (M2M) e internet de las cosas (IoT). (HiveMQ)

El funcionamiento básico del protocolo MQTT es que mediante la arquitectura pub/sub un dispositivo conocido como “broker” sea el encargado de publicar y recibir distintos tipos de mensajes, los cuales llegan a él mediante un tópico logrando de esta manera establecer un filtro, para que aquellos dispositivos conocidos como “clientes” puedan enviar y recibir los mensajes correspondientes al tópico al cual se han suscrito.

### Figura 1

*Ilustración de protocolo MQTT*



*Nota.* La figura representa el protocolo de comunicación MQTT, en el cual se detalla la arquitectura de publicación y suscripción entre los clientes y el broker Tomado de *MQTT & MQTT 5 Essentials* (p.7) por HiveMQ.

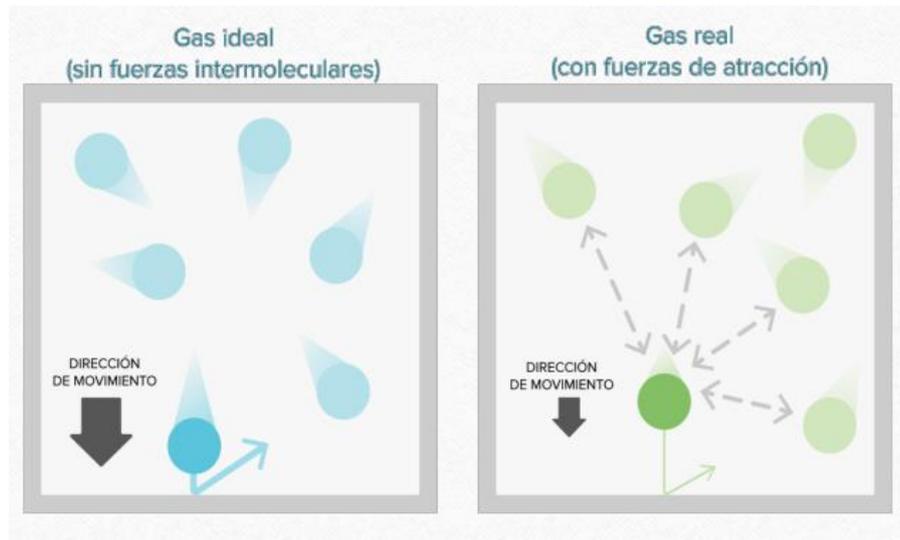
### Gas ideal

Según (Pérez Hernández) no es nada más que un gas compuesto de un conjunto de partículas puntuales las cuales no tienen interacción ninguna entre ellas. Su concepto resulta de suma importancia para su análisis mediante la mecánica estadística, pues al ser

un gas ideal este se comporta en base a una ecuación simplificada conocida como la Ley de los gases ideales.

## Figura 2

*Movimiento de partículas en gases ideales*



*Nota.* La figura representa la dirección de movimiento en gases ideales que no poseen fuerzas intermoleculares y en gases reales, los cuales actúan con fuerzas de atracción.

Tomado de *Ley de Boyle-Mariotte Material de Apoyo* por (Pérez Hernández)

## Ley de Boyle

La ley de Boyle enuncia que, a una temperatura constante, el volumen de una cantidad fija de un gas es inversamente proporcional a su presión. Expresándose matemáticamente de la siguiente manera:

$$V = \frac{1}{P}$$

En donde:

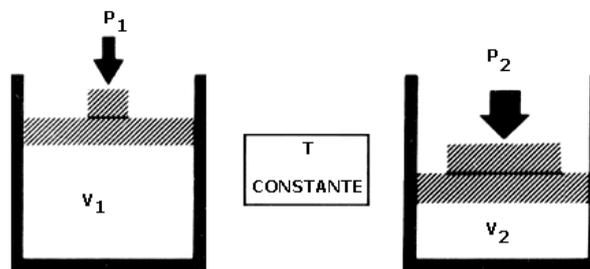
V = Volumen del gas

$P$  = Presión del gas

La ley de Boyle hoy en día ha permitido el desarrollo de bombas de presión de agua, las cuales son capaces de proporcionar presión con el fin de elevar pequeñas o grandes cantidades de agua a través de distintos sistemas de tuberías, para que luego esta sea usada en diferentes aplicaciones tales como el riego de campos de cultivo.

### Figura 3

*Variación de volumen y presión en un recipiente*



*Nota.* La figura muestra la variación de volumen en un recipiente debido al aumento de presión al tener una temperatura constante.

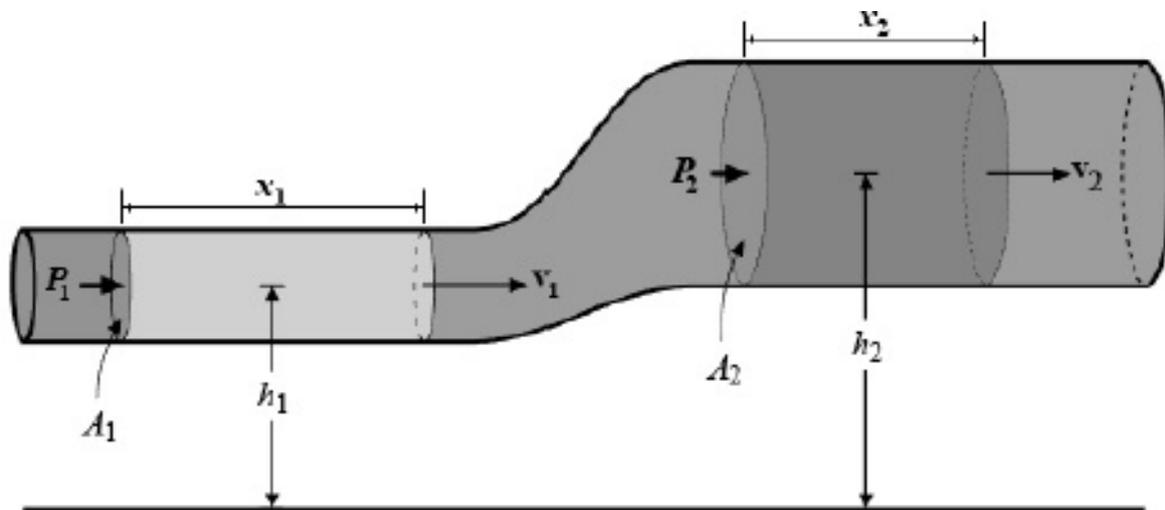
### Principio de Bernoulli

El principio de Bernoulli es idealmente aplicado a fluidos, especialmente cuando se habla de un fluido ideal, es decir aquel que no experimenta rozamiento ni viscosidad. De esta manera el principio expresa que según aumenta la rapidez de un fluido, su presión se va disminuyendo. (Ortiz Domínguez & Cruz Avilés).

Es de esta manera que siguiendo el principio planteado se puede verificar de igual manera la ley de conservación de energías, verificando que la suma de energías que posee un líquido en cierto punto es la misma que la suma de energías en otro punto.

## Figura 4

Velocidad de fluido en tuberías



*Nota.* En la figura se aprecia una tubería en la cual existe cambio de diámetro y de altura lo cual influye en la presión y velocidad del líquido. Tomado de *Principio de Bernoulli* por (Ortiz Domínguez & Cruz Avilés, pág. 1)

## Sensores y actuadores

### Sensores

Con el fin de comprender que es un sensor, resulta de suma importancia establecer la definición de lo que es un transductor, definiéndose a este como aquel dispositivo que puede transformar una variable física en una totalmente diferente. Es de esta manera, que se confirma que un transductor forma parte de un sensor o actuador, es decir todos los sensores son transductores, pero no todos los transductores son sensores.

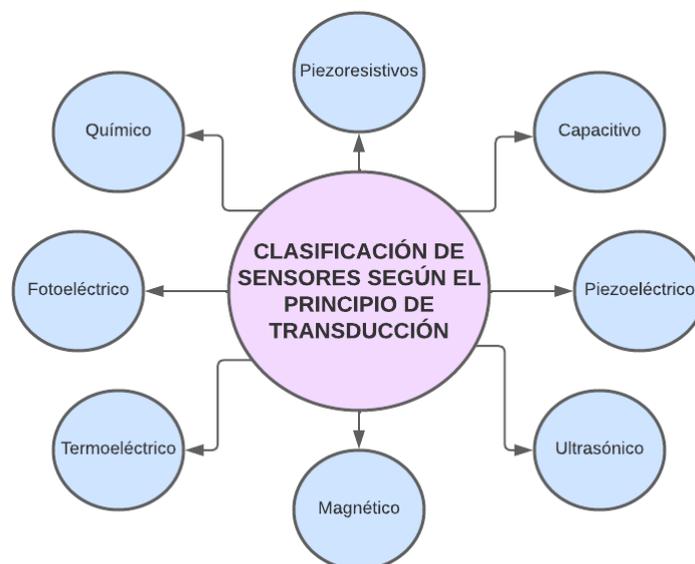
Una vez comprendido la definición de transductor, se puede definir a un sensor como aquel dispositivo de entrada el cual da como resultado una salida manipulable de la variable física medida. (Corona Ramírez L. , 2014)

### **Clasificación de los sensores**

Los sensores pueden clasificarse de dos maneras, la primera de ellas siendo por el principio de transducción, es decir, por el tipo de transductor que se utiliza para su implementación, pero esta clasificación resulta poca práctica debido a que no es posible definir de manera directa el tipo de variable física que se puede definir, sin embargo, su clasificación se detalla en la figura 4.

### **Figura 5**

*Clasificación de los sensores según el tipo de transducción*

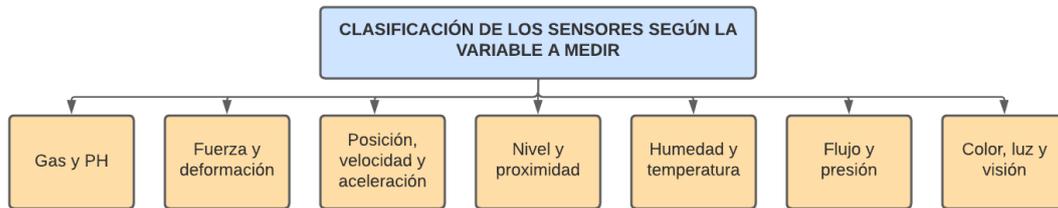


*Nota.* En la figura se aprecia la clasificación de los sensores según el tipo de transducción, dividiéndose en ocho principios. Tomado de *Sensores y actuadores aplicaciones con Arduino* por (Corona Ramírez, Abarca Jiménez, & Mares Carreño, 2014)

Por otro lado, los sensores también pueden clasificarse por el tipo de variable medida, siendo la clasificación más común y la que permite establecer que según el tipo de variable se pueda dar la aplicación necesaria al sensor. Su clasificación según el tipo de variable se define en la figura 6.

**Figura 6**

*Clasificación de sensores según el tipo de variable medida*



*Nota.* En la imagen se puede apreciar los distintos tipos de variables físicas que pueden medirse con un sensor y en base a estas la clasificación de los sensores. Tomado de *Sensores y actuadores aplicaciones con Arduino* por (Corona Ramírez, Abarca Jiménez, & Mares Carreño, 2014)

### **Sensores de fuerza**

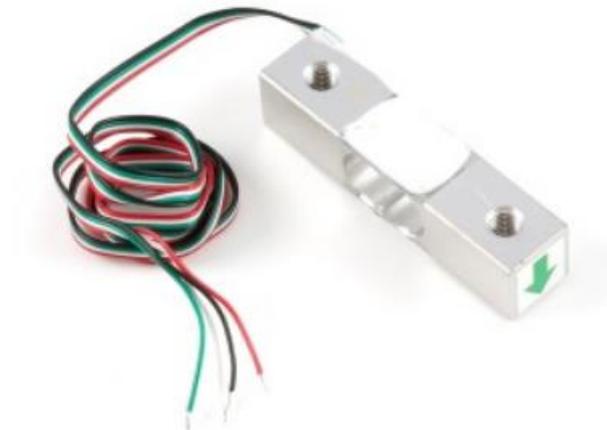
Un sensor de fuerza también conocido como células de carga, permiten obtener una señal eléctrica la cual es directamente proporcional a la fuerza o peso que es aplicado sobre ellos. (Mapro, 2023)

### **Celdas de carga**

Las celdas de carga se encuentran dentro de la clasificación de los sensores de fuerza, y estas mediante la deformación de la galga extensiométrica obtiene una señal eléctrica proporcional al valor de la fuerza a la cual es sometida. (5Hertz Electronica, s.f.).

## Figura 7

### *Celda de carga*



*Nota.* En la figura se observa una celda de carga cuya deformación permite medir la cantidad de fuerza aplicada sobre ella. Tomado de (5Hertz Electronica, s.f.)

La medición se realiza específicamente mediante el uso de pequeños patrones de resistencia las cuales son usados como indicadores de tensión que actúan con suma eficiencia. Estos medidores se encuentran unidos a un elemento en forma de viga, el cual sufre deformación al momento en que el peso es aplicado sobre el mismo, deformando el indicador de tensión. Al momento en el que el indicador de tensión se deforma la resistencia eléctrica cambia de igual manera en proporción a la carga.

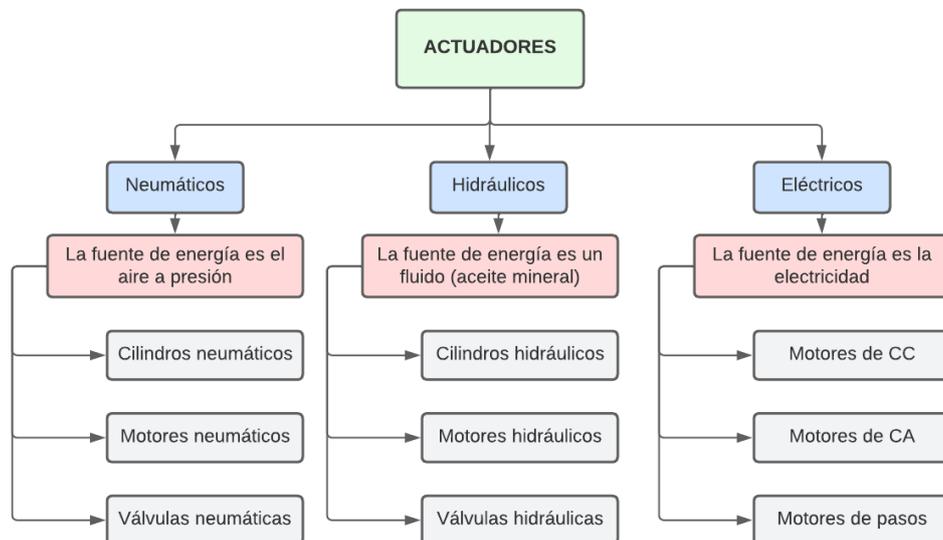
### **Actuadores**

Un actuador es un dispositivo que, a partir de la transformación de energía, es capaz de generar una fuerza que ejerce un cambio ya sea de velocidad, posición o estado de algún tipo sobre un elemento mecánico. (Corona Ramírez, Abarca Jiménez, & Mares Carreño, 2014)

Los actuadores pueden clasificarse por el tipo de energía utilizada o por el tipo de movimiento que generan, su clasificación se muestra en la Figura 8.

**Figura 8**

*Clasificación de los actuadores*



*Nota.* La figura demuestra los tres tipos de actuadores que pueden existir según el tipo de energía utilizada, además de ejemplos de cada uno de ellos. Tomado de *Sensores y actuadores aplicaciones con Arduino* por (Corona Ramírez, Abarca Jiménez, & Mares Carreño, 2014)

Por otro lado, según el tipo de movimiento generado por los actuadores se clasifican en actuadores lineales y actuadores rotativos:

- **Actuadores Lineales:** Los actuadores lineales son aquellos actuadores capaces de transformar el movimiento rotatorio en un desplazamiento lineal. (Igu, s.f.) Su funcionamiento se basa en que mediante un motor que es el elemento encargado del movimiento de rotación transforma este a un movimiento lineal del husillo, correa o cremallera.
- **Actuadores Rotativos:** Son aquellos cuyo movimiento final se realiza de manera circular y que son utilizados en aquellos equipos que necesitan una fuerza de giro. De la misma manera que los actuadores lineales, los actuadores rotativos disponen

de dispositivos cuya finalidad es aumentar y disminuir variables tales como velocidad, aceleración o torque.

- **Actuadores eléctricos:** Los actuadores eléctricos son dispositivos que mediante un motor eléctrico y un reductor logra que un dispositivo realice un determinado movimiento o acción (Instrumentacion Digital, s.f.). Es decir, son elementos capaces de transformar la energía eléctrica en mecánica con el fin de obtener un movimiento deseado, sea este lineal o rotacional.
- **Actuadores de corriente directa:** Son aquellos que funcionan mediante un flujo eléctrico de corriente que circula en una sola dirección (Corona Ramírez L. , 2014). Debido a su gran versatilidad y el alto nivel de control que se tiene sobre estos, se han convertido en los motores de mayor uso en la actualidad.

### Servomotores

Los servomotores son un tipo de motores de corriente directa, cuya característica principal es la capacidad que estos poseen para posicionarse manera inmediata en cualquier ángulo de posición dentro del intervalo en el cual operan. (González, 2003)

### Figura 9

*Constitución interna de un servomotor*



*Nota.* En la figura se aprecia los elementos que constituyen un servomotor, tales como lo son los engranes de reducción.

Usualmente los servomotores operan en un rango de posición de 0° a 180°, aunque también existen aquellos que solo operan en un rango de 0° a 90°. El control de los servomotores se da mediante el uso de señal de ancho de pulso o mejor conocida como señal PWM, de esta manera, según la cantidad de pulsos que se envíe al servomotor este tomará una posición determinada.

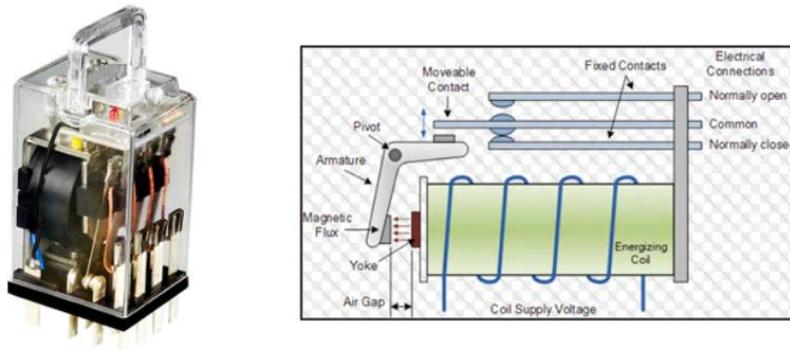
### **Relés**

Según (Brito Saldarriaga & Giraldo Betancourt, METODOLOGÍAS PARA DISEÑO DE CIRCUITOS LADDER CON BASE EN SISTEMAS, 2010) el “relé es un conmutador eléctrico el cual concede la capacidad de controlar aquellos dispositivos de gran potencia mediante el uso de un dispositivo de potencia menor”.

Su funcionamiento y constitución es similar a la de un contactor, pues mediante el cambio de estado en este permite la circulación de corriente en el dispositivo el cual se desea controlar. La capacidad de poder controlar los dispositivos de gran potencia mediante dispositivos de baja potencia lo convierte en el elemento ideal para el desacople eléctrico entre circuitos de corriente directa y circuitos de corriente alterna, siendo así uno de los elementos más usados al momento de trabajar con microcontroladores o microprocesadores y elementos de corriente alterna.

### **Relé electromecánico**

Según (Wendt, 2017) un relé electromecánico es un elemento que contiene una pieza móvil física que permite conectar los contactos dentro del componente de salida del relé. Es decir, permite un acople mecánico a la salida del relé entre dos contactos, que pueden ser normalmente abierto o normalmente cerrado y mediante la activación o desactivación del relé permite la circulación o no de corriente.

**Figura 10****Relé electromecánico**

*Nota.* En la figura se muestra la constitución externa e interna de un relé electromecánico.

**Módulo relé**

Usualmente utilizado para aplicaciones de electrónica el módulo relé contiene un relé electromecánico y su circuito se encuentra adaptado para que pueda ser accionado con señales de voltaje de microcontroladores tales como Arduino. Sus características son las siguientes:

- Voltaje de alimentación: 5 VDC
- Señal de activación: 0 VDC
- Corriente máxima salida: 10 A a 250 V

## Figura 11

Módulo relé

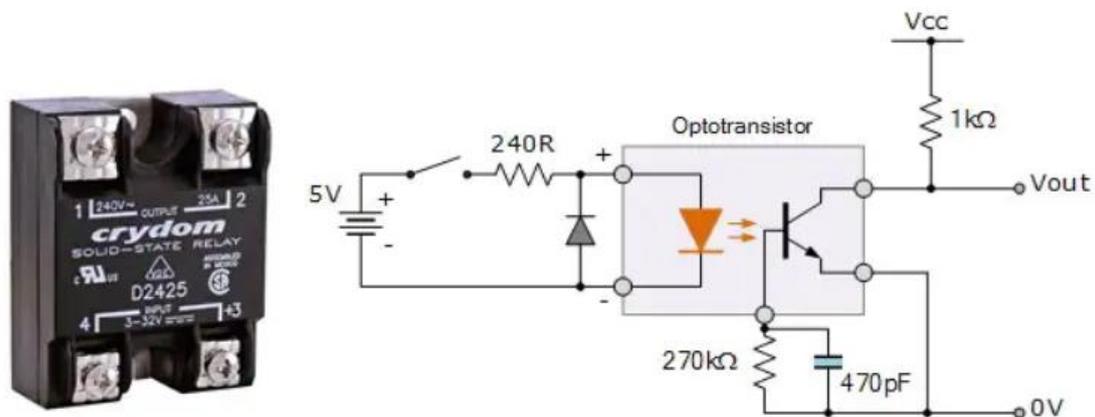


*Nota.* La figura muestra el módulo relé de Arduino. Tomado de UAEH Módulo relé por (García, 2021)

## Relé de estado sólido

## Figura 12

Relé de estado sólido



*Nota.* La figura muestra la constitución externa e interna de un relé de estado sólido, en el cual se nota su activación mediante un optoacoplador. Tomado de *Relés de estados sólidos y relés electromecánicos* por (Wendt, 2017)

Un relé de estado sólido cumple la misma funcionalidad que un relé electromecánico, la cual es lograr el control de dispositivos de gran potencia mediante una

señal de baja potencia, la diferencia radica en el hecho de que los relés de estado sólido no poseen partes mecánicas, su activación se da mediante la activación de un optoacoplador, es decir el control se da solamente mediante la electrónica.

### **Relé de estado sólido SSR- 40 DA**

**Figura 13**

*Relé de estado sólido SSR 40-DA*



*Nota.* La figura muestra la constitución externa de un relé de estado sólido modelo SSR 40 DA. Tomado de *SSR Series Solid State Relay* por (Fotek)

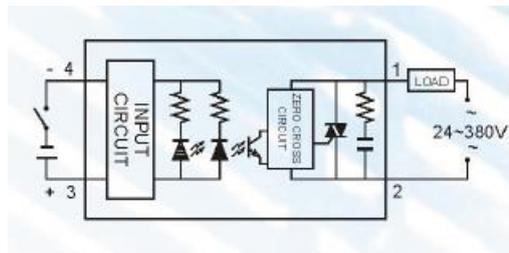
A continuación, se detallan las características técnicas del relé de estado sólido 40 DA.

**Tabla 1**

*Características técnicas SSR 40-DA*

<b>Parámetro</b>	<b>Especificación</b>
<b>Datos de entrada</b>	
Voltaje de operación	3 – 32 VDC
Corriente	40 A
Voltaje mínimo de encendido	2,4 V
Voltaje mínimo de apagado	1 V
Corriente de disparo	7,5 mA /12 V

Parámetro	Especificación
Método de control	Cruce por cero
<b>Datos de salida</b>	
Voltaje de operación	24 – 380 V AC
Corriente máxima	410 A
Tiempo de respuesta	10 ms
<b>Datos generales</b>	
Rango de temperature	-20 °C a 80 °C
Peso	105 gr aproximadamente
<b>Diagrama de conexión</b>	



*Nota.* La tabla muestra las distintas características técnicas del modelo de relé, estas características son de suma importancia al momento de la elección del modelo de relé a utilizar. Tomado de SSR Series Solid State Relay por (Fotek)

### Bombas y compresores

Las bombas al igual que los compresores cumplen un objetivo en común el cual es lograr o generar el movimiento de distintos tipos de fluidos desde un punto a otro. La diferencia entre ambos elementos radica en que los líquidos son los elementos que se bombean, mientras que los gases son los que se comprimen. Existen diversos tipos de bombas y compresores y los más comunes son:

- De desplazamiento positivo
- Alternativos

- Rotatorios
- Continuos
- Centrífugos
- Eyectores

La selección de una bomba se realiza en base al principio o ecuación de Bernoulli, y para ello se deben considerar los siguientes parámetros:

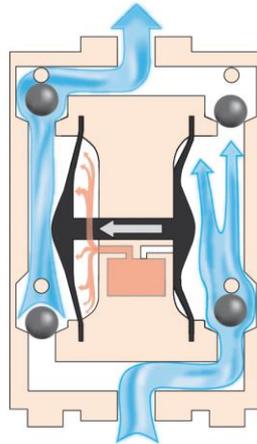
- **Presión:** Es la fuerza ejercida por unidad de superficie, se clasifica en presión barométrica, absoluta y relativa.
- **Altura geométrica:** Es la altura vertical comprendida desde el nivel del líquido que se desea elevar hasta el punto de mayor altura.
- **Altura de aspiración:** Corresponde a la separación existente entre el eje de la bomba y el nivel del líquido.
- **Altura de impulsión:** Distancia comprendida entre el eje de la bomba y el punto máximo de altura.
- **Altura manométrica:** Suma de todas las pérdidas de carga.
- **Pérdida de carga:** Pérdidas de energía existentes debido al contacto del líquido con otros materiales, se manifiesta en pérdidas por rozamiento.
- **Caudal:** Volumen de líquido elevado por unidad de tiempo.
- **Curva característica:** El funcionamiento de una bomba se encuentra establecido por diferentes puntos, la curva formada por todos los posibles puntos de funcionamiento recibe el nombre de curva característica.
- **Cavitación:** Ruido producido en el interior de la bomba.

### ***Bomba de membrana***

Las bombas de membrana son bombas de desplazamiento positivo, dentro de las cuales el aumento de presión es realizado por el empuje de paredes elásticas.

## Figura 14

### Funcionamiento de una bomba de membrana



*Nota.* En la figura se aprecia el funcionamiento interno de una bomba de membrana.

Tomado de *Bomba de membrana* por (Wikipedia, 2007)

Estas pueden clasificarse en:

- **Eléctricas:** Poseen un motor eléctrico, razón por la cual son conocidas como electrobombas.
- **Neumáticas:** Su funcionamiento es mediante aire comprimido.

Sin duda alguna, las bombas de membrana ofrecen un sinnúmero de ventajas sobre otro tipo de bombas, pues gracias a que estas no poseen cierres mecánicos o empaquetaduras no son propensas a roturas en su interior, otra ventaja es que sus componentes son fáciles de sustituir permitiendo así un mantenimiento breve y sencillo.

## Transistores

El transistor es un dispositivo semiconductor que posee tres capas y su principal función es el permitir el paso de una señal en respuesta a otra, cumpliendo funciones tales como la de conmutador o rectificador.

Por el hecho de que son capaces de encenderse o apagarse según las distintas señales recibidas son denominados también como interruptores controlables. Según (Mohan, Undeland, & Robbins, 2009) en el caso de que existiera un interruptor considerado ideal, este poseería las siguientes características:

- Es capaz de bloquear grandes tensiones ya sean directas o inversas de forma arbitraria.
- Conduce grandes corrientes de forma arbitraria al momento en el que está encendido.
- Puede conmutar su estado de encendido a apagado o inversa de manera instantánea.

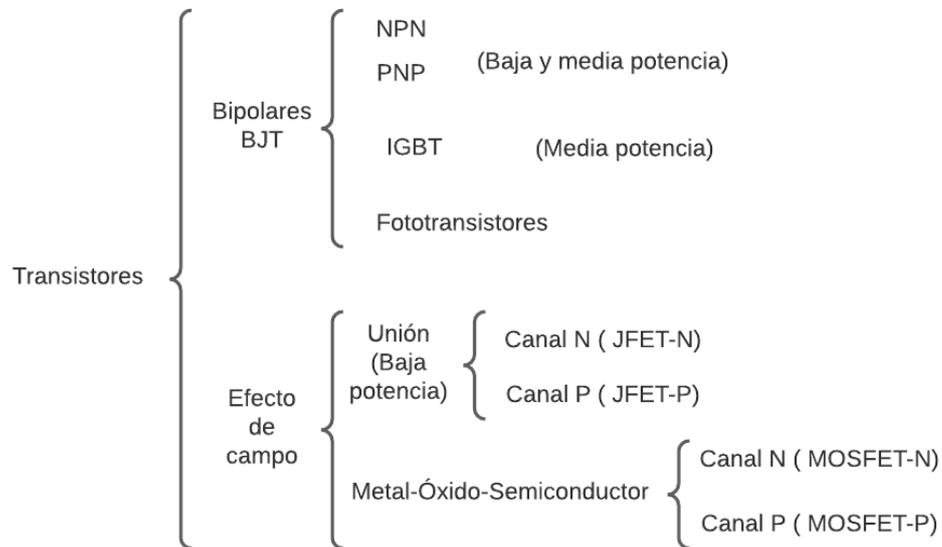
Sin embargo, como es conocido los dispositivos ideales no existen, por lo cual al realizar todas las acciones previamente nombradas disiparán energía, aunque es importante tener en cuenta que el transistor elegido posea las siguientes características:

- Poca corriente de fuga en el estado inactivo.
- Gran capacidad de bloqueo de tensión directa e inversa.
- Corriente nominal alta del estado activo.
- Una pequeña cantidad de energía necesaria para lograr la conmutación del dispositivo.

Con las características previamente nombradas cabe aclarar que existen diferentes tipos de transistores según su propósito o utilidad o también por la forma de activación. En la Figura 15 se indica la clasificación de los transistores.

## Figura 15

### Clasificación de los transistores



*Nota.* La figura indica la clasificación de los transistores según su funcionamiento y el método de activación. Tomado de *Elección de un transistor: calcular compatibilidad por* (Triana, 2016)

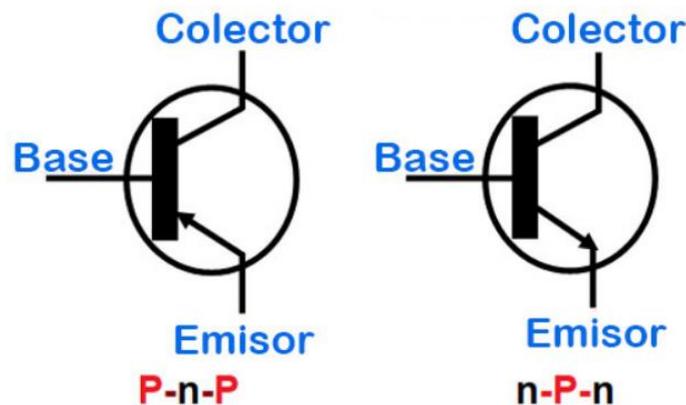
### **Transistor bipolar BJT**

Un transistor bipolar al igual que todos los transistores está constituido por dos uniones tipo N y P y su característica principal es que mediante el control por corriente puede ser utilizado para conmutar electrónicamente un circuito. (Electrónica Online, 2021)

Su configuración puede ser de tipo NPN o tipo PNP, radicando la diferencia en que los tipos NPN se activan al dar un pulso o señal en alto al elemento, mientras que los tipos PNP se activan al recibir una señal en bajo. Su representación simbólica se muestra en la Figura 16.

**Figura 16**

*Simbología electrónica de un transistor*



*Nota.* En la figura se aprecia la simbología de los transistores tipo PNP y NPN. Tomado de *Transistor de unión bipolar* por (Electrónica Online, 2021).

Sus aplicaciones son muy variadas, pudiendo usarse como interruptor o amplificador, aunque también posee otras aplicaciones como la de demodulador.

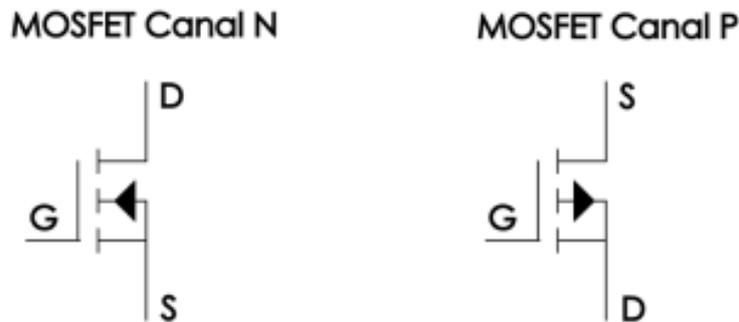
### ***Transistor Metal – Óxido – Semiconductor MOSFET***

Un MOSFET al igual que un BJT es un transistor, pero su diferencia radica en que un MOSFET regula la salida a partir de una entrada de voltaje. (López, 2020)

Su aplicación se basa principalmente a la función como interruptor, contando con la capacidad de proporcionar señales bajas de un voltaje determinado durante periodos cortos de tiempo. De igual manera, su clasificación se divide en MOSFET de tipos canal N y P. La activación de MOSFET tipo P se da mediante la aplicación de una tensión negativa y por el contrario los de tipo N se encienden al aplicar una tensión positiva en ellos.

## Figura 17

*Simbología electrónica de un MOSFET*



*Nota.* En la figura se aprecia la simbología de los tipos de MOSFET disponibles en el mercado, siendo estos de tipo canal N o canal P. Tomado de *¿Qué es y cómo se utiliza un MOSFET?* por (González, 2016)

## Microprocesadores y Microcontroladores

### **Microcontroladores**

Según (Hugobrito.net, s.f.) se puede definir a un microcontrolador como aquel sistema capaz de controlar el funcionamiento de cualquier dispositivo. Se lo puede considerar como una computadora dedicada, debido a que, es capaz de almacenar un programa dedicado capaz de realizar el control del dispositivo deseado. Su uso hoy en día en diferentes aplicaciones tales como telecomunicaciones, automoción o informática han hecho que estos sean implementados en un único circuito integrado y es de ahí que proviene su denominación de microcontroladores a diferencia de sus versiones previas en las cuales solo era considerado como controladores.

### **Microprocesadores**

Un microprocesador es un chip programable con capacidades de decisión y cómputo similares a la de la unidad central de procesamiento de una computadora. (Vijayaraghavan)

Hoy en día, se pueden encontrar microprocesadores en casi todos los dispositivos electrónicos, siendo además usados en aplicaciones avanzadas tales como radares debido al gran avance en la tecnología y la industria electrónica.

## **RaspberryPi**

Raspberry Pi es un pequeño computador de bajo costo la cual puede conectarse a una computadora o TV y usa un ratón y teclado estándar. (Foundation, 2014)

Al igual que una computadora normal, una raspberry pi es capaz de realizar varias cosas desde búsquedas en internet hasta ser útil para juegos de alta calidad de video. Sin embargo, una de las aplicaciones más comunes para la cual es usada en la actualidad es para el desarrollo de proyectos IoT a pesar de que no sea un dispositivo de bajo consumo.

## **Raspberry Pi 3**

Raspberry Pi 3 es el modelo más reciente de la tercera generación de Raspberry Pi. Las características técnicas de este microprocesador se muestran en la Tabla 2.

### **Figura 18**

*RaspberryPi 3*



*Nota.* La figura muestra un modelo de Raspberry Pi 3 desde una vista superior. Tomado de

**Tabla 2**

*Características técnicas RaspberryPi 3*

<b>Parámetro</b>	<b>Especificación</b>
<b>Procesador</b>	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz
<b>Memoria</b>	1GB LPDDR2 SDRAM

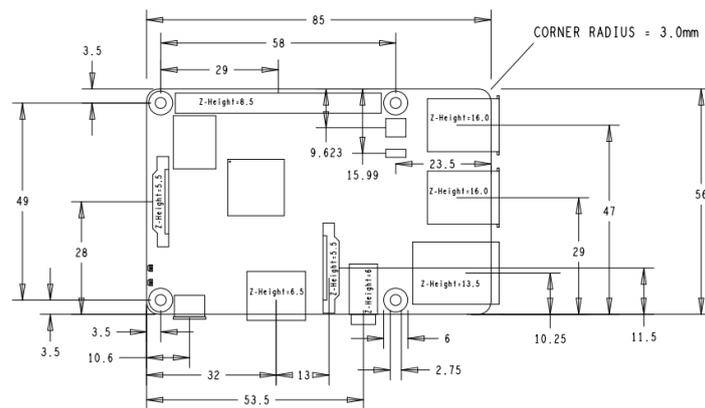
Parámetro	Especificación
<b>Conectividad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE</li> <li>- Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300Mbps)</li> <li>- 4 × USB 2.0 ports</li> </ul>
<b>Video y sonido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 × full size HDMI</li> <li>- MIPI DSI display port</li> <li>- MIPI CSI camera port</li> <li>- 4 pole stereo output and composite video port</li> </ul>
<b>Multimedia</b>	H.264, MPEG-4 decode (1080p30); H.264 encode (1080p30); OpenGL ES 1.1, 2.0 graphics
<b>Soporte de tarjeta SD</b>	Micro SD format for loading operating system and data storage
<b>Alimentación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5V/2.5A DC via micro USB connector</li> <li>- 5V DC via GPIO header</li> <li>- Power over Ethernet (PoE)– enabled (requires separate PoE HAT)</li> </ul>
<b>Temperatura de operación</b>	0–50°C

*Nota.* En la tabla se muestran las características técnicas de mayor importancia al momento de escoger un modelo de Raspberry. Tomado de *Raspberry Pi 3 Model B+* por (RaspberryPi.org)

## Especificaciones físicas

### Figura 19

*Medidas de una RaspberryPi 3*



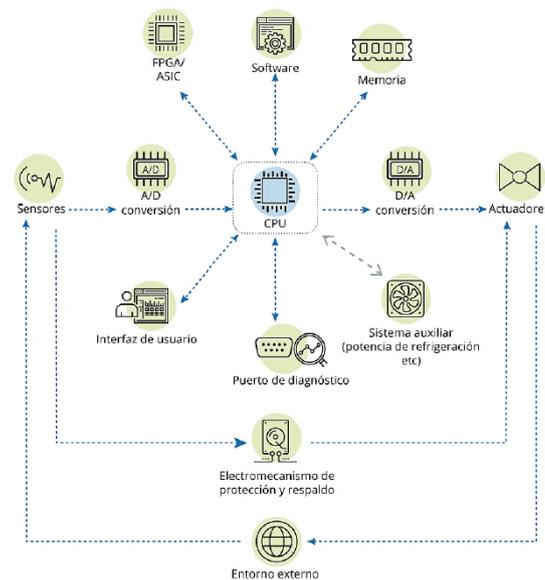
*Nota.* La figura muestra las medidas de cada uno de los elementos que se encuentran en una RaspberryPi3. Tomado de *Raspberry Pi 3 Model B+* por (RaspberryPi.org)

## Sistemas embebidos

Según (Alva Alarcón & Acorta Santisteban, 2020) los sistemas embebidos son un conjunto de diversos elementos electrónicos incorporados con el fin de realizar una o varias funciones dedicadas. Es decir, que mediante el uso de un procesador central se realiza el análisis y recepción de diversos tipos de datos para posteriormente procesarlos y enviar una señal a diversos tipos de actuadores que son los encargados de realizar las funciones deseadas.

## Figura 20

### Componentes de los sistemas embebidos



*Nota.* La figura muestra los diferentes tipos de componentes que un sistema embebido posee. Tomado de *Sistemas embebidos Guía Metodológica para su desarrollo* por (Alva Alarcón & Acorta Santisteban, 2020, pág. 21)

Las características de los sistemas embebidos son las siguientes:

- Poseen un procesador central, los cuales pueden ser microcontroladores, FPGAS, microprocesadores o una mezcla entre estos.
- Su confiabilidad es alta.
- El mantenimiento es casi nulo.
- Seguridad y eficiencia.

## Ingeniería Web

En la actualidad, las aplicaciones web constituyen sistemas de software completos y complejos. Sin embargo, es necesario que su desarrollo se lo realice de manera metodológica y técnica, es de esta manera que basándose en la ingeniería de software surge la ingeniería web. Según (Kerpel, Proll, Siegfried, & Retschitzegger, 2006) la

ingeniería web comprende la especificación, implementación, operación y mantenimiento de alta calidad de las aplicaciones web.

Al haber surgido en base a la ingeniería en software, se pueden definir conceptos similares para la ingeniería web, los cuales son:

- Definición clara de requerimientos y metas
- Desarrollo sistemático de una aplicación web en fases
- Planeamiento cuidadoso de las fases
- Control continuo del proceso de desarrollo total

### ***Aplicaciones Web***

Inicialmente, la idea original de la Web fue el hecho de que sea un medio de información, pero a través del tiempo ha ido evolucionando hasta convertirse en un medio de aplicación. Las aplicaciones web se pueden definir como un sistema basado en tecnologías y estándares propios de la W3C, la cual proporciona recursos específicos de la Web. (Kerpel, Proll, Siegfried, & Retschitzegger, 2006)

De esta manera, se puede decir que todos los servicios Web son parte de las aplicaciones Web, más no que las aplicaciones Web sean un servicio Web; y es de esta manera, que las aplicaciones web son nada más que aplicaciones de todo tipo que a diferencia de una aplicación normal, el acceso a estas se da mediante un buscador web.

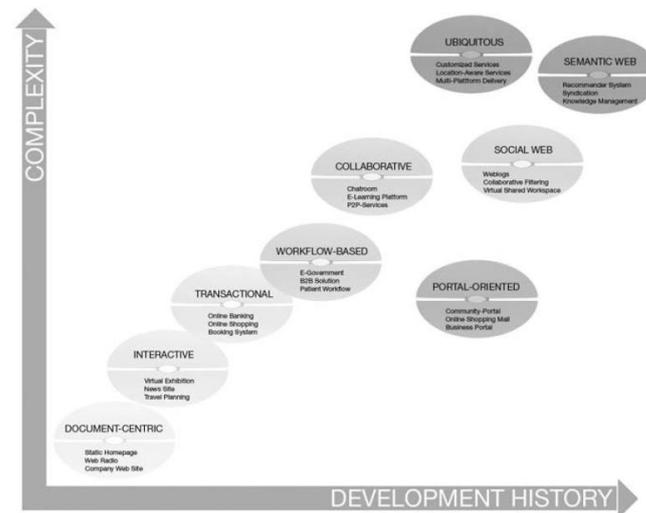
### ***Categorías de las aplicaciones web***

Las aplicaciones web constan de varias categorías según el grado de complejidad de estas, aunque resulta de suma importancia destacar que, existe una estrecha relación entre la cronología de desarrollo y la complejidad de estas aplicaciones, aunque esto no se cumpla para todas pues existen tipos de aplicaciones web recientes que poseen un grado de complejidad menor a sus predecesoras.

La clasificación de las aplicaciones se indica en la Figura 21:

**Figura 21**

*Clasificación de las aplicaciones web*



*Nota.* En la figura se muestra la clasificación de las aplicaciones web conforme su avance a través del tiempo. Tomado de *Web engineering The discipline of systematic development of Web Applications* por (Kappel & Proll, 2003, pág. 5)

1. **Web sites de documentación centrada:** Estas son las precursoras de las aplicaciones web, las aplicaciones son almacenadas en un servidor web y normalmente las páginas son actualizadas manualmente con el uso de herramientas respectivas.
2. **Aplicaciones web interactivas:** Son las primeras aplicaciones que fueron capaces de brindar una forma interactiva con el usuario, mediante el uso de botones y selecciones de menús.
3. **Aplicaciones web transaccionales:** Se crearon con el fin de que el usuario pueda tener una mayor interacción con la aplicación web, permitiéndole no solo interactuar con esta de una manera lectura-escritura, sino también que sea capaz de proveer actualizaciones de contenido.

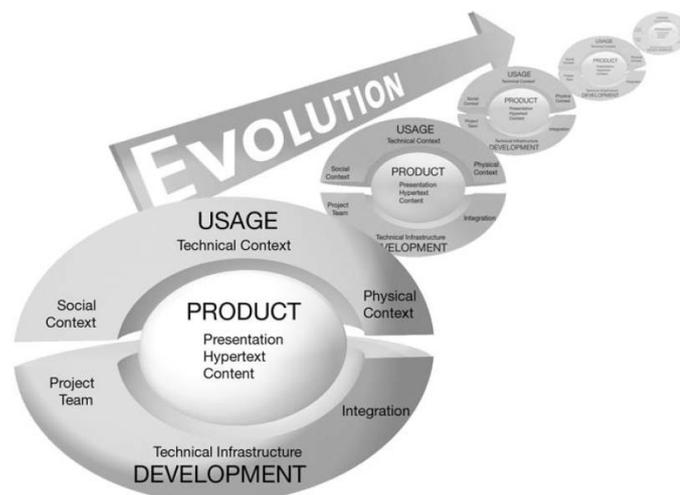
4. **Aplicaciones web workflow-based:** Permiten el manejo de flujos de trabajo dentro o entre diferentes empresas, autoridades públicas y usuarios privados
5. **Aplicaciones web colaborativas:** Son especialmente empleadas para propósitos de cooperación en operaciones sin estructura, es por tal motivo que la comunicación entre los usuarios corporativos es alta.
6. **Aplicaciones web orientadas:** Proveen un punto como acceso para separas, fuentes heterogéneas de información y servicios. (Wege, 2002)

### **Características de las aplicaciones web**

Ciertas características de páginas web tradicionales son parte de las características de las aplicaciones web, sin embargo, las aplicaciones web al igual que los sistemas de comercio electrónico requieren de un mayor enfoque en el contenido en el cual se está actualizado. Por tal motivo, las características de las aplicaciones web se analizan en tres dimensiones detalladas en la siguiente Figura 22.

**Figura 22**

*Evolución de las aplicaciones web*



*Nota.* La imagen muestra la evolución de las aplicaciones web, así como sus cuatro elementos básicos que lo conforman. Tomado de *Web engineering the discipline of systematic development of Web Applications* por (Kappel & Proll, 2003, pág. 8)

Las dimensiones de desarrollo, producto y uso son dimensiones estándar para la evaluación de características de software.

### ***Backend***

Según (Back Introducción al backend y java, 2004) el backend constituye la parte de las aplicaciones web que el usuario percibe únicamente cuando no funciona. Es decir, el backend correspondería a todo aquello que no se puede ver pero que garantiza el funcionamiento de la aplicación, es decir aquello que simplemente la gente da por supuesto que sucede, como el hecho de el intercambio de datos de manera segura, la respuesta del sistema y su disponibilidad, la fiabilidad de intercambio de datos entre diferentes sistemas o el registro de estos.

### ***Python***

Python es un lenguaje de programación de alto nivel, el cual permite crear o desarrollar aplicaciones de todo tipo, constituye un lenguaje interpretado por lo que no es necesario compilarlo para que sus aplicaciones escritas sean ejecutadas. (Universidades, 2021)

### ***Frontend***

Según (Ferry Mestres) el frontend constituye todas aquellas tecnologías de desarrollo web que el cliente puede apreciar, definiendo como cliente a aquella persona que desea realizar u obtener algo con la aplicación web.

Es así como, el frontend podría definirse como todo aquello que el usuario ve e interactúa mientras se encuentra navegando por la web. Los tres lenguajes de programación básicos para el desarrollo de frontend son los siguientes:

- **HMTL**

HTML o HyperText Markup Language constituye un lenguaje de programación que permite describir hipertexto, o, en otras palabras, permite que el texto sea presentado de forma estructurada y agradable, incluyendo vínculos o enlaces que

permiten redirigir a otros documentos o fuentes de información relacionadas.

(Casado Vara)

En otras palabras, HTML constituye el esqueleto de la web y es la base todo, dentro de HTML se distinguen dos tipos de elementos, los cuales son:

- **Etiquetas:** Son las encargadas de indicar como se organiza el documento.
- **Contenido:** Corresponde a toda la información que se encuentra en el documento.

#### - **Javascript**

Javascript es un lenguaje de programación dinámico, su uso principalmente se enfoca al desarrollo de páginas web, logrando de esta forma que el cliente o usuario pueda interactuar con las páginas web convirtiéndolas de esta manera en interactivas.

Su implementación se realiza en conjunto con HTML con el fin de que el código pueda ser interpretado por el navegador. Las ventajas del uso de JavaScript son las siguientes:

- **Menor interacción del servidor:** Se puede validar las entradas de usuario previo a apagar el servidor.
- **Aumento de interacción:** Se pueden crear diferentes tipos de interfaces que reaccionan a las diferentes acciones realizadas por el usuario como movimiento del ratón u opresión de teclas en el teclado.
- **Mejores interfaces:** Se puede incluir el uso de sliders con el fin de proporcionar una mejor experiencia al usuario.

#### - **CSS**

Hojas de estilo o Cascading Style Sheets (CSS) es un lenguaje de programación enfocado a la parte visual de una página web. Con el uso de CSS, se puede

controlar el uso de diferentes colores, fuentes, tamaños de letras, tamaños de columnas entre otras cosas, cuyo único objetivo es que la página web desarrollada sea de mayor agrado para el usuario.

### ***LocalStorage***

LocalStorage es una herramienta proporcionada por JavaScript, la cual permite el almacenamiento de todo tipo de datos para que estos sean usados a posterior de la manera más conveniente posible (idaBLOG, 2012). Su funcionamiento es similar a las cookies, pero la gran diferencia radica en que, al trabajar de manera local, no necesita hacer peticiones al servidor.

### ***Almacenamiento en la nube***

Corresponde a un modelo computacional en la nube, mediante el cual es posible almacenar datos y/o al acceder mediante una red pública o privada. (AWS, 2023). Su implementación ofrece grandes ventajas, tales como lo son rentabilidad, velocidad, eficacia y escalabilidad.

### ***Firebase***

Firebase es un servicio de backend que provee a los desarrolladores una variedad de herramientas y servicios con el fin de mejorar la calidad de las aplicaciones. (educative, s.f.)

De esta manera, permite la creación de mejores aplicaciones mediante la disminución del tiempo de optimización y desarrollo, aunque sus características principales son el almacenamiento de información en la nube y el poder configurar esta información de manera distribuida. Dentro de Firebase se puede encontrar diversas opciones que pueden usarse dependiendo el análisis de datos que el usuario desea hacer, estas son:

- **Database:** Permite el almacenamiento de datos tipo entero, string entre otros, los datos se almacenan según un ID asignado a cada uno de ellos.

- **Realtime:** Permite tener control en tiempo real sobre quien ha ingresado o ha realizado variaciones en la base de datos.
- **Analytics:** Entrega gráficas según los datos que se hayan ingresado en el Database.

## **Coctelería**

El término de cóctel tiene su origen en la palabra “cocktail” cuya definición significa cola de caballo. Según (Coctelería y enología. Consejos para una preparación y servicio excelente de vinos y cócteles, 2006) un cóctel puede definirse como la mezcla de dos o más bebidas pudiendo estas contener o no alcohol.

Sin duda alguna, la coctelería ha ofrecido a lo largo de la historia ha ofrecido basto conocimiento el cual ha permitido a muchas personas establecer a la coctelería como una profesión.

### ***Preparación de cócteles***

Las recetas para la preparación de cócteles resultan de suma importancia, pues en esta se detallan medidas e ingredientes las cuales deben respetarse, esto con el fin de siempre obtener el sabor deseado en los cócteles preparados.

### ***Medidas estándar***

Como se ha mencionado, el control de las medidas de dosificación es lo más importante al momento de elaborar cócteles.

Según (Coctelería y enología. Consejos para una preparación y servicio excelente de vinos y cócteles, 2006) es importante comprender que las medidas mencionadas en una receta hacen mención del vaso en cual se servirá ese combinado.

Las recetas casi siempre vienen especificadas en ml u onzas como unidades de medida, y su equivalencia es la siguiente:

- 30 ml equivalen a 1 onza

- 20 ml equivalen a  $\frac{2}{3}$  de onza
- 15 ml equivalen a  $\frac{1}{2}$  de onza

Aunque, también pueden las recetas venir detalladas con fracciones de los ingredientes, como se muestra en la Tabla 3:

**Tabla 3**

*Fracciones de cóctel y su equivalencia en centilitros*

<b>Fracciones de cóctel</b>	<b>Valor en cl (centilitros)</b>
<b>1 cóctel</b>	5 cl
<b><math>\frac{1}{2}</math> cóctel</b>	2,5 cl
<b><math>\frac{1}{3}</math> cóctel</b>	1,6 cl
<b><math>\frac{1}{4}</math> cóctel</b>	1,25 cl
<b><math>\frac{1}{5}</math> cóctel</b>	1 cl
<b><math>\frac{1}{6}</math> cóctel</b>	0,8 cl
<b><math>\frac{2}{3}</math> cóctel</b>	3,3 cl
<b><math>\frac{2}{4}</math> cóctel</b>	2,5 cl
<b><math>\frac{2}{5}</math> cóctel</b>	2 cl
<b><math>\frac{2}{6}</math> cóctel</b>	1,6 cl
<b><math>\frac{3}{4}</math> cóctel</b>	3,7 cl
<b><math>\frac{3}{5}</math> cóctel</b>	3 cl
<b><math>\frac{3}{6}</math> cóctel</b>	2,5 cl
<b><math>\frac{4}{5}</math> cóctel</b>	4 cl
<b><math>\frac{4}{6}</math> cóctel</b>	3,3 cl
<b><math>\frac{5}{6}</math> cóctel</b>	4,1 cl

*Nota.* La tabla indica las fracciones de cóctel de uso común en la elaboración de diferentes cócteles y su respectiva equivalencia en centilitros. Tomado de (Coctelería y enología. Consejos para una preparación y servicio excelente de vinos y cócteles, 2006)

### ***Características básicas de un cóctel***

Como todo producto, un cóctel posee características básicas en su constitución.

Estas son:

- Su mezcla final no debe contener más de cinco productos incluyendo el elemento decorativo.
- Su presentación es casi siempre con hielo o el cóctel prácticamente frío.
- Al tratar de ser su fórmula exacta, la mayoría de las veces la medición de los ingredientes se lo realiza en onzas.
- Como elementos combinados aparte del alcohol se incluyen usualmente gaseosas, refrescos o jugo de frutas.

### ***Normas básicas de elaboración de un cóctel***

Resulta de suma importancia establecer normas al momento de elaborar un cóctel, estas son:

- Cuidar la limpieza y el proceso de preparación.
- Las cantidades especificadas en las recetas deben ser respetadas.
- El uso del vaso mezclador es obligatorio siempre y cuando se usen menos de tres ingredientes en la preparación de un cóctel.
- La dosificación de las bebidas se realiza en base a su graduación, es decir, primero se deben agregar las bebidas de mayor graduación.
- Todas aquellas bebidas consideradas equilibrantes tales como el vermouth, pueden ser mezcladas entre sí, mientras que, las bebidas estimulantes como el bitter no se recomienda mezclar.

- La presentación final del cóctel debe realizarse de tal manera que nunca las copas o vasos se llenen hasta el borde.

### ***Métodos de preparación de un cóctel***

Para la preparación de cócteles existen varios métodos de preparación según el resultado que se desee obtener, es de esta manera que (Andrade Karolys) define los siguientes métodos de preparación:

- **Directo:** El cóctel es servido de manera directa en el vaso. Como ejemplo de cócteles elaborados mediante este método se encuentra los puosse-café.
- **Batido:** Se agitan todos los ingredientes dentro de la coctelera con el fin de tener una mezcla uniforme, con la ayuda de hielo se logra disolver los ingredientes más densos como huevos o cremas.
- **Liculado:** Se mezcla el hielo, frutas y alcohol mediante el uso de una licuadora logrando como resultado una mezcla homogénea.
- **Refrescado:** Se mezcla los ingredientes en conjunto con el hielo de una manera sutil para que los ingredientes no se disuelvan.
- **Flameados:** Uso del fuego en bebidas con alta graduación alcohólica.
- **Edificados:** Dependiendo de la densidad de los líquidos se colocan uno encima del otro sin que se mezclen, creando un matiz de colores.

### ***Coctelería automática***

Es un proceso automatizado donde se transfieren tareas realizadas por barman, a un conjunto de elementos mecánicos y electrónicos que controlarán el procedimiento por medio de un autómatas programable o microprocesador, con el objetivo de lograr una combinación ideal de este tipo de bebidas.

## **Sistemas mecatrónicos en la industria alimentaria**

Las técnicas, conocimiento y tecnología crecen a la par que la sociedad, y es de esta manera que diferentes máquinas e inventos surgen con el fin de facilitar el trabajo a las personas y logrando mejores resultados. Según (Pelayo, 2018) la optimización de los procesos representa a la vez una mejora en lo que a coste se refiere, siendo que economías como China han logrado un gran avance en este sector.

Sin embargo, como enfoque común de estas es realizar aquellas tareas que representan peligro, aunque también pueden ser creadas para mejorar precisión y con el fin de que tareas repetitivas ya no sean realizadas por personas, las cuales podrían realizar otro tipo de tareas como el control y mantenimiento de estas.

Esta es la razón por la que en los últimos años diferentes máquinas han surgido logrando de esta manera un gran desarrollo en la automatización y control en diferentes sectores de la industria, tales como el sector automotriz, de manufactura, medicina e industrial y en la industria alimentaria enfocándose principalmente a la mejor de parámetros de calidad e higiene.

Las ventajas ofrecidas por sistemas mecatrónicos en la industria alimentaria son las siguientes:

- Baja tasa de errores
- Capacidad de realizar procesos repetitivos de manera exacta
- Continuidad de procesos de producción

## ***Selección de componentes en la industria alimentaria***

Como se mencionó anteriormente, la introducción de la automatización en diversos procesos alimentarios cada vez es más evidente. En cada una de las áreas industriales son distintos cada uno de los componentes que se usan, pero a nivel de la industria alimentaria la selección de los componentes o elementos a usar resulta un tema delicado pues, estos elementos estarán en contacto frecuente con el producto. Todos estos elementos deben ser

aprobados oficialmente por la FDA organismo encargado de la protección de la salud. En base a esto, se ha dispuesto el uso de algunos de estos materiales:

- **Aleaciones metálicas**

Las aleaciones metálicas son uno de los elementos de mayor uso, debido en gran parte a su resistencia a la corrosión y trabajabilidad. Las aleaciones de mayor uso son el acero inoxidable, pudiendo usarse los aceros AISI 303, AISI 304 y AISI 316. (Corrado, 2019)

Otra de las aleaciones metálicas de mayor uso es el latón, en parte a su capacidad de agregar una gran ductilidad y trabajabilidad a la resistencia a la corrosión.

Cabe recalca que la FDA dispone que todos estos tipos de aleaciones reciban previamente diversos tratamientos superficiales con el fin de evitar problemas al momento en que estos tengan contacto con los alimentos.

- **Mangueras**

Al referirse al uso de mangueras en la industria alimentaria se hace referencia específicamente a mangueras de grado alimenticio. Estas al igual que todos los diferentes elementos usados en la industria alimentaria, son fabricadas bajo las especificaciones de la FDA.

Si bien, un punto importante es determinar la aplicación que se les vaya a dar dentro de la industria alimentaria, todas las mangueras poseen características claves las cuales las vuelve uno de los elementos más importantes al momento del trabajo en conjunto con alimentos. Según (Tameson, s.f.) estas características son:

- **Construcción no metálica:** Todas las mangueras son fabricadas de caucho o plásticos, pues ofrecen una resistencia inherente a la corrosión.
- **Durabilidad:** Por excelencia, las mangueras de grado alimentario son capaces de soportar duras condiciones en las instalaciones de procesamiento de alimentos.

- **Capacidad de presión:** Las mangueras ofrecen eficiencia en el momento de realizar mantenimiento, pues son capaces de soportar mantenimientos realizados a diversas condiciones de presión.
- **Diseño inodoro e insípido:** Su diseño está realizado con el fin de que sean capaces de evitar la añadidura de olores a los productos, contaminación o sabores.

Cabe destacar que aparte de las condiciones dispuestas por la FDA, existen otras normas dispuestas para su uso, según (Tameson, s.f.) las normativas más importantes son:

- **ISO 22000**

Normativa encargada de establecer los requisitos del sistema de gestión de la seguridad alimentaria. Todas las empresas y procesos dentro de los cuales se establezca la utilización de mangueras pueden ser auditados, certificados y registrados bajo esta normativa.

- **Reglamento (CE) 1935/2004**

Normativa encargada de la regularización de materiales y objetos en la industria alimentario, incluyendo dentro de estos elementos a tubos de plástico, caucho, metal y silicona.

## **Capítulo III**

### **Diseño y construcción**

#### **Diseño del sistema**

En este capítulo se presentara el proceso de desarrollo del dispositivo, en función a las necesidades y requerimientos del cliente, se tomarán en cuenta también los problemas que solventara la máquina y el lugar en el que estará ubicada, a fin de tener como resultante un diseño totalmente eficiente al ambiente en el que se desempeñará; se ha tomado el libro "Diseño y desarrollo de productos" de Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger y sus herramientas metodológicas como referente para el desarrollo y construcción del sistema.

#### ***Necesidad del cliente***

Previo al diseño se realizó una reunión con el gerente operativo de MMwings quien estableció las necesidades físicas que deberemos cubrir, así como las características técnicas a tomar en cuenta durante el diseño. Este proceso fué fundamental realizarse para cumplir con el compromiso de un desarrollo colaborativo con la empresa y obtener como resultante un dispositivo que satisfaga tanto física como tecnológicamente las necesidades del restaurante.

Para establecer cada una de las necesidades se ha utilizado la herramienta presentada en el capítulo 6 de "Diseño y desarrollo de productos" de Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger, consistiéndose en una tabla que asigna un valor de entre 1 y 5 unidades, en función a su importancia, así en un análisis posterior se podrá hacer más hincapié en aquellas características que tengan una asignación superior.

**Tabla 4**

*Necesidades del cliente establecidas previas al diseño*

<b>Núm.</b>	<b>Necesidad</b>	<b>Imp.</b>
1	El sistema Tiene un tamaño reducido	5
2	El sistema Es de material inoxidable no corrosivo	5
3	El sistema Es relativamente Liviano	2
4	El sistema Tiene un interfaz usuario máquina intuitiva	5
5	El sistema Tiene capacidad para varias botellas	5
6	El sistema Tiene un modelo compacto	4
7	El sistema Lleva registro y monitoreo de consumo	4
8	El sistema Está diseñado para varios tamaños de botellas	5
9	El sistema Es de fácil operación	3
10	El sistema Posee la capacidad de usar un dispositivo móvil como interfaz de control alterna	2
11	El sistema Es de bajo consumo de electricidad	2
12	El sistema Tiene total aislamiento entre líquido y componentes	5
13	El sistema Cuida la calidad del producto dispensado	5
14	El sistema Dispensa relativamente rápido las bebidas	4
15	El sistema Es portable	3

Además se han establecido varias características específicas que el cliente hizo hincapié, las mismas que se citan a continuación.

- La máquina no deberá tener una altura superior a 0,7 m
- Debe tener un sistema silencioso de extracción de líquidos
- Se debe tener varios cocteles programados.
- La tensión de red eléctrica que debe manejar la máquina es de 110V.
- Deberá tener un sistema de dragado bajo el estante donde va el vaso, para desechar el líquido que podría verterse fuera del recipiente por accidente.
- Tendrá que poder controlarse desde una pantalla táctil propia del sistema, o desde un teléfono celular.

### **Especificaciones técnicas del sistema**

Las necesidades del cliente recopiladas se toman como base para generar la lista de métricas. Las métricas son atributos expresados en términos técnicos, que se relacionarán con cada característica para registrar de forma tan exacta como sea posible, lo que el cliente quiere en su producto.

**Tabla 5**

*Especificaciones técnicas del sistema*

<b>Métrica núm.</b>	<b>Núm. de necesidad</b>	<b>Métrica</b>	<b>Imp.</b>	<b>Unidades</b>
1	1,3,5,6,15	Dimensión del equipo	5	$m^3$
2	2	Material Estructural	5	<i>lista</i>
3	3,6	Masa Total	3	<i>kg</i>
4	4,9	Distribución de la interfaz	5	<i>Subjetiva</i>
5	7	Registro de uso y consumo	4	<i>Lista</i>
6	10	Control Dinámico	3	<i>Subjetiva</i>
7	11	Consumo Energético	2	<i>W</i>
8	14	Tiempo de dispensado	4	<i>seg</i>
9	13,12,14	Tipo de bomba	5	<i>Lista</i>
10	8,5	Número de Botellas	4	<i>Lista</i>

### **Casa de la calidad**

La casa de la calidad relaciona las necesidades con las métricas, esto permite tener un enfoque más claro de cuales métricas se relacionan directamente con ciertas

necesidades, y así diseñar un producto que dé prioridad a los aspectos que deben mejorarse a fin de generar un producto competente en el mercado. (Gómez Villoldo, 2017)

**Tabla 6**

*Casa de la calidad*

#	Gráfico de peso	Peso relativo	Importancia del cliente	Relación Máxima	NECESIDAD	Columna #									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	#
Dirección de Mejora						▼	▲	◇	▲	▲	◇	▼	▼	▲	◇
					METRICAS	Dimensión del equipo	Materia Estructural	Masa Total	Distribución de la interfaz	Registro de uso y consumo	Control Dinámico	Consumo Energético	Tiempo de dispensado	Tipo de bomba	Numero de Botellas
1		8%	5		Tiene un tamaño reducido	●	○	○	▼	▼	▼	▼	▼	○	○
2		8%	5	9	Es de material inoxidable no corrosivo	▼	●	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
3		3%	2	9	Es relativamente Liviano	●	○	●	▼	▼	▼	▼	▼	○	●
4		8%	5	1	Tiene un interfaz usuario máquina intuitiva	▼	▼	▼	●	▼	○	○	▼	▼	▼
5		8%	5	2	Tiene capacidad para varias botellas	●	○	○	▼	▼	▼	▼	▼	○	●
6		7%	4	9	Tiene un modelo compacto	●	○	●	▼	▼	▼	▼	▼	○	▼
7		7%	4	9	Lleva registro y monitoreo de consumo	▼	▼	▼	●	●	○	▼	○	▼	○
8		8%	5	9	Está diseñado para varios tamaños de botellas	○	○	○	▼	▼	▼	▼	▼	▼	●
9		5%	3	9	Es de fácil operación	▼	▼	▼	●	○	○	▼	▼	▼	▼
10		3%	2	9	Posee la capacidad de usar un dispositivo móvil como interfaz de control alterna	▼	▼	▼	○	○	●	▼	▼	▼	▼
11		3%	2	9	Es de bajo consumo de electricidad	▼	▼	▼	▼	▼	○	●	▼	▼	▼
12		8%	5	9	Tiene total aislamiento entre líquido y componentes	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	●	▼
13		8%	5	9	Cuida la calidad del producto dispensado	▼	○	▼	▼	▼	▼	▼	○	●	▼
14		7%	4	9	Dispensa relativamente rápido las bebidas	○	▼	▼	▼	▼	○	○	●	●	▼
15		5%	3	9	Es portable	●	○	○	▼	▼	▼	▼	▼	▼	○
Relación máxima						9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Clasificación de importancia técnica						388,13559	266,10169	242,37288	269,49153	171,18644	188,13559	157,62712	184,74576	344,0678	303,38983
Peso relativo						15%	11%	10%	11%	7%	7%	6%	7%	14%	12%
Gráfico de peso															

*Nota.* La tabla constituye un método de relación directa entre las necesidades y las métricas, utilizándose para tener una perspectiva más clara de que aspectos se relacionan más entre sí.

### ***Análisis de los resultados obtenidos de la casa de la calidad***

Entre los aspectos más importantes a tomar en cuenta para el diseño del producto, se encuentra la dimensión del equipo, los materiales que se usen y además el tipo de bomba a utilizarse para la extracción de líquidos, estas métricas se relacionan cada una con al menos 2 necesidades y con alrededor de 8 necesidades en conjunto, aspecto que denota su clara importancia.

Otro principio por tomarse en cuenta como prioridad es el desarrollo de la interfaz que deberá ser altamente intuitiva para atacar tanto el aspecto de su ejecución como el rápido dispensado de la bebida.

### ***Comparaciones con la competencia (Benchmarking)***

Comparar un producto con otro es una forma clave de mejorar el desarrollo del mismo, ya que permite evaluarlos en relación con sus competidores y entender cómo se comportarán en el mercado, lo que ayudará a identificar sus limitaciones y descubrir formas de mejorarlo e incrementar la aceptación por parte del público.

Esta comparación también es útil para identificar las áreas de innovación, desarrollar nuevas características y encontrar formas de diferenciar el producto de los demás.

De allí que se ha establecido la siguiente tabla en la que se compara dos productos presentes en el mercado y en el medio; uno realizado por estudiantes de la universidad ESPE, y otro denominado Bartendro, desarrollado por ingenieros norteamericanos.

**Tabla 7***Comparativa entre productos del medio*

<b>Métrica Num.</b>	<b>Núm. de necesidad</b>	<b>Métrica</b>	<b>Imp</b>	<b>Unidades</b>	<b>Equipo ESPE</b>	<b>Bartendro</b>
1	1,3,5,6,15	Dimensión del equipo	5	$m^3$	0.1006	0.1699
2	2	Material Estructural	5	<i>lista</i>	Polimetilmetacrilato	Acero común con tratamiento de pintura 11.79
3	3,6	Masa Total	3	<i>kg</i>	25	Interfaz básica
4	4,9	Distribución de la interfaz	5	<i>Subjetiv</i>	Interfaz básica	No posee
5	7	Registro de uso y consumo	4	<i>Lista</i>	No posee	Básico, control únicamente con pantalla integrada
6	10	Control Dinámico	3	<i>Subjetiv</i>	Básico, control únicamente con pantalla integrada	Básico, control únicamente con una Tablet. 0.192
7	11	Consumo Energético	2	<i>Kw</i>	0.037	700
8	14	Tiempo de dispensado	4	<i>ml /min</i>	450	Peristáltica
9	13,12,14	Tipo de bomba	5	<i>Lista</i>	Peristáltica	Peristáltica 8
10	8,5	Numero de Botellas	4	<i>Lista</i>	9	8

*Nota.* La tabla relaciona dos productos similares al que se va a desarrollar, a fin de recabar información en base a sus características más influyentes con respecto a nuestra lista de necesidades.

Una vez obtenidos valores del medio, podemos establecer una tabla en la que se registre que producto satisface más nuestros objetivos en ciertas necesidades y así poder tomar lo mejor de ambos para el siguiente paso de nuestro desarrollo.

**Tabla 8***Comparación con la competencia*

Núm.	Necesidad	Imp.	Equipo ESPE	Bartendro
1	Tiene un tamaño reducido	5	••	•
2	Es de material inoxidable no corrosivo	5	•••	••
3	Es relativamente Liviano	2	••••	•
4	Tiene un interfaz usuario máquina intuitiva	5	•	•••
5	Tiene capacidad para varias botellas	5	•••	••
6	Tiene un modelo compacto	4	••	•
7	Lleva registro y monitoreo de consumo	4	•	•
8	Está diseñado para varios tamaños de botellas	5	•••	•••
9	Es de fácil operación	3	••	•••
10	Posee la capacidad de usar un dispositivo móvil como interfaz de control alterna	2	•	•
11	Es de bajo consumo de electricidad	2	••••	••
12	Tiene total aislamiento entre líquido y componentes	5	••••	••••
13	Cuida la calidad del producto dispensado	5	••	•••
14	Dispensa relativamente rápido las bebidas	4	•	••
15	Es portable	3	••	•

*Nota.* La presente tabla es una comparación con la competencia basada en la satisfacción de las necesidades, un mayor número de puntos hace alusión a una mayor satisfacción de la necesidad.

### ***Establecer los Valores objetivos para las Métricas.***

En base a los valores de la competencia se puede generar una lista de valores objetivos para nuestro producto, estos valores estarán comprendidos en dos subclases:

- Valores Ideal
- Valores marginalmente aceptables

Los valores ideales son aquellos atributos o características deseadas en un producto que al cumplirse a cabalidad serán esenciales para el éxito y satisfacción del cliente con nuestro prototipo. Por otro lado, los valores marginalmente aceptables son aquellos que de alcanzarse permitirían a penas el desarrollo o la viabilidad del producto hablando en términos comerciales y competitivos. Con estos objetivos obtendremos una brújula para el desarrollo de las etapas de generación y selección de conceptos, y después para ajustar las especificaciones finales cuando ya se haya seleccionado el concepto de producto.

**Tabla 9**

*Especificaciones objetivo*

<b>Métrica núm.</b>	<b>Núm. de necesidad</b>	<b>Métrica</b>	<b>Imp.</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor Marginal</b>	<b>Valor ideal</b>
<b>1</b>	1,3,5,6,15	Dimensión del equipo	5	$m^3$	0.1 0.2	<0.15
<b>2</b>	2	Material Estructural	5	<i>lista</i>	Plástico o acero con tratamiento anticorrosivo	Acero Inoxidable
<b>3</b>	3,6	Masa Total	3	<i>kg</i>	<50	25
<b>4</b>	4,9	Distribución de la interfaz	5	<i>SUBJETIVA</i>	Interfaz Simple y funcional, una única ventana	Interfaz intuitiva y dinámica, más de dos ventanas
<b>5</b>	7	Registro de uso y consumo	4	<i>Lista</i>	Registro de cocteles consumidos a nivel local.	Registro de cocteles ganancias y métricas de consumo en la nube
<b>6</b>	10	Control Dinámico	3	<i>Subjetiva</i>	Control con pantalla táctil integrada	Control con pantalla táctil y teléfono celular
<b>7</b>	11	Consumo Energético	2	<i>Kw</i>	<0.5	<0.25
<b>8</b>	14	Tiempo de dispensado	4	<i>ml/min</i>	500	800
<b>9</b>	13,12,14	Tipo de bomba	5	<i>Lista</i>	Peristáltica	Método con una

Métrica núm.	Núm. de necesidad	Métrica	Imp.	Unidades	Valor Marginal	Valor ideal
10	8,5	Numero de Botellas	4	Lista	>8	única bomba >10

*Nota.* Se muestra en la tabla las especificaciones objetivo como un aproximado a los valores que tendrán las métricas en nuestro diseño final.

### **Generación de conceptos**

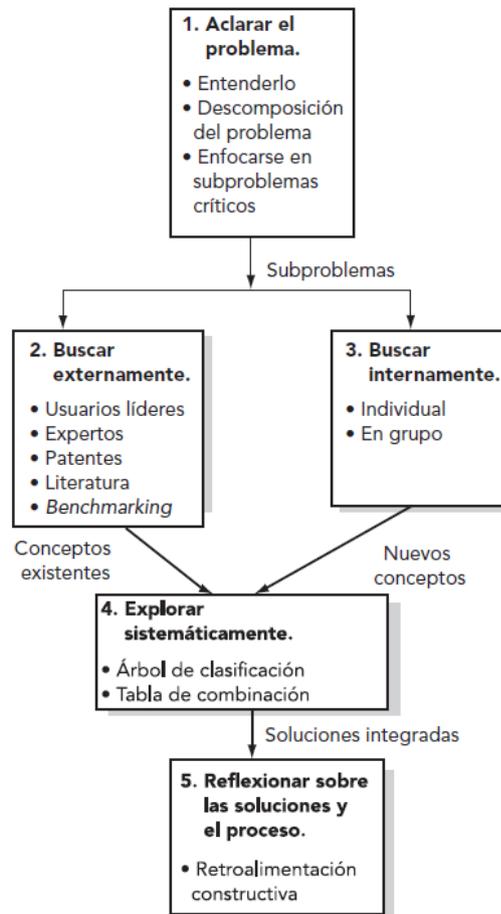
La generación de conceptos es una etapa crucial en el proceso de diseño de productos aquí identificaremos y evaluaremos diferentes ideas y soluciones para el diseño del producto. Esta etapa puede incluir la investigación de mercado, la identificación de problemas y oportunidades, y la búsqueda de soluciones innovadoras. El objetivo de la generación de conceptos es crear una amplia variedad de opciones que puedan ser evaluadas y perfeccionadas posteriormente en la selección de concepto. La creatividad y la colaboración son valoradas en esta etapa, ya que pueden llevar a soluciones inesperadas y a un enfoque fresco en el diseño del producto, y esto se ratifica según (Ulrich & Eppinger, 2013) quien menciona que solo una buena generación de conceptos dejará al equipo de desarrollo satisfecho y con la garantía de que se exploró el mayor número de alternativas y posibilidades existentes para la solución y el desarrollo de su producto.

### **Método de 5 pasos**

En el capítulo 7 del libro Diseño y desarrollo de productos nos presentan el método de generación de conceptos en 5 pasos, tal y como se muestra en la Figura 23.

## Figura 23

### Generación de conceptos en 5 pasos



Nota: la figura muestra un procedimiento para generar conceptos sugerido por el libro *Diseño y desarrollo de productos* de Ulrich.

Se empieza entonces con la especificación clara del problema, para en lo posterior descomponerlo en subproblemas más sencillos, consecuentemente se generarán soluciones a estos últimos mediante el uso de procedimientos de búsqueda interna y externa, que es básicamente investigar en los archivos tanto empresariales como en bases de información pública ya sea tesis anteriores, foros de ingeniería e innovación, repositorios webs etc. Con esta información se procede a elaborar arboles de información y tablas de combinación de conceptos, así se asegurará explorar el espacio de conceptos en su totalidad para obtener a partir de las soluciones de cada subproblema una solución total.

### ***Aclaración del problema y descomposición en subproblemas***

Se necesita una maquina dosificadora de bebidas, que se pueda controlar mediante una interfaz táctil, y almacene el registro de consumo en un repositorio digital en la nube, para que así el restaurante MMwings posea data para estrategias futuras de marketing y control de stock.

En primera instancia se ha establecido que el dispositivo cumplirá las siguientes tareas principales:

- Dispensar de una o más botellas una cantidad especifica de licor, agua y jugo, según la receta de los cocteles de MMwings lo requiera.
- Almacenar un registro de consumo, mililitros dispensados, y cocteles consumidos, en la nube.
- Ejecutarse y controlarse mediante una pantalla táctil, y adicionalmente permitirse el control mediante un dispositivo móvil que se conecte al sistema.

Ahora mediante un análisis más técnico se han aterrizado las siguientes características específicas.

- Funcionar con 110 V AC
- Disponer de compartimentos para 12 botellas
- Fabricarse de material inoxidable
- Cuidar la calidad del líquido dispensado, y mantener normas de salubridad.
- Utilizarse un sistema embebido para el control total del sistema

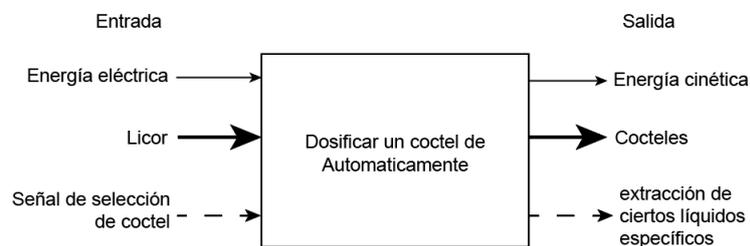
### ***Descomposición***

Para descomponer el problema se ha optado por representarlo como una caja negra que opera con flujos de material, energía y señales. Los flujos se representarán mediante diferentes tipos de líneas y flechas cuyo uso y significado se presentan a continuación:

**Tabla 10***Simbología de flujos*

Flecha	Función
	denotan la transferencia y conversión de energía
	representan el movimiento de material dentro del sistema
	Representan las señales de flujos de control y retroalimentación dentro del sistema

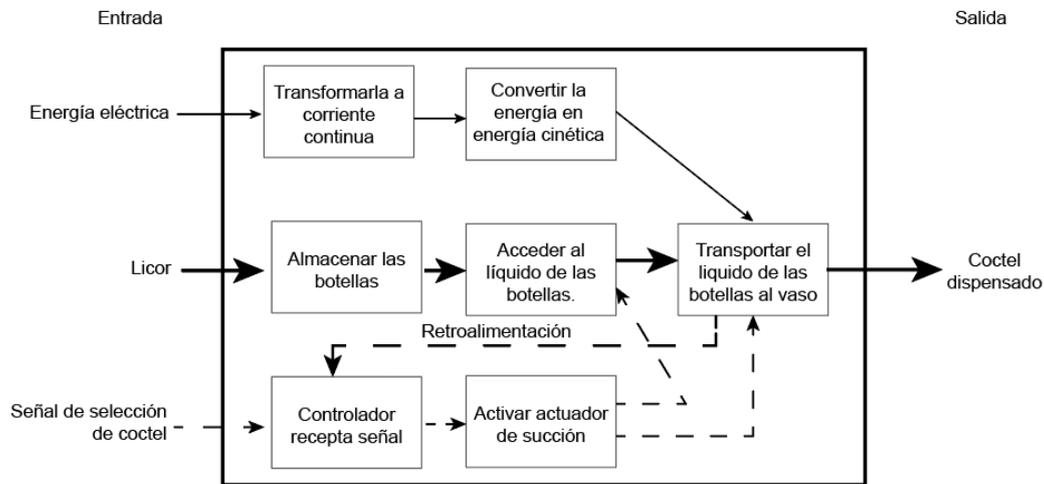
Presentamos así la caja negra, que representa la función general y principal del producto.

**Figura 24***Caja negra del sistema de dosificación*

Como siguiente paso, descomponemos la caja negra dividiendo la función principal del producto en subfunciones, a fin de darle una descripción más detallada a estas últimas y analizar más a fondo, y este proceso se puede repetir creando nuevas subfunciones hasta que el equipo considere que la función es lo suficientemente sencilla como para trabajar en ella.

Figura 25

## Subfunciones del sistema de dosificación



Con este desglose podemos ya empezar a enfocar nuestra creatividad en los subproblemas específicos más significativos para el desarrollo del producto.

**Búsqueda Externa (Benchmark)**

Se realizó una búsqueda externa de dispositivos existentes en el medio ecuatoriano, que ejecuten o realicen el mismo trabajo que nuestro producto, y la única referencia ya comercializada en un modelo de negocio que se halló fue en Quito, con el restaurante Katari, quien ha puesto a disposición de sus clientes un dispensador de cerveza que registra el consumo del usuario mediante el uso de una pulsera, para al final cancelar todo el valor equivalente a la cantidad de alcohol que ha ingerido.

Sin embargo, no constituye un dispensador automático puesto que las personas son las encargadas de servirse, pero lo que se ha logrado de esta manera es evitar que una sola persona sea la encargada de servir las cervezas a los clientes y más que todo, el atractivo visual que esta máquina genera llama la atención de los clientes. El sistema de dosificación en este caso consiste únicamente en una palanca que abre el barril de cerveza, y permite que el líquido salga por la manguera y sea dispensado directamente en el vaso, cada barril está inyectado con gas a presión, al abrir la manguera de salida, el  $CO_2$  en el

interior empuja el líquido y lo expulsa por la manguera, este principio se denomina el principio de Bernoulli.

### **Figura 26**

*Dosificadores de cervezas en el restaurante Katari*



Al momento de hablar del ámbito internacional, la empresa Party Robotics, empresa especializada en la fabricación de dispensadores de cócteles de alta precisión, ha desarrollado uno de los dispensadores de mayor precisión a nivel mundial llamado Bartendro. Este dispensador utiliza bombas peristálticas sensorizadas con el fin de obtener un mejor control sobre el líquido dispensado y también para reducir de manera significativa el tiempo de elaboración de los cócteles.

### **Figura 27**

*Sistema de dosificación de cócteles automático Bartendro*



Tanto Katari como Bartendro utilizan una estructura metálica combinada, utilizando metal común, plástico, acero inoxidable e incluso Madera, sin embargo, una diferencia significativa entre ambos dispositivos es el tamaño y la portabilidad, ya que Katari consiste en un sistema no móvil instalado en un cuarto entero, y Bartendro constituye un sistema móvil transportable.

### ***Búsqueda Interna***

A nivel institucional, se ha desarrollado un prototipo, en el campo de sistemas de dosificación de cócteles cuyos los autores de la tesis son Danny Espinoza y María Salazar con el tema DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE DOSIFICACIÓN DE BEBIDAS PARA LA EMPRESA COMPUENGINE CIA. LTDA. Su sistema presenta un equipo basado en bombas peristálticas alcanzando una precisión alta durante la elaboración de los cócteles, sin embargo, el tiempo de elaboración no es eficiente, ya que posee un tornillo sinfín acoplado a un servomotor que traslada el vaso en el cual se dosifica el cóctel por cada una de las botellas, además de que la cantidad de botellas se limita a tan solo cinco.

### **Figura 28**

*Sistema de dosificación a nivel institucional*



En cuanto al material de manufactura, este sistema está realizado con acoples de aluminio, y planchas de Polimetilmetacrilato.

En adición en la Empresa Artil Robotics, se disponía de una bomba centrífuga comúnmente usada en el sistema de limpieza de los parabrisas de automóviles.

La bomba centrífuga funciona mediante un impulsor que gira a alta velocidad, generando una fuerza centrífuga que empuja el líquido hacia la periferia del impulsor.

A medida que el líquido se mueve hacia la periferia, la fuerza centrífuga aumenta y la presión del líquido también aumenta, permitiendo que se eche agua en los parabrisas.

Este tipo de bomba es eficiente, confiable y fácil de mantener, por lo que es una opción que podríamos tomar en cuenta para nuestro sistema.

### ***Explorar sistemáticamente.***

De las referencias investigadas se puede obtener algunas ideas que darán solución a varios de nuestras problemáticas, mismas que podemos dividir en tres temarios principales a tomar en cuenta:

- Material de fabricación
- Método de extracción de líquido
- Dispositivo de control e interfaz usuario-máquina.

Con estas temáticas en la tabla 11 se indica las posibles soluciones a cada problemática.

**Tabla 11**

*Soluciones posibles a la problemática planteada*

<b>Material de fabricación</b>	<b>Método de extracción de líquido</b>	<b>Dispositivo de control e interfaz usuario-máquina.</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metal común con tratamiento de pintura.</li> <li>• Acero inoxidable.</li> <li>• Plástico.</li> <li>• Acrílico.</li> <li>• Madera.</li> <li>• Vidrio templado.</li> <li>• Aluminio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bombas peristálticas</li> <li>• Inyección de aire aplicando el principio de Bernoulli.</li> <li>• Bomba centrífuga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control mediante un ordenador portátil.</li> <li>• Uso de microcontroladores y pantalla led.</li> <li>• Ordenadores Monoplaca con pantalla touchscreen.</li> </ul>

### ***Árbol de clasificación del material***

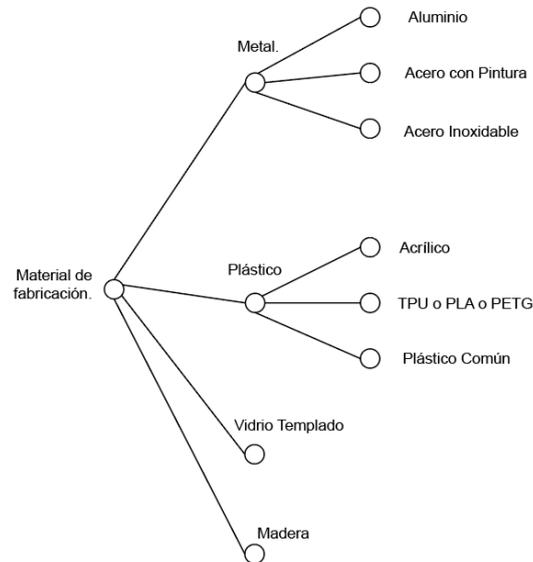
A continuación, se ha generado un árbol de clasificación que permitirá clasificar y dividir de mejor manera algunas opciones de material que puede utilizarse, así podremos analizar qué tan incompatibles son ciertos materiales con otros, y cuáles deberían descartarse definitivamente en nuestro diseño.

Como se puede observar en la figura 28, tanto el plástico como el metal se subdividen en varios materiales que podríamos usar según ciertos criterios posteriormente

. Así que elegiremos estos dos últimos y daremos por descartado la madera y el vidrio templado que, si bien son opciones clásicas, pueden ser sustituidas por los materiales elegidos, que de seguro desempeñaran su función de la misma forma o mejor.

**Figura 29**

*División de opciones de materiales de fabricación*

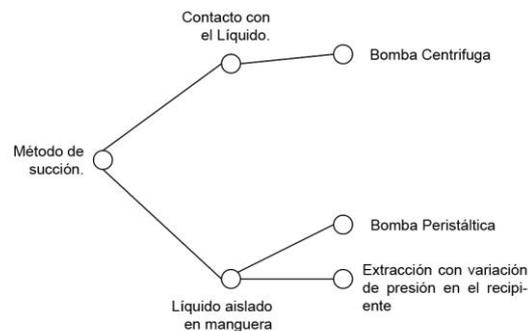


### **Árbol de clasificación del método de succión**

Si bien las bombas de succión citadas realizan la misma función, eficientemente y por igual, el principio físico bajo el cual trabaja es diferente en cada una, pero, sobre todo, lo que más nos interesa es como se relaciona el líquido físicamente con cada dispositivo, tomando en cuenta esto, en la Figura 30 se indica la clasificación de los métodos de succión a la problemática de succión.

**Figura 30**

*Métodos de solución para la succión del sistema*



Según los requerimientos del cliente especificados en la Tabla 4, resulta de suma importancia que el líquido dispensado cumpla ciertas normas de salubridad, siendo una ellas el cuidado y aislamiento total del líquido, es decir, se deberá priorizar que los licores, jugos y agua no entre en contacto con el mecanismo de acción o piezas del mismo que podrían desintegrarse con el paso del tiempo, desprendiendo material deshecho en cada coctel dispensado. Con tal principio la bomba centrífuga es una opción inviable, que se procede a descartar, y optaremos por mantener la Bomba peristáltica, y el método de variación de presión.

Teniendo ya varias soluciones para nuestras tres problemáticas principales podemos generar una tabla de combinación de conceptos, que nos permitirá considerar en forma sistemática, las combinaciones existentes entre fragmentos de solución, arrojando así soluciones completas que podremos considerar después para el diseño y concepto final.

### ***Tabla de combinación de conceptos***

En la Figura 31, se indica dentro de las columnas los subproblemas identificados anteriormente, y las entradas corresponden a los fragmentos de solución derivados de las investigaciones hechas interna y externamente, y que fueron ya filtrados en el post análisis de los árboles de clasificación.

### **Figura 31**

*Tabla de combinación de conceptos*

Material de Fabricación	Método de extracción de líquido	Dispositivos de control e interfaz usuario máquina
Aluminio	Bombas peristálticas	Ordenador Portatil
Acero	Inyección de aire, aplicando el principio de Bernoulli	Microcontroladores y pantalla led
Plástico		Ordenadores Mono-placa con pantalla touchscreen.
Acrílico		

En base a la Figura 31, se procede a realizar varias combinaciones entre fragmentos de cada columna, esto arrojará posibles soluciones que, tras un postdesarrollo basado en un amplio espectro de creatividad, concluirán en el método definitivo a aplicarse en nuestro producto.

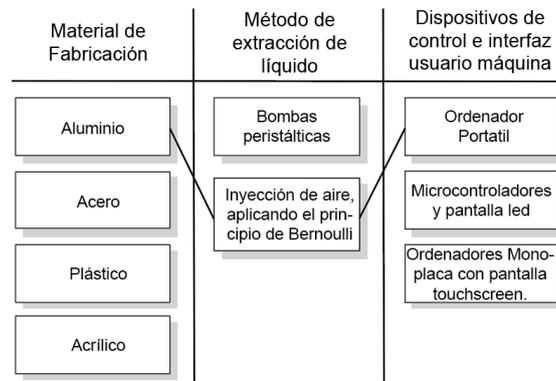
Presentamos entonces algunas combinaciones.

### Figura 32

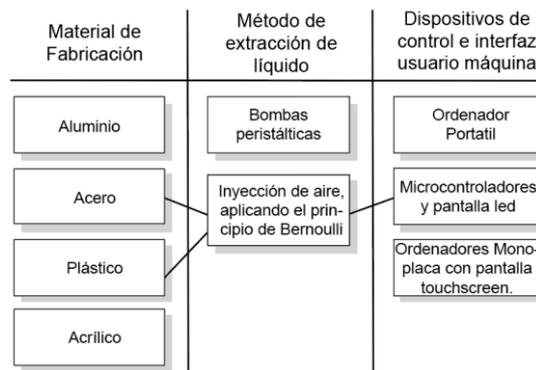
*Opción A de soluciones planteadas*

Material de Fabricación	Método de extracción de líquido	Dispositivos de control e interfaz usuario máquina
Aluminio	Bombas peristálticas	Ordenador Portatil
Acero	Inyección de aire, aplicando el principio de Bernoulli	Microcontroladores y pantalla led
Plástico		Ordenadores Mono-placa con pantalla touchscreen.
Acrílico		

*Nota.* La figura expresa una posible solución combinando una estructura de aluminio, con bombas peristálticas y controlado mediante un ordenador portátil

**Figura 33***Opción B de soluciones planteadas*

*Nota.* La figura muestra una posible solución combinando una estructura de aluminio, un método de extracción de líquidos utilizando el principio de bernoulli y controlado mediante un ordenador portátil

**Figura 34***Opción C de soluciones planteadas*

*Nota.* La figura muestra una posible solución, la cual utiliza dos materiales base, el acero y el plástico para la estructura del sistema, y un método de extracción de líquidos utilizando el principio de Bernoulli y Boyle controlado por microcontroladores anexados a una pantalla led.

**Figura 35***Opción D de soluciones planteadas*

Material de Fabricación	Método de extracción de líquido	Dispositivos de control e interfaz usuario máquina
Aluminio	Bombas peristálticas	Ordenador Portatil
Acero	Inyección de aire, aplicando el principio de Bernoulli	Microcontroladores y pantalla led
Plástico		Ordenadores Mono-placa con pantalla touchscreen.
Acrílico		

*Nota.* La tabla muestra una posible solución que utiliza dos materiales base, el acero y acrílico para la estructura del sistema, y un método de extracción de líquidos utilizando el principio de Bernoulli controlado por un ordenador mono placa vinculada a un touchscreen como interfaz de control

### ***Reflexión sobre las soluciones y el proceso.***

Bajo este proceso se han encontrado varias soluciones pertinentes, que han despertado la creatividad y motivación por el desarrollo del producto, sin embargo, a pesar de que cada solución posee ventajas significativas, también presenta aspectos negativos que debemos analizar.

Primero para la Metodología que emplea una solución combinando una estructura de aluminio, con bombas peristálticas y controlado mediante un ordenador portátil, se asegura que el procesamiento de los pedidos serán sumamente dinámicos y veloces, sin mencionar que al usar la computadora el almacenamiento de registro de consumo será más sencillo y veloz; pero desafortunadamente, el hecho de agregar un computador, ataca directamente sobre el diseño y portabilidad del mismo, el sistema se volverá complicado de transportar y comprenderá dos partes: La máquina en sí, y el ordenador portátil. Esta misma problemática se aplica para la segunda alternativa.

Con el tercer método utilizamos micro controladores y una pantalla led como dispositivo de control e interfaz, en cuanto al método de extracción se ejecuta la inyección de aire aplicando el principio de Bernoulli para extraer el líquido de las botellas, este método al igual que las bombas peristálticas mantiene la sustancia aislada de los componentes mecano por lo que no hay mucha diferencia entre ambas opciones, lo mismo sucede con el acero y el plástico, por otro lado, si bien los microcontroladores si bien son alternativas portátiles fáciles de transportar e incluso almacenar dentro del mismo sistema; no poseen un poder de cómputo significativo, característica que pone en peligro el objetivo de almacenar y procesar gran cantidad de datos para subirlos a la nube.

Finalmente, con el cuarto método se ha escogido acero y acrílico como material de fabricación, la inyección de aire aplicando el principio de Bernoulli, y el ordenador mono placa con pantalla touchscreen, esta opción soluciona el problema de portabilidad manteniendo la capacidad computacional, ya que estos dispositivos son básicamente computadores a pequeña escala, capaces de ejecutar algoritmos de automatización en tiempo real, la única desventaja de esta opción será el presupuesto económico, pues a breves rasgos se calcula casi la tercera parte de la inversión sería destinada a la adquisición el ordenador y su pantalla.

### **Selección de Conceptos**

Es importante tener claro que el concepto definirá en gran medida la aceptación del público con el producto, además “la selección del concepto de un producto determina en forma impresionante el costo final de manufactura de este” (Ulrich & Eppinger, 2013).

Ulrich menciona en su libro algunos principios bajo los cuales se podría escoger el método adecuado, en primera instancia menciona que un producto puede enfocarse al cliente, ya que los conceptos serán evaluados directamente con los criterios del comprador resultando en un producto 100% basado en sus necesidades; otro método comprende en un diseño basado en la competencia es decir el benchmarking, aquí se compara el producto

con diseños ya existentes, intentando igualar o rebasar la calidad y rendimiento de la competencia.

Otros métodos comprenden una evaluación interna y análisis de pros y contras de cada concepto asignando, dando valores porcentuales a cada característica y ponderando la efectividad final de cada idea, así el equipo podrá evaluar qué concepto se ajusta más a sus condiciones, necesidades, y presupuesto económico.

Se opta por esta última metodología ligada a un análisis concurrente con el cliente, en este caso el restaurante MMWings, quien determinará en base a nuestros análisis y ponderaciones junto con su criterio, el concepto a utilizarse.

A continuación, se procederá a realizar una matriz de selección de concepto, en ésta se publicarán todos los conceptos generados y mediante una evaluación usando un solo código (+ “mejor que”, 0 “igual a”, – “peor que”), identificaremos algunos conceptos que nos serán útiles para su posterior consideración

Algunos criterios de selección determinados por el equipo en base a la tabla de necesidades del cliente son:

- Es de rápido dispensado
- posee capacidad de cómputo suficiente
- la interfaz con el usuario es amigable
- Es de bajo costo
- Es portátil
- Es de fácil manufactura

Tabla 12

*Filtrado de conceptos del sistema automático*

Criterios de selección	Concepto			
	Opción A Aluminio, peristálticas y computador	Opción B Aluminio, inyección de aire, y computador	Opción C Acero, inyección de aire, y microcontrolador	Opción D Acero, inyección de aire y ordenador mono placa
Es de rápido dispensado	-	+	+	+
Posee capacidad de cómputo suficiente	+	+	0	+
La interfaz con el usuario es amigable	0	0	-	+
Es de bajo costo	0	0	+	-
Facilidad de Manufactura	+	0	+	0
Suma +	2	2	3	3
Suma 0	2	3	1	1
Suma -	1	0	1	1
Evaluación Neta	1	2	2	2
Lugar ¿Continuar?	3	2	1	1
	No	Revisión	Si	Si

Con el proceso anterior hemos descartado ya una de las soluciones, obteniendo así un empate entre 2 conceptos, y un concepto adicional que se podría analizar y queda en revisión para posibles mejoras futuras.

Para determinar específicamente el concepto que más se apege en base a nuestros criterios, procedemos a realizar una tabla de evaluación, similar a la matriz de selección de conceptos anterior, pero alterado su método de evaluación, agregando un peso porcentual, basado en la importancia de cada criterio versus los otros.

Tabla 13

Evaluación de conceptos del sistema

Criterios de Selección	Conceptos						
	Opción B Aluminio, inyección de aire y computador			Opción C Acero, inyección de aire y microcontrolador		Opción D Acero, inyección de aire y ordenador monoplaca	
	Peso	Calif.	Evaluación Ponderada	Calif.	Evaluación Ponderada	Calif.	Evaluación Ponderada
Es de rápido dispensado	30 %	5	1,5	4	1,2	5	1,5
Posee capacidad de cómputo suficiente	25 %	5	1,25	2	0,5	4	1
Interfaz amigable	20 %	2	0,4	1	0,2	5	1
Bajo costo	15 %	2	0,3	5	0,75	3	0,45
Facilidad de manufactura	10 %	5	0,5	4	0,4	3	0,3
<b>Total, Puntos</b>	100 %		3,95		3,05		4,25
<b>Lugar</b>			2		3		1
<b>Resultado</b>			No		No		Desarrollar

Se concluye entonces que la opción D, es la elegida teniendo como concepto un dispositivo manufacturado con acero y acrílico, que dispensa el líquido desde las botellas mediante inyección de aire, y es controlado con un ordenador mono placa anexada a una pantalla touch screen.

#### **Filtrado de conceptos de sensores para controlar el nivel de dosificación de líquido**

Una vez establecido de manera general el concepto del sistema automático de dosificación de cócteles resulta importante establecer el filtrado de conceptos de las subfunciones presentes en el dispositivo.

De esta manera, se parte con el filtrado de conceptos de los sensores a utilizar con el fin de controlar el nivel de dosificación.

En la Tabla 14 se puede apreciar las diversas alternativas de sensores que podrían ser utilizados para el control de la cantidad de líquido dispensado en el sistema.

**Tabla 14**

*Filtrado de conceptos de sensores*

Criterios de Selección	Conceptos		
	Sensores		
	Sensor ultrasónico	Sensor de fuerza	Sensor infrarrojo
Es económico	0	-	+
Su instalación es sencilla	+	+	+
Robustez	+	+	0
Precisión en distintos recipientes	-	+	-
Repetitividad	+	+	0
<b>Suma +</b>	3	4	2
<b>Suma 0</b>	2	0	2
<b>Suma -</b>	1	1	1
<b>Evaluación Neta</b>	2	3	1
<b>Lugar</b>	2	1	3
<b>¿Continuar?</b>	Revisar	Si	No

Para el control de nivel del líquido dispensado luego de haber aplicado el filtrado de conceptos se obtiene dos opciones de las cuales se realizará un mayor análisis y de esta manera se procede a la siguiente etapa, la evaluación de conceptos.

### ***Evaluación de conceptos de sensores para controlar el nivel de dosificación de líquido***

Terminada la etapa de filtrado de conceptos se procede a la evaluación de conceptos de los sensores, la cual se muestra en la Tabla 15, esta evaluación de la misma manera que se indicó anteriormente.

Tabla 15

*Evaluación de conceptos de sensores*

Criterios de Selección	Conceptos				
	Sensores				
	Sensor ultrasónico			Sensor de fuerza	
	Peso	Calif.	Evaluación Ponderada	Calif.	Evaluación Ponderada
Es económico	10%	5	0,5	5	0,5
Su instalación es sencilla	15%	4	0,6	4	0,6
Robustez	25%	4	1	4	1
Precisión en distintos recipientes	40%	1	0,4	4	1,6
Repetitividad	30%	4	1,2	4	1,2
<b>Total, Puntos</b>	100%		3,7		4,9
<b>Lugar</b>			2		1
<b>Resultado</b>			No		Si

La opción que mejores resultados promete es el sensor de fuerza, sus propiedades de repetitividad y precisión lo hacen ideal para el control de dosificación, en gran parte a que, al ser un sensor de fuerza permite que distintos tipos de recipientes puedan ser usados para la dosificación, permitiendo una mayor versatilidad al momento de elaborar cócteles.

#### ***Filtrado de conceptos ordenador mono placa***

Otro punto importante previamente establecido fue el uso de un ordenador mono placa, su uso se enfocará principalmente al control de los actuadores, recepción de señales e interacción con la WebApp, todo esto basándose en el protocolo MQTT, protocolo ideal al hablar de comunicación entre máquina-máquina.

En la Tabla 16 se puede apreciar distintos tipos de alternativas establecidas como base para la selección del ordenador monoplaca.

Tabla 16

*Filtrado de conceptos de ordenador monoplaca*

Criterios de Selección	Conceptos		
	Ordenador monoplaca		
	LattePanda	RaspberryPi 3	OrangePi
Precio accesible	-	0	+
Tamaño	0	+	+
Robustez	+	+	+
Cantidad de pines I/O	+	+	-
Facilidad de establecimiento de protocolo de comunicación	+	+	-
Capacidad de procesamiento	+	+	0
Suma +	4	5	3
Suma 0	1	1	1
Suma -	1	0	2
Evaluación Neta	3	5	1
Lugar	2	1	3
¿Continuar?	Revisar	Si	No

Una vez aplicado el filtrado de conceptos entre los tres ordenadores monoplaca, se descarta uno de ellos, principalmente por no cumplir la cantidad de pines I/O necesarios para el desarrollo del sistema de dosificación.

### ***Evaluación de conceptos de ordenador monoplaca***

Posterior al filtrado de conceptos de ordenador monoplaca entre diversas alternativas, se procede con la evaluación de conceptos de estos, los cuales son detalladas en la tabla 17.

Tabla 17

*Evaluación de conceptos de ordenador monoplaca*

Criterios de Selección	Conceptos				
	Ordenador monoplaca				
	LattePanda		RaspberryPi 3		
	Peso	Calif.	Evaluación Ponderada	Calif.	Evaluación Ponderada
<b>Precio accesible</b>	10%	2	0,2	4	0,5
<b>Tamaño</b>	5%	4	0,2	4	0,2
<b>Robustez</b>	20%	5	1	5	1
<b>Cantidad de pines I/O</b>	25%	5	1,25	5	1,25
<b>Facilidad de establecimiento de protocolo de comunicación</b>	25%	3	0,75	5	1,25
<b>Capacidad de procesamiento</b>	15%	5	0,75	5	0,75
<b>Total, Puntos</b>	100%		4,15		4,95
<b>Lugar</b>			2		1
<b>Resultado</b>			No		Si

Realizado la evaluación de conceptos del ordenador monoplaca, se tiene como resultado que la mejor alternativa a utilizar para la el sistema de dosificación automático de cócteles es el ordenador RaspberryPi 3, elemento que gracias a su disponibilidad en el mercado fue fácil adquirirlo.

### Arquitectura de Producto

“La arquitectura del producto es la asignación de los elementos funcionales de un producto a los elementos de construcción físicos de éste” (Ulrich & Eppinger, 2013). Así podremos determinar la posición general de cada parte física de nuestro producto y su correlación con las funcionalidades eléctricas y de automatización que tendrá la máquina, esto permite además clasificar de manera individual los procedimientos a realizarse en la manufactura, permitiéndose que se ejecuten simultáneamente por varios equipos llevando así un desarrollo conjunto y más eficiente a un menor tiempo.

En cuanto al tipo de arquitectura que nuestro dispositivo tendrá nos referimos a una arquitectura modular de ranura, pues cada una de sus partes se anexarán directamente al dispositivo controlador y en este caso será el computador monoplaca, pues de allí partirán tanto los comandos automáticos para los actuadores y se receptorá el feedback correspondiente de los sensores.

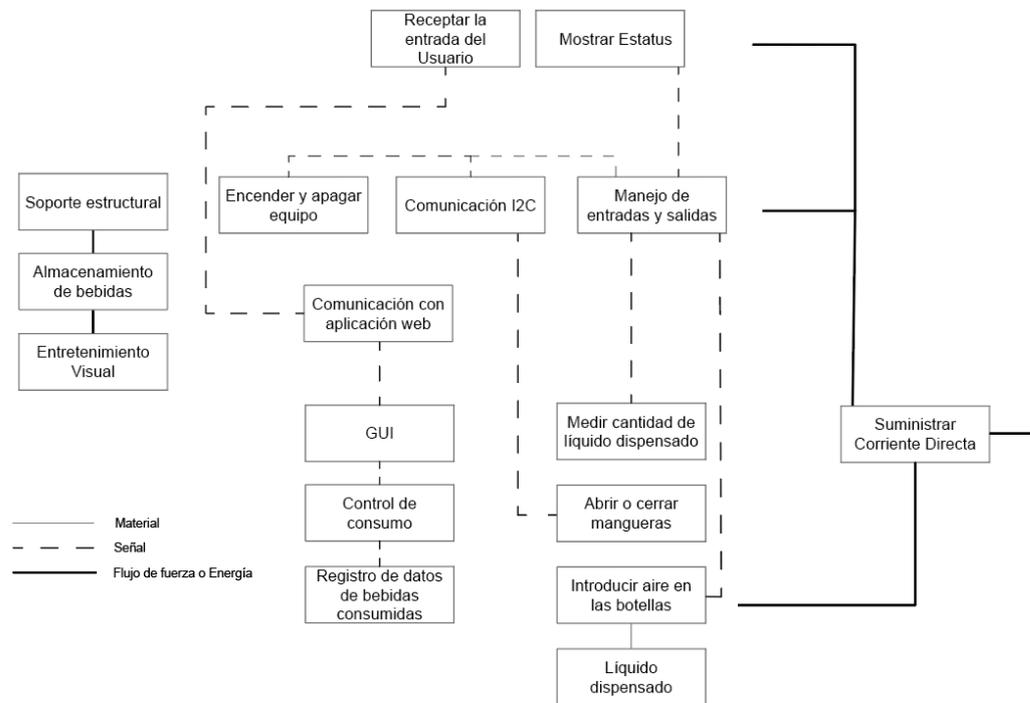
Cabe recalcar que la arquitectura del producto se puede entender como el preludeo del diseño y desarrollo del sistema, pues “tendrá varias implicaciones para la manufactura y mercadotecnia de este” (Ulrich & Eppinger, 2013), consecuentemente el equipo de desarrollo parte el proceso de diseño generando una efectiva ejecución de la arquitectura, con un método de cuatro pasos que permitirá estructurar el proceso de decisión.

1. Crear un esquema del producto
2. Agrupar los elementos del esquema
3. Crear una disposición geométrica aproximada.
4. Identificar las interacciones fundamentales e incidentales

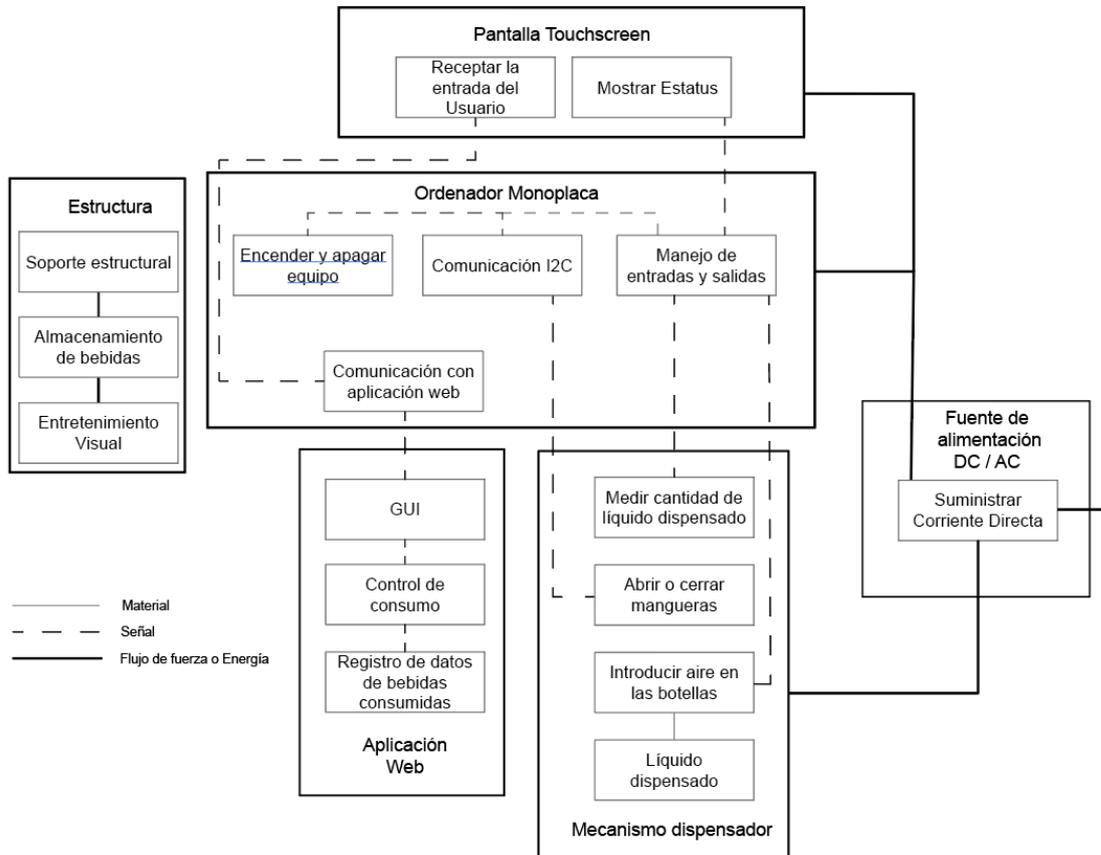
### ***Esquema del producto***

A continuación, se muestra un diagrama que detalla la estructura del proyecto, haciendo referencia a cada uno de sus sistemas y la interrelación que existe entre ellos.

Figura 36

*Estructura del sistema automático****Agrupar los elementos del esquema***

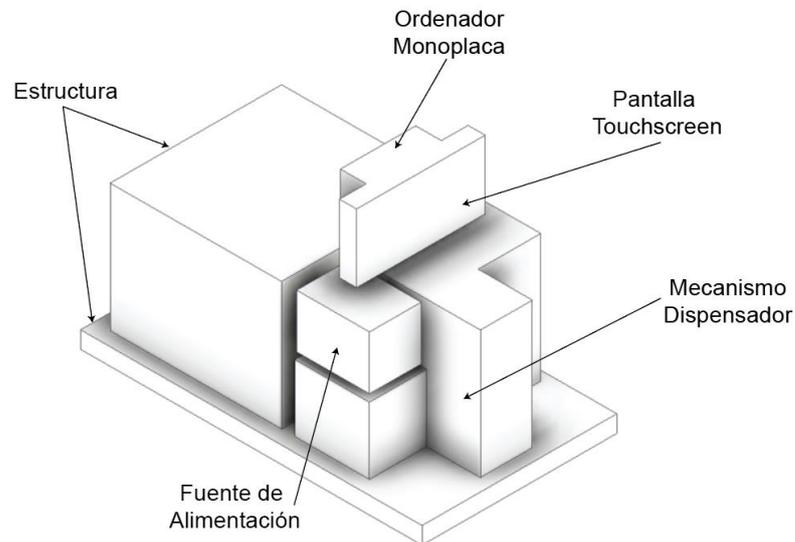
Una vez establecido el esquema, debemos asignar cada elemento a un “trozo”, término que se asigna a los componentes físicos del producto, y que ordenados de determinada forma durante la arquitectura, van a desempeñar la función general de la máquina. La asignación puede realizarse individualmente, o agrupar varios elementos a un trozo, dependiendo de la complejidad del producto.

**Figura 37****Agrupación de elementos del sistema de dosificación****Disposición geométrica aproximada**

Tras haber establecido los trozos en el paso anterior, podemos empezar a disponer la posición física de los mismos, esto permitirá analizar las dimensiones de los elementos y considerar todas las interfaces geométricas posibles entre ellos.

**Figura 38**

*Disposición geométrica aproximada del sistema*



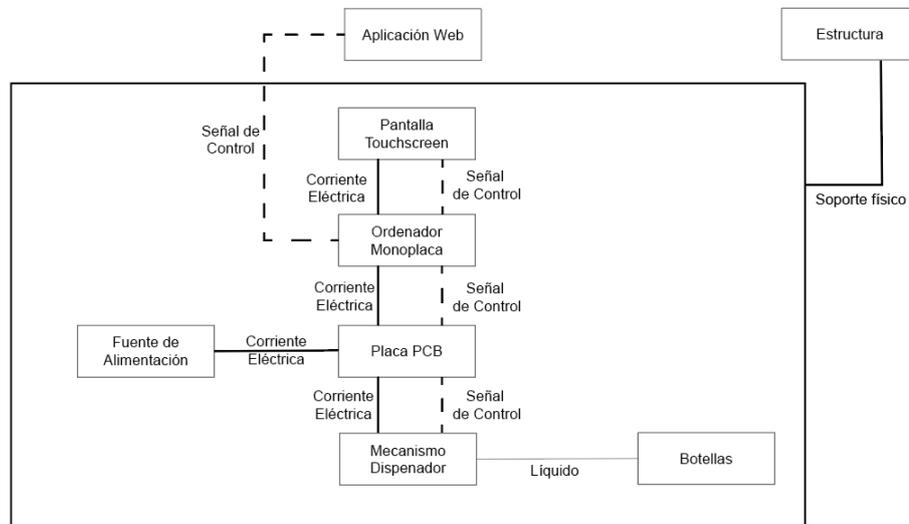
Como se muestra en la Figura 38, nuestro producto estará compuesto con una estructura base principal que contendrá las botellas en la parte posterior, en la frontal todos los componentes electrónicos, de control anexados al mecanismo dispensador, y finalmente en la parte superior se ubica la pantalla touchscreen para el control total de la máquina.

### ***Identificar interacciones fundamentales e incidentales***

Las interacciones son básicamente la manera en que los trozos se relacionan entre sí, y se las pueden dividir en dos tipos, las interacciones fundamentales y las interacciones incidentales. Las interacciones fundamentales son las mismas que corresponden al esquema presentado anteriormente, en la figura 36, y se han ilustrado de forma más concisa en el siguiente gráfico.

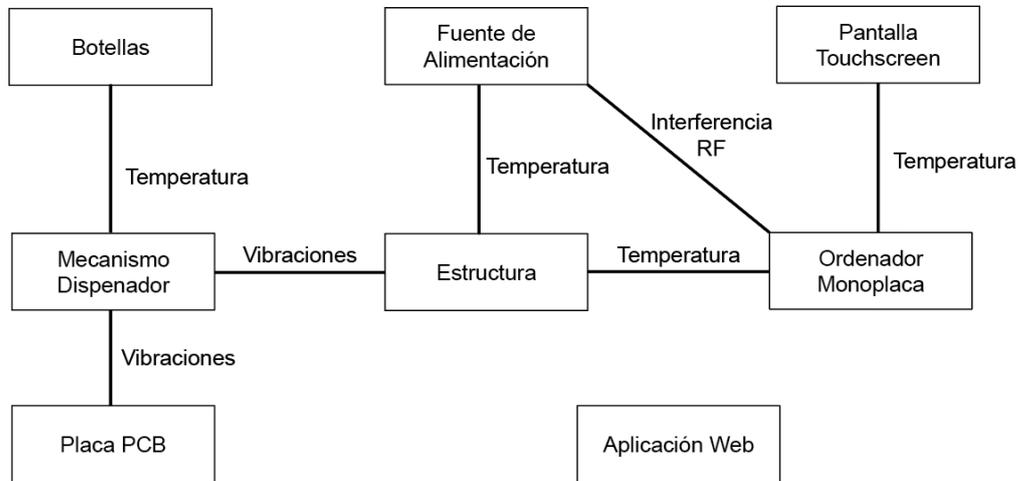
### Figura 39

#### *Interacciones fundamentales del sistema*



La Figura 39 ilustra como los trozos se relacionan entre ellos, empezando por la fuente de alimentación que suministra corriente eléctrica a todo el sistema, para ello se ha desglosado un elemento más, denominado placa PCB, que será el encargado de distribuir tanto las señales como la corriente en la dirección adecuada para todos los componentes del equipo, así pues a ella se anexará el ordenador monoplaca, junto con la Pantalla Touchscreen, y el mecanismo dispensador, todos tres con una señal de corriente y control. Todos los elementos se encontrarán relacionados físicamente con la estructura que dará el soporte y distribución general.

Como segundo punto se encuentran las interacciones incidentales, “que resultan debido a la activación física particular de elementos funcionales o debido al arreglo geométrico de los trozos” (Ulrich & Eppinger, 2013), un claro ejemplo de ello en nuestro sistema suscita tras la activación del sistema dispensador, que generará vibraciones que se transmitirán por toda la estructura soporte.

**Figura 40***Interacciones incidentales del sistema*

Además de las vibraciones identificamos transmisión de temperatura entre varios componentes, entre ellos la fuente de energía y el ordenador monoplaca, se tendrá entonces que aplicar aislantes térmicos ya sea físicos o químicos en el diseño para evitar afecten en demasía los otros componentes, de igual forma se procederá a aislar varios elementos del mecanismo dispensador para reducir al máximo las vibraciones transmitidas al equipo. Finalmente, como última interacción presente mencionamos una posible interferencia generada por la fuente de alimentación, debido al trabajo eléctrico que esta realiza podríamos aludir que los campos electromagnéticos generados afectarían de cierta forma la conectividad del ordenador con los demás componentes y la red wifi inalámbrica; por ello en el diseño se ubicara a una distancia pertinente dicho componente del otro.

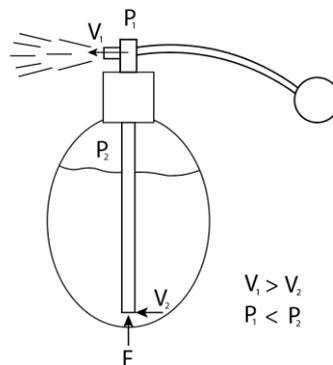
### **Diseño del mecanismo de dosificación.**

#### ***Bomba de Presión***

Para extraer el líquido de las botellas se ha decidido utilizar un fenómeno descrito por el principio de Bernoulli que analiza el comportamiento de un líquido al moverse a lo largo de una línea corriente.

**Figura 41**

*Principio de Bernoulli en un recipiente*

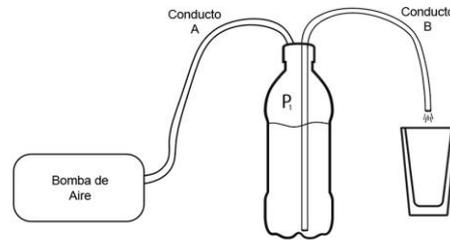


Para explicar el principio físico, se cita como ejemplo los atomizadores de perfume, que mediante una vejiga inyectan aire al dispositivo para extraer esta sustancia; tomando en cuenta que: " En un flujo en el que no se agrega ni se elimina energía, la suma de sus diversas energías es una constante: en consecuencia, cuando la velocidad aumenta, la presión disminuye y viceversa " (Smith, 2010), se entiende que para extraer el líquido del interior del frasco, deberemos aumentar la presión  $P_2$  del interior, o aumentar la velocidad  $V_1$  de la parte superior, cumpliéndose que  $P_1 < P_2$ , y  $V_1 > V_2$ , se presentará una fuerza que terminará por empujar el líquido contenido hacia el exterior.

En nuestro caso, el sistema de dosificación estará comprendido por una bomba que inyectará presión a las botellas por el conducto A, obligando al líquido salir por el conducto B, y dosificándose al vaso como se muestra en la siguiente ilustración.

## Figura 42

*Principio físico aplicado en el sistema de dosificación*



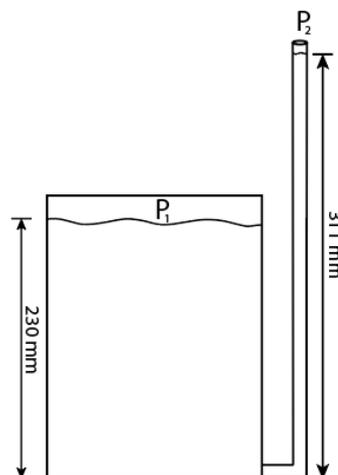
*Nota.* El principio físico aplicado para la dosificación de cócteles se base tanto en la Ley de Boyle para el control de volumen interno y el principio de Bernoulli al controlar la velocidad del flujo.

### **Análisis con la botella totalmente llena**

Como dato esencial para la selección de la Bomba adecuada, deberemos determinar la presión  $P_1$  necesaria a aplicarse en el interior de la botella en las condiciones más extremas, procedemos entonces a plantear el problema como un ejercicio de mecánica de fluidos que determina hallar la presión manométrica al interior de un tanque indeformable, (que en este caso es la Botella) necesaria para elevar el líquido a 311 mm (altura máxima de nuestro dispositivo).

## Figura 43

*Análisis de presión con la botella completamente llena*



Primero analizaremos cuando la botella se encuentre completamente llena, teniendo el líquido a una altura de 230 mm, establecemos entonces que  $y_1 = 0,23 \text{ m}$  y  $y_2 = 0,311 \text{ m}$ , entonces nuestra variación de altura se determina:

$$h = y_2 - y_1$$

$$h = 0,311 \text{ m} - 0,23 \text{ m}$$

$$h = 0,081 \text{ m}$$

Este valor lo usaremos para aplicar la fórmula de la presión hidrostática, definida como: “la presión que una columna de un fluido en reposo ejerce a cierta profundidad” (Pérez Porto, 2021), y se expresa así:

$$P = \rho * g * h \quad (1)$$

*Donde:*

$P = \text{presión}$

$\rho = \text{densidad del líquido}$

$h = \text{profundidad/altura}$

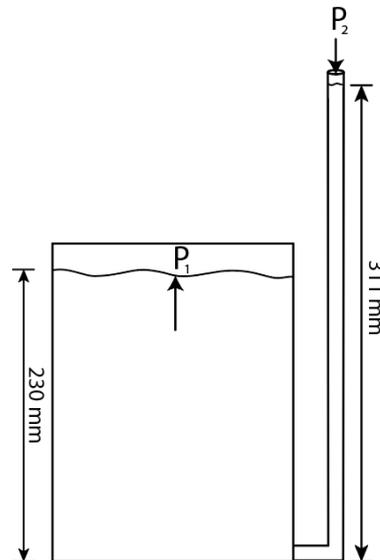
Para determinar la presión absoluta del aire dentro del cilindro deberíamos sumar la presión hidrostática generada por el líquido  $P_1$ , más  $P_2$  que es la presión ejercida por el ambiente, es decir, la atmosfera.

$$P_{\text{absoluta}} = P_{\text{Hidrostática}} + P_{\text{Atmosférica}}$$

$$P_{\text{absoluta}} = P_1 + P_2$$

**Figura 44**

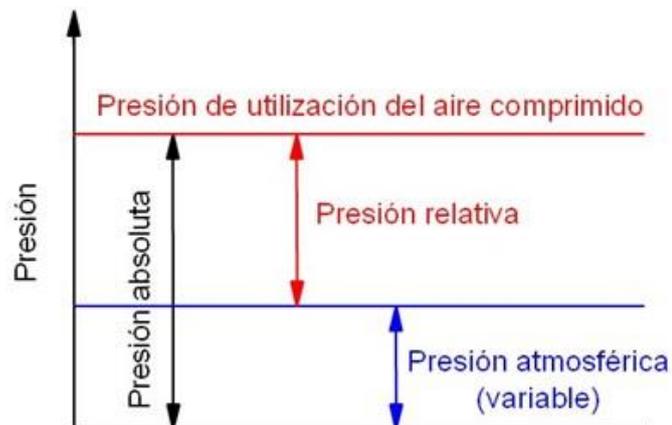
*Presión absoluta dentro de la botella totalmente llena*



Sin embargo, lo que necesitamos es la presión manométrica o presión relativa de la botella, esta presión está referenciada a cero con respecto a la presión del aire ambiente (o presión atmosférica), por ello determinamos que  $P_2 = 0$ .

**Figura 45**

*Relación entre presiones*



Entonces la presión manométrica del cilindro se determina de la siguiente forma.

$$P_{manométrica} = P_1$$

Reemplazando con (1)

$$P_{manométrica} = \rho * g * h \quad (2)$$

Sabiendo que la gravedad  $g = 9.8 \frac{m}{s^2}$  y la densidad del agua es  $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$ , con  $h = 0,081 m$  reemplazando en (2) tenemos que:

$$P_{manométrica} = 1000 \frac{kg}{m^3} * 9.8 \frac{m}{s^2} * 0,081 m$$

$$P_{manométrica} = 793,8 Pa$$

Se tiene entonces que nuestra bomba deberá ejercer una presión de 793,8 pascales por botella, dicha cantidad se debe multiplicar 12, que es el total de botellas a las que se anexará la bomba.

$$P_{manométrica\_total} = 793,8 Pa * 12$$

$$P_{manométrica\_total} = 9525.6 Pa$$

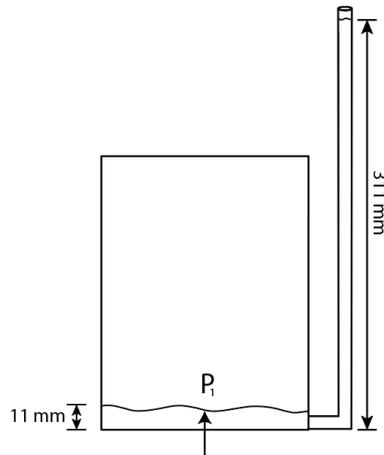
Se determina así que la bomba deberá ser capaz de ejercer una presión superior a 9525.6 Pa para extraer líquido simultáneamente de las doce botellas completamente llenas, protocolo que se ejecutará al iniciar la máquina para sangrar el aire de todos los conductos.

### **Análisis con la botella a mínima capacidad.**

Conforme transcurra el tiempo, las botellas se irán vaciando, así mismo el espacio dentro del cilindro será mayor, así mismo la variable  $h$  incrementará, dando como resultante una presión mayor, se considera entonces esencial realizar un análisis del sistema bajo estas condiciones.

**Figura 46**

*Análisis de presión con la botella vacía*



En la imagen se describe un escenario en el que la botella estará casi vacía por completo, teniéndose un nivel del líquido de apenas 11 mm, por lo que  $h$  se define así:

$$h = y_2 - y_1$$

$$h = 0,311 \text{ m} - 0,011 \text{ m}$$

$$h = 0,3 \text{ m}$$

Entonces reemplazando en 2 tenemos:

$$P_{\text{manométrica}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,3 \text{ m}$$

$$P_{\text{manométrica}} = 2940 \text{ Pa}$$

Esta es la presión necesaria que deberá generar la bomba para extraer el líquido de una botella a su mínima capacidad.

En el caso de tener que realizar el sangrado de varias botellas semivacías, se debería multiplicar este valor por las 12, dando un equivalente de 35280 Pa, sin embargo, realizar un sangrado a este nivel no tendría sentido pues al tener una cantidad de líquido casi nula, este se agotará inmediatamente, permitiendo que el aire ingrese a los conductos nuevamente; por ello este escenario de funcionamiento se descarta.

Bajo los resultados del análisis, se propone seleccionar una bomba de aire que pueda generar una presión de al menos 0.0095256 megapascales.

### ***Evaluación de conceptos de bomba dosificadora***

En base al valor de presión obtenida previamente se puede establecer como punto de inicio que bombas que se manejan con este valor de presión son comúnmente usadas en peseras para inyectar aire a grandes cantidades de líquido y mantener el agua oxigenada para los peces, su funcionamiento suele ser continuo por largas horas, prueba clara de su robustez y eficiencia. Tras algunas opciones en el mercado se desglosa la siguiente tabla de evaluación:

**Tabla 18**

*Evaluación de conceptos de bomba dosificadora*

Criterios de Selección	Conceptos						
	Bomba dosificadora						
		Opción A AquaMiracle - Kit de aireación para estanques	Opción B Pawfly Bomba de aire para estanque de 125 GPH con dos tomas	Opción C HALF OFF PONDS Sistema de aireación de subsuperficie Patriot Pond			
	Peso	Calif.	Evaluación Ponderada	Calif.	Evaluación Ponderada	Calif.	Evaluación Ponderada
Es silenciosa	25%	2	0,5	4	1	3	0,75
Genera la presión necesaria	25%	3	0,75	5	1,25	5	1,25
Es compacta y pequeña	20%	3	0,6	4	0,8	2	0,4
Es de bajo costo	10%	2	0,2	3	0,3	1	0,1
Genera el caudal de aire adecuado	20%	3	0,6	4	0,8	5	1
<b>Total, Puntos</b>	100%		2,65		4,15		3,5
<b>Lugar</b>			3		1		2
<b>Resultado</b>			No		Desarrollar		No

Bajo el análisis resultante de esta tabla, juntamente con Artil Robotics se seleccionó una bomba Pawfly de 150 GPH, y una presión de 0,024 megapascales, valor altamente superior al mínimo necesario obtenido en los cálculos.

### Figura 47

*Bomba Pawfly de 150 GPH*



### Tabla 19

*Características técnicas Bomba Pawfly*

Característica	Valor
Modelo	Pawfly Bomba MB 240
Caudal Máximo de aire	125 GPH
Voltaje de operación	120 V AC
Presión	0.024 MPa
Potencia	8 W
Tiempo de trabajo	24/7
Ruido	< 35 dB
Diámetro acoples de salida	3/16 in

El equipo escogió esta bomba por su reducido tamaño y alta capacidad de trabajo silencioso, así mismo al poseer dos conductos de salida, la distribución de mangueras se simplifica notoriamente, asignándose seis botellas a cada conducto.

### ***Selección de mangueras***

El diámetro exterior de las válvulas de salida de la bomba es de 3/16 pulgadas, por lo que se escogió una manguera de silicona pura de alta temperatura de dicho diámetro interior y de 5/15 pulgadas de diámetro exterior.

### **Figura 48**

*Mangueras de grado alimenticio Metaland*

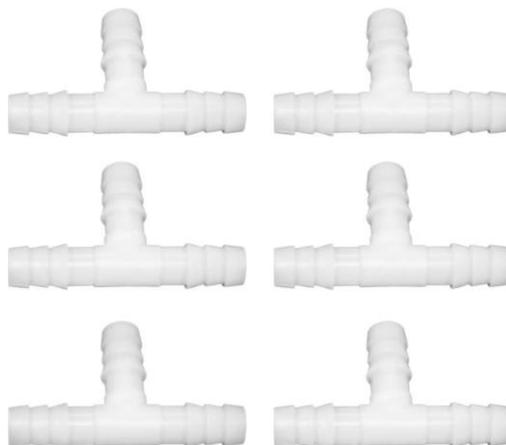


Esta manguera marca Metaland es utilizada para la elaboración de cerveza artesanal, vino y demás licores con aprobación USDA, además cumple con las normas sanitarias FDA, que determina “los componentes permitidos para la fabricación de dispositivos para alimentos, que no sean tóxicos ni cancerígenos” (Grawe, 2022) y cumple con la norma 3A “que determina las gomas capaces de soportar tratamientos antibacteriales de limpieza, y mantener sus propiedades físicas” (Grawe, 2022) es decir que no se desintegre.

También se adquirió uniones tipo T, necesarias para anexar la manguera de aire y distribuirla entre las diferentes válvulas y hacia todas las botellas.

#### Figura 49

*Uniones T 3/16"*



#### Diseño electrónico del sistema de dosificación

Previamente se definieron y evaluaron conceptos de actuadores y sensores del sistema, en consecuencia, se definió los distintos elementos electrónicos a utilizar en cada uno de los módulos del sistema de dosificación de cócteles automático. En la tabla 20 se puede observar los elementos electrónicos seleccionados.

**Tabla 20**

*Elementos electrónicos seleccionados para el sistema*

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VOLTAJE	CORRIENTE
<b>RaspberryPi</b>	Procesador monoplaca	1	5 V	2500 mA
<b>PCA9685</b>	Controlador PWM	1	5 V	10 mA

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VOLTAJE	CORRIENTE
<b>Módulo HX711</b>	Transmisor de celdas de carga	1	5 V	1,4 mA
<b>Servomotores</b>	Actuador rotativo Elemento	12	5 V	400 mA
<b>Bomba peristáltica</b>	utilizado para desplazamiento de fluidos	1	5 V	840 mA
<b>Relé</b>	Interruptor electromecánico	1	5 V	70 mA
<b>LED WS2812B</b>	Tiras led programables	1	5 V	2400 mA

En base a estos elementos, se establecen las características técnicas que debe poseer la fuente de alimentación. Como primer punto se establece el voltaje que debe suministrar la fuente, como se puede apreciar en la tabla 20 todos los elementos funcionan con 5 V de corriente continua, por tal motivo la fuente de alimentación debe poseer una salida de 5 V DC.

Una vez definido el voltaje de salida, es necesario definir la corriente de salida mínima que debe poseer. Para ello, se suman todas las corrientes de funcionamiento de cada uno de los dispositivos electrónicos establecidos, de esta manera se tiene:

$$I_T = \sum_0^{n=5} I_n$$

$$I_T = (2500 + 10 + 1,4 + 400 + 840 + 70 + 2400) \text{ mA}$$

$$I_T = 6221,4 \text{ mA}$$

Como corriente mínima de salida que debe poseer la fuente de alimentación se obtiene que es de 7,131 A. El criterio de diseño establece que la fuente debe poseer un 30% de suministro de corriente del total consumido, por lo tanto:

$$I_N = \left( I_T + \frac{30}{100} * I_T \right) mA$$

$$I_N = \left( 6221,4 + \frac{30}{100} * 6221,4 \right) mA$$

$$I_N = \left( 6221,4 + \frac{30}{100} * 6221,4 \right) mA$$

$$I_N = 8087,82 mA$$

La corriente mínima necesaria que debe suministrar la fuente de alimentación es de 8,1A.

Una vez definidos los valores de corriente y voltaje de salida necesarios, se realiza el cálculo de la potencia:

$$P = I * V$$

$$P = 8,1 A * 5 V$$

$$P = 40,5 W$$

El resultado obtenido indica que la potencia mínima necesaria es de 46 W. En la Tabla 21 se indican los parámetros mínimos que debe cumplir la fuente de alimentación

**Tabla 21**

*Parámetros para la selección de la fuente de voltaje*

<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
<b>Potencia</b>	40,5	W
<b>Voltaje</b>	5	V
<b>Corriente</b>	8,1	A

En base a los datos obtenidos se selecciona la fuente de alimentación Mean Well LRS-50-5 que se muestra en la figura 49.

### Figura 50

*Fuente de alimentación Mean Well LRS-50-5*



Esta fuente de alimentación posee las siguientes especificaciones.

**Tabla 22**

*Características técnicas Mean Well LRS-50-5*

<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Altura	46	<i>pulgadas</i>
Ancho	5	<i>pulgadas</i>
Longitud	9,2	<i>pulgadas</i>
Peso	8	<i>onzas</i>
Potencia	50	<i>W</i>

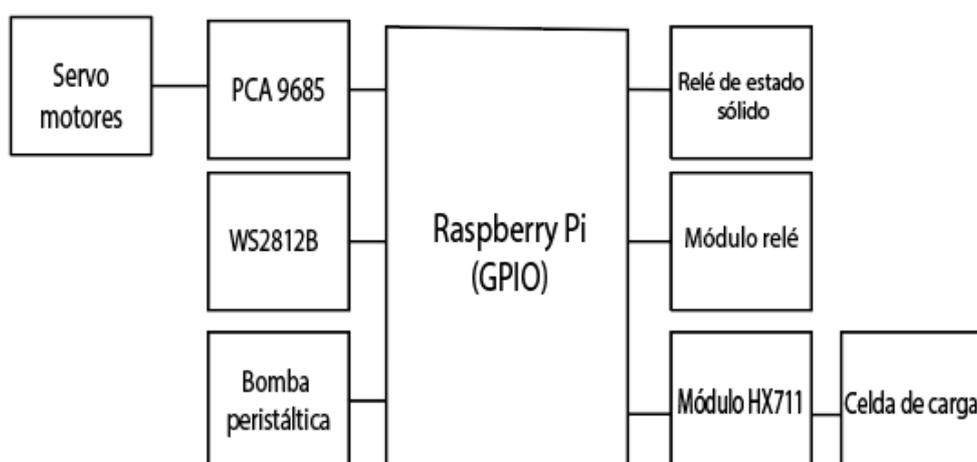
Parámetro	Cantidad	Unidad
Voltaje	5	V
Corriente	10	A

### Diseño de PCB

Una de las características mencionadas previamente del dosificador de cócteles es que este ocupe el menor espacio posible, por tal motivo resulta de suma importancia el diseño de una PCB en la cual se encuentren todos los dispositivos electrónicos anteriormente mencionados.

### Figura 51

*Elementos electrónicos controlados por la RaspberryPi 3*



Previo a esto, se deben definir los pines I/O de la RaspberryPi que se van a usar en base a los requerimientos de cada uno de los dispositivos electrónicos, los cuales se indican en la siguiente tabla:

### Tabla 23

*Asignación de pines GPIO*

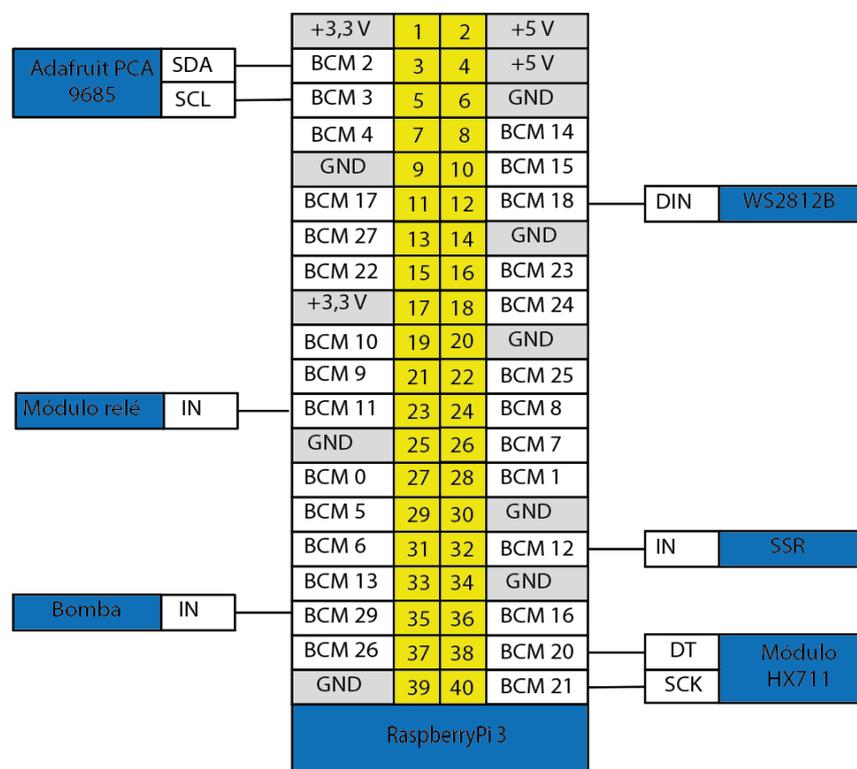
Dispositivo	Número de pines	Características
Bomba peristáltica	1	GPIO I/O

<b>Dispositivo</b>	<b>Número de pines</b>	<b>Características</b>
PCA9685	2	- SDA - SCL
Módulo HX711	2	- SCK - DT
WS2812B	1	GPIO I/O con salida PWM
Relé electromecánico	1	GPIO I/O
Relé de estado sólido	1	GPIO I/O con salida PWM

La monoplaca RaspberryPi posee 4 pines de salida PWM los cuales son los pines 12,32,33 y 35, además posee 28 pines de entrada/salida, de los cuales se puede obtener una salida máxima de 3,3 V. Los pines SCK y DT necesarios para el módulo HX711 se encuentran en los pines 38 y 40 y, por último, los pines 3 y 5 corresponden a los pines de SDA y SCL respectivamente, los cuales permiten establecer la comunicación I2C con la placa PCA9685. En base a esto, en la figura 51 se indican los pines a usar en la RaspberryPi.

**Figura 52**

Asignación de pines GPIO con dispositivos electrónicos



Los pines GPIO I/O poseen las siguientes características

**Tabla 24**

Características pines GPIO I/O RaspberryPi 3

Parámetro	Cantidad	Unidad
Voltaje de salida	3,3	V
Corriente de salida	16	mA

Como se puede apreciar en la tabla, los pines GPIO solo ofrecen un voltaje de salida de 3,3 V, por lo cual resulta imposible energizar directamente aquellos dispositivos que funcionan con 5 V. Por tal motivo, se debe diseñar un circuito que permita tener control sobre estos dispositivos con la salida de voltaje proporcionada por los GPIO.

Para lograr esto existen dos opciones, el uso de MOSFET o el uso de transistores BJT como elementos de control de voltaje mayor con un voltaje menor, por lo cual es importante realizar una comparativa entre ambos.

**Tabla 25**

*Ventajas y desventajas de MOSFET vs BJT*

<b>MOSFET</b>	<b>BJT</b>
- Su corriente de base es despreciable.	- La corriente de base no es despreciable y afecta al circuito que fija el voltaje de base.
- Control de corriente de salida mediante una tensión entre el terminal común	- Control de corriente de salida mediante una corriente entre el terminal común.

Una vez analizados cada uno de los transductores, se especifica el uso de MOSFET para las salidas PWM y, por otro lado, el uso de BJT para aquellas salidas de los GPIO que se establecen entre alto y bajo,

El uso de los transistores en el circuito se encuentra enfocado principalmente a que actúen como interruptores, permitiendo alimentar a los dispositivos electrónicos con 5 V. Debido a que el control que se desea obtener es de encendido y apagado se plantea el uso de un BJT tipo NPN, pues favorece el control del dispositivo, ya que el transistor se enciende y actúa como interruptor cerrado al aumentar la corriente en la terminal base, es decir cuando se reciba un alto por parte de la salida GPIO y, por el contrario, actuará como un interruptor abierto cuando reciba un bajo del pin GPIO. De esta manera, se plantea como posibles opciones los transistores 2N2222a y BC337, cuyas características técnicas se muestran en la Tabla 26.

**Tabla 26**

*Características técnicas transistores 2N2222a y BC337*

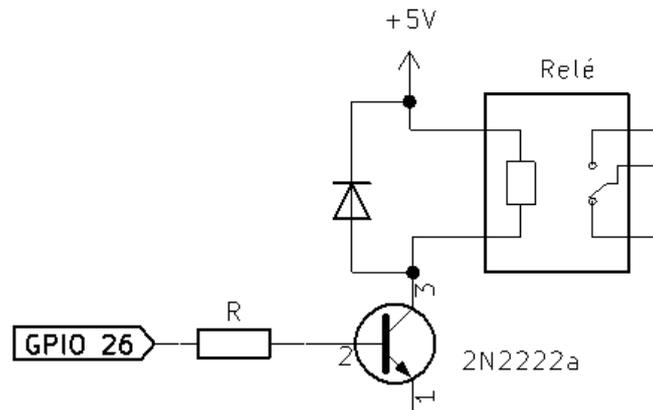
<b>Transistor 2N2222a</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Voltaje Colector- Emisor	$V_{CEO}$	50	V
Voltaje Colector- Base	$V_{CBO}$	75	V
Voltaje Emisor- Base	$V_{EBO}$	6	V
Corriente de colector	$I_C$	800	mA
<b>Transistor BC337</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Voltaje Colector- Emisor	$V_{CEO}$	50	V
Voltaje Colector- Base	$V_{CBO}$	45	V
Voltaje Emisor- Base	$V_{EBO}$	5	V
Corriente de colector	$I_C$	800	mA

En base a las características indicadas en la tabla 26, se escoge el transistor 2n2222a. Cabe aclarar que el transistor será usado solamente para la activación del relé mecánico, pues como se puede apreciar su corriente máxima de colector es de 800 mA, mientras que la bomba consume una corriente de 840 mA , por lo cual no es apto este transistor para su control.

Una vez seleccionado el transistor a utilizar se procede a calcular la resistencia que irá entre la salida de 3,3 V del GPIO y la base del transistor. El circuito propuesto para control del relé mecánico está representado en la Figura 53.

### Figura 53

*Circuito de activación de relé electromecánico*



La corriente de salida que poseen los pines de la RaspberryPi es de 16 mA y su voltaje es de 3,3 V. Por otro lado, la corriente a circular en el colector es de 800 mA y el  $\beta$  del transistor es de 50. Con los datos mencionados se calcula la resistencia.

$$I_C = I_B * \beta$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

$$I_B = \frac{800 \text{ mA}}{50}$$

$$I_B = 16 \text{ mA}$$

La corriente necesaria para que el transistor entre en modo de saturación es 16 mA, con esto se tiene que:

$$V_B = I_B * R_B$$

$$R_B = \frac{V_B}{I_B}$$

$$R_B = \frac{(3,3 - 0,7) V}{16 mA}$$

$$R_B = \frac{(3,3 - 0,7) V}{16 mA}$$

$$R_B = 162,5 \Omega$$

Con el valor de resistencia obtenido el siguiente paso a realizar es a escoger una resistencia menor o igual a los 162,5  $\Omega$ , debido a que la resistencia es inversamente proporcional a la corriente, por tal motivo si se escogiera una resistencia mayor no se lograría tener los 16 mA mínimos necesarios para la activación del transistor.

#### Figura 54

Valores comerciales de resistencias

VALORES COMERCIALES DE RESISTENCIAS						
1 $\Omega$	10 $\Omega$	100 $\Omega$	1 K $\Omega$	10 K $\Omega$	100 K $\Omega$	1 M $\Omega$
1,2 $\Omega$	12 $\Omega$	120 $\Omega$	1,2 K $\Omega$	12 K $\Omega$	120 K $\Omega$	1,2 M $\Omega$
1,5 $\Omega$	15 $\Omega$	150 $\Omega$	1,5 K $\Omega$	15 K $\Omega$	150 K $\Omega$	1,5 M $\Omega$
1,8 $\Omega$	18 $\Omega$	180 $\Omega$	1,8 K $\Omega$	18 K $\Omega$	180 K $\Omega$	1,8 M $\Omega$
2,2 $\Omega$	22 $\Omega$	220 $\Omega$	2,2 K $\Omega$	22 K $\Omega$	220 K $\Omega$	2,2 M $\Omega$
2,7 $\Omega$	27 $\Omega$	270 $\Omega$	2,7 K $\Omega$	27 K $\Omega$	270 K $\Omega$	2,7 M $\Omega$
3,3 $\Omega$	33 $\Omega$	330 $\Omega$	3,3 K $\Omega$	33 K $\Omega$	330 K $\Omega$	3,3 M $\Omega$
3,9 $\Omega$	39 $\Omega$	390 $\Omega$	3,9 K $\Omega$	39 K $\Omega$	390 K $\Omega$	3,9 M $\Omega$
4,7 $\Omega$	47 $\Omega$	470 $\Omega$	4,7 K $\Omega$	47 K $\Omega$	470 K $\Omega$	4,7 M $\Omega$
5,1 $\Omega$	51 $\Omega$	510 $\Omega$	5,1 K $\Omega$	51 K $\Omega$	510 K $\Omega$	5,1 M $\Omega$
5,6 $\Omega$	56 $\Omega$	560 $\Omega$	5,6 K $\Omega$	56 K $\Omega$	560 K $\Omega$	5,6 M $\Omega$
6,8 $\Omega$	68 $\Omega$	680 $\Omega$	6,8 K $\Omega$	68 K $\Omega$	680 K $\Omega$	6,8 M $\Omega$
8,2 $\Omega$	82 $\Omega$	820 $\Omega$	8,2 K $\Omega$	82 K $\Omega$	820 K $\Omega$	8,2 M $\Omega$
SERVICIO TECNICO DEL MILAGRO						10 M $\Omega$

*Nota.* La figura indica valores de resistencias comerciales. Tomado de *Valores comerciales de resistencias* por (Electrónica y electricidad de Milagro, 2017)

Como se puede apreciar, el valor inferior más cercano y de mayor disponibilidad en el mercado es la resistencia de 100  $\Omega$ , motivo por el cual es la resistencia escogida para activación del transistor y control del relé.

Continuando con el control de los demás dispositivos electrónicos, al ser estos dispositivos que van a ser controlados por PWM se establece el uso de MOSFET para su control, debido a que son tres los dispositivos se dispone el uso de un elevador de voltaje de 3,3 V a 5 V el cual posee cuatro MOSFET BSS138. En la tabla 27 se indican sus características técnicas.

**Tabla 27**

*Características técnicas MOSFET BSS 138*

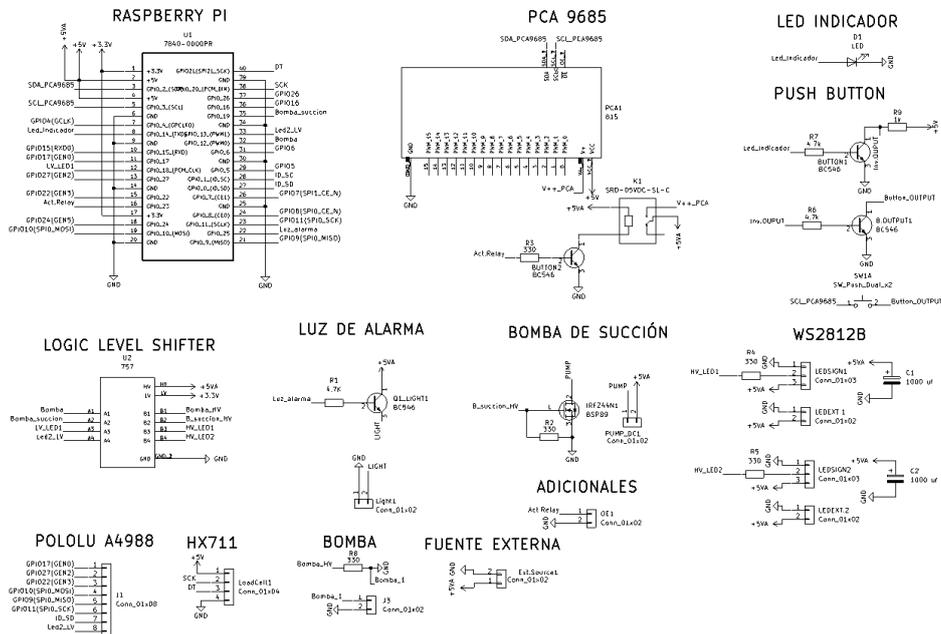
Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Voltaje Source - Drain	$V_{DSS}$	50	V
Voltaje Gate – Source	$V_{GSS}$	$\pm 20$	V
Corriente Drain	$I_D$	880	mA

La razón principal de selección de este dispositivo es porque, su uso es recomendado para el control de la tira de leds WS2812B. Además, que, en total posee cuatro entradas de bajo y alto voltaje respectivamente, favoreciendo al diseño planteado, pues son dos los dispositivos que requieren control mediante señal PWM y uno más que necesita 5 V y a una corriente mayor a la soportada por un transistor.

Una vez definidos todos los pines de la RaspberryPi, además de seleccionados todos los elementos necesarios, se procede a realizar el diagrama esquemático. En la figura 54 se presenta el esquemático.

Figura 55

Diagrama esquemático del sistema



Como se puede apreciar en la Figura 55, el esquemático contiene todos los elementos previamente mencionados, los únicos elementos agregados son borneras para realizar la conexión de las tiras led, la conexión de la bomba de succión y la conexión con el relé de estado sólido, siendo estos tres los únicos elementos que no se encuentran directamente en la PCB.

Al ser ya realizado el esquemático del circuito electrónico, se procede a realizar la PCB. Como requerimiento inicial establecido previamente en el diseño mecánico es que su ancho no sea mayor a 70 mm y su largo a 90 mm. Una vez definido el tamaño máximo de la placa se realiza el cálculo del ancho de las pistas.

Para el cálculo de ancho de las pistas se establece que la corriente máxima a circular es de 2,5 A siendo esta la corriente necesaria para energizar la RaspberryPi y las tiras led WS2812B, por otro lado, existen de igual manera corrientes inferiores a los 900 mA, que sirven de corriente de alimentación para los demás dispositivos electrónicos.

Como parámetro de diseño se establece que las pistas serán realizadas en la parte superior e inferior de la placa, ninguna de ellas se realizará en el intermedio de esta, por lo cual las constantes para el cálculo de área serán las siguientes  $k_1 =$

$0,0647, k_2 = 0,4281$  y  $k_3 = 0,6732$ .

La temperatura ambiente considerada es de  $25\text{ }^\circ\text{C}$  y la temperatura máxima de  $50\text{ }^\circ\text{C}$ .

Con los datos definidos, se calcula el ancho de pista para la corriente de  $2,5\text{ A}$ , primero se calcula el área.

$$A = \left( \frac{I}{k_1 * \Delta T^{k_2}} \right)^{\frac{1}{k_3}}$$

$$A = \left( \frac{2,5}{0,0647 * 25^{0,4281}} \right)^{\frac{1}{0,6732}}$$

$$A = 29,4$$

Una vez definido el área se calcula el ancho, estableciendo un grosor de  $1\frac{\text{oz}}{\text{ft}^2}$ , así se tiene que:

$$\text{Ancho} = \frac{\text{Área}}{\text{Grosor} * 1,378}$$

$$\text{Ancho} = \frac{29,4}{1 * 1,378}$$

$$\text{Ancho} = 21,33\text{ mm}$$

Se repite el mismo proceso para las corrientes de  $900\text{ mA}$

$$A = \left( \frac{I}{k_1 * \Delta T^{k_2}} \right)^{\frac{1}{k_3}}$$

$$A = \left( \frac{0,9}{0,0647 * 25^{0,4281}} \right)^{\frac{1}{0,6732}}$$

$$A = 6,44$$

$$Ancho = \frac{\text{Área}}{\text{Grosor} * 1,378}$$

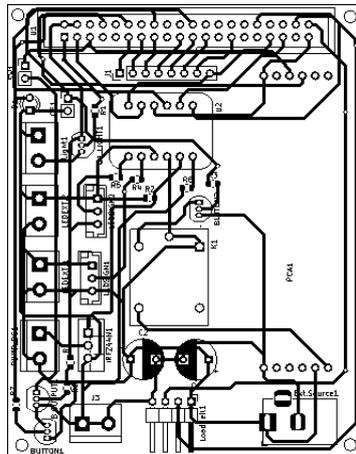
$$Ancho = \frac{6,44}{1 * 1,378}$$

$$Ancho = 4,67 \text{ mm}$$

De esta manera, se obtiene dos anchos de pista para la elaboración de las pistas para las corrientes de 2,5 A y 900 mA , siendo estos anchos de pista igual a 21,33 mm y 4,67 mm respectivamente. Finalmente, tomando en cuenta los parámetros de diseño establecidos por la IPC, se realiza la PCB. En la figura 55 se muestra las capas frontales, posteriores, agujeros y huellas de componentes montados en la placa.

### Figura 56

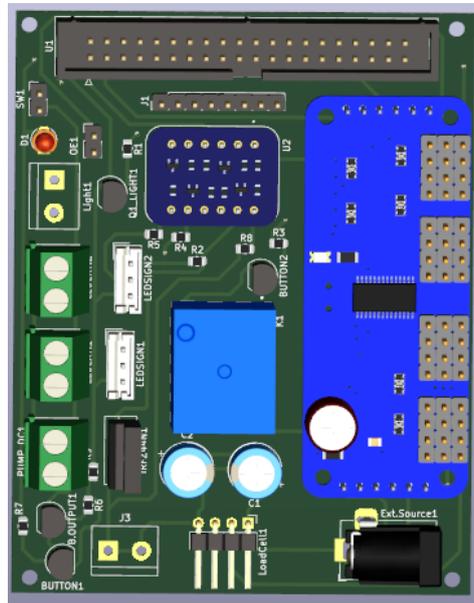
Capas frontal y posterior de la PCB



El diseño final de la placa con todos los elementos montados se puede apreciar en la Figura 57.

## Figura 57

*Diseño final de PCB*



## Diseño mecánico

Para el proceso de diseño mecánico se ha utilizado el software inventor, para el modelado y testeo de las piezas del equipo, este programa brinda varios beneficios entre ellos la capacidad de ensamblar todo el componente digitalmente, así como generar análisis de estrés en cada uno de sus componentes, ingresando los materiales correspondientes y sus características mecánicas.

Además, para validar la funcionalidad de una pieza se considera necesario establecer un factor de seguridad adecuado, hemos utilizado como guía para ello la siguiente tabla

## Figura 58

### Factores para determinar el coeficiente de seguridad

Tabla A-3 Factores para determinar el coeficiente de seguridad en materiales dúctiles		
Información	Calidad de la información	Factor
		<b><u>F1</u></b>
	Se utilizó material real para la prueba	1.3
Datos de las propiedades del material obtenidos con pruebas	Están disponibles los datos de prueba del material representativo	2
	Están disponibles los datos de prueba del material aceptablemente representativo	3
	Están disponibles los datos de prueba del material poco representativo	5+
		<b><u>F2</u></b>
Condiciones ambientales donde se utilizará	Son idénticas a las condiciones de las pruebas del material	1.3
	Condiciones de temperatura ambiente	2
	Ambiente moderadamente exigente	3
	Ambiente extremadamente exigente	5+
		<b><u>F3</u></b>
Modelos analíticos de carga y esfuerzo	Los modelos se han probado con experimentos	1.3
	Los modelos representan exactamente el sistema	2
	Los modelos representan aproximadamente el sistema	3
	Los modelos son aproximaciones burdas del sistema	5+

En esta tabla podemos apreciar un conjunto de factores de seguridad para materiales dúctiles, de los que se puede seleccionar en función a la calidad de información que utilicemos, escogiendo el mayor resultante de los tres tipos de factores así:

$$N_{dúctil} = MÁX(F_1, F_2, F_3)$$

En situaciones de cargas estáticas, los materiales frágiles se diseñan con relación a la resistencia máxima, a diferencia de los dúctiles que se diseñan contra la resistencia a la rotura pues se espera que muestren signos antes de su falla, “por tal motivo el factor de seguridad asignado a materiales quebradizos será el doble del que se le asignaría a un material dúctil sometido a las mismas cargas”. (Norton, Diseño de Máquinas un enfoque Integrado, 2019)

$$N_{frágil} = 2 * MÁX(F_1, F_2, F_3)$$

En base a estas consideraciones se ha generado la siguiente tabla con los factores de seguridad mínimos para los diferentes componentes mecánicos de nuestro equipo

**Tabla 28***Factores de seguridad de componentes mecánicos*

<b>Pieza</b>	<b>Material</b>	<b>Tipo</b>	<b>Factor de seguridad</b>
<b>Leva</b>	PLA	dúctil	5+
<b>Carcaza de Válvula</b>	PLA	dúctil	5+
<b>Base para componentes internos</b>	Acrílico	frágil	6
<b>Estructura General</b>	Acero Inoxidable 440	dúctil	1,3

Como se puede observar para el material PLA utilizado en las impresiones 3D, se ha establecido un factor de seguridad mayor a 5 debido a que los datos de las propiedades mecánicas del material se obtuvieron de un material poco representativo, y la estructura física de las piezas impresas dependerá mucho de la calidad y desempeño de la máquina en la que se imprima, por lo que serán muy variantes; además al ser piezas fundamentales para la funcionalidad del equipo se considera importante generar piezas con un factor de seguridad alto que asegure que estas no vayan a fallar, dejando inhabilitada la máquina.

Para la base de componentes internos se ha asignado un factor de seguridad de 6, que se obtuvo al duplicarse el factor de seguridad 3 obtenido de la Figura 58, pues los datos disponibles del material se obtuvieron de uno aceptablemente representativo.

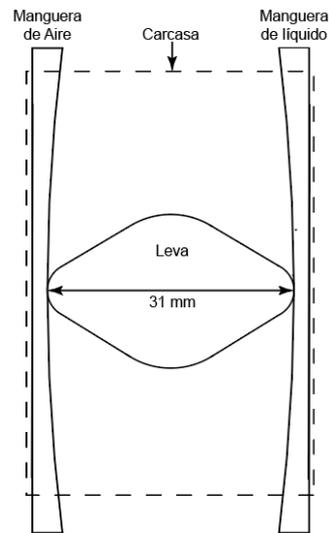
Finalmente, para la estructura general, se ha utilizado el Acero Inoxidable, un material dúctil del cual poseemos los datos de sus propiedades físicas directamente del fabricante, por lo que se le asigna un factor de seguridad de 1,3.

### ***Diseño de las válvulas de apertura y cierre para las mangueras***

Para obstruir el camino del líquido y el aire se ha decidido utilizar un servomotor anexo a una leva que oprimirá y liberará las mangueras conforme se necesite. Un diseño aproximado inicial se presenta en la siguiente imagen; por cada válvula pasaran dos mangueras correspondientes a cada botella, la una de aire inyectado y la otra del líquido dispensado, así cuando se cierre la válvula cortara el paso tanto de aire como de agua

## Figura 59

*Diseño inicial de válvula para dosificación*



Ahora para calcular la fuerza necesaria hemos utilizado una célula de carga, mediante la palanca azul aplicamos presión hasta que la manguera se encuentre totalmente obstruida, observamos que se registra una fuerza de 3,042 kgf.

## Figura 60

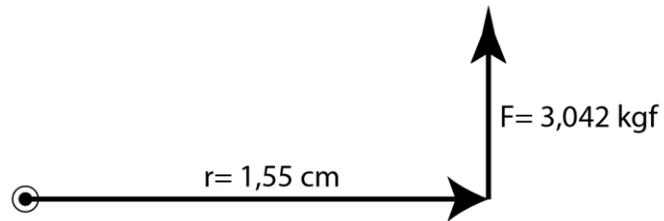
*Cálculo de fuerza para el cerrar mangueras*



Nuestro primero supuesto es que tendremos una leva con un radio máximo de 1,55 cm, y uno mínimo de 1,15 cm valor indispensable para determinar el torque que tendrá que generar el servo.

**Figura 61**

*Fuerza aplicada en el servomotor*



Sustituyendo entonces calculamos el torque:

$$\tau = r * F$$

$$\tau = (1,55 \text{ cm}) * (3,042 \text{ kgf})$$

$$\tau = 4,7151 \text{ kg/cm}$$

Sin embargo, debemos considerar que el torque se estará aplicando en ambos lados de la leva para cortar el paso de dos mangueras, por ello ese valor se duplicaría teniéndose un valor de  $9,4302 \text{ kg/cm}$ , este valor deberá abastecer el servo.

Se ha escogido un servo Servomotor Tower pro mg996r 13 kg.cm standard 180° con las siguientes características.

**Figura 62**

*Servomotor MG996R*



**Tabla 29***Características técnicas servomotor MG996R*

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Modelo	MG996R
Torque	10.4kg/cm (4.8V), 13kg/cm (6V)
Voltaje de operación	4.8 – 7.2V
Velocidad de Operación (4.8V sin carga)	0.2 seg / 60 grados
Velocidad de Operación (6V sin carga)	0.16 seg / 60 grados
Tamaño	40,6 x 19,8 x 42,9 mm
Peso	55g
Plug	JR, FUTABA general
Angulo de Rotación	180° máximo
Material engranajes	Metal
Pulso ciclo	20mS
Ancho del pulso	entre 600uS y 2400uS
Rango de Temperatura	-30 a +60 °C

Se escogió este servomotor en base al análisis realizado en conjunto con Artil Robotics, debido a su capacidad de generar un torque de 10.4 kg/cm (4.8V) y 13 kg/cm (6V), valor suficiente para abastecer el torque necesario calculado de 9,4302 kg/cm.

***Diseño de la leva***

Se describe el siguiente comportamiento de la leva, comportamiento necesario a considerarse para su desarrollo

**Tabla 30***Movimientos realizados por el servomotor*

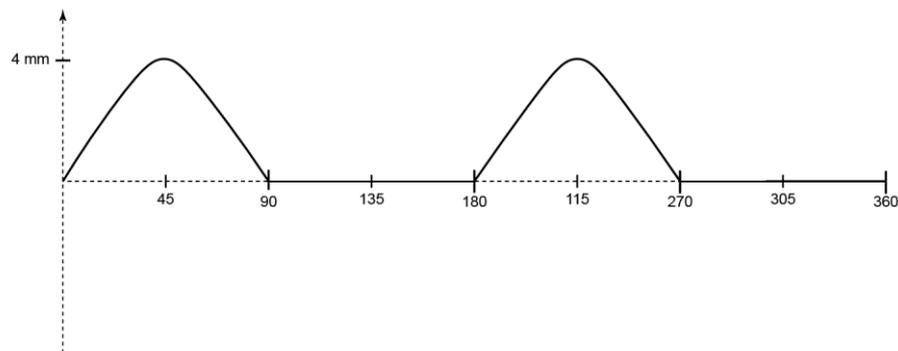
<b>Movimiento realizado</b>	<b>Desplazamiento obtenido</b>
<b>Subida</b>	4 mm en 45 grados
<b>Bajada</b>	4 mm en 45 grados
<b>Detenimiento</b>	en desplazamiento 0 durante 90 grados
<b>Subida</b>	4 mm en 45 grados

<b>Bajada</b>	4 mm en 45 grados
<b>Detenimiento</b>	en desplazamiento 0 durante 90 grados

A breves rasgos nuestra gráfica de la función de desplazamiento  $S$ , se representa así:

### Figura 63

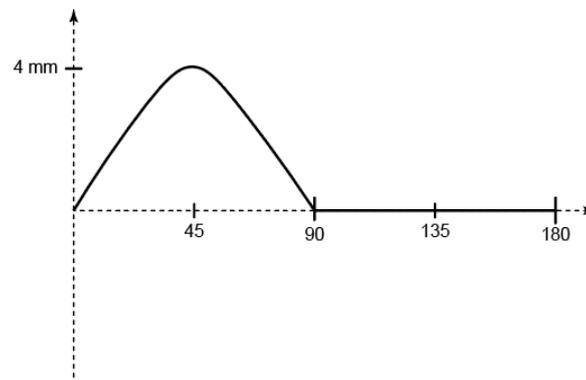
*Representación gráfica de los movimientos de la leva*



Podemos analizar que nuestra leva tendrá una subida de 4 mm entre 0 y noventa grados, luego permanecerá en bajo de 90 a 180 y repetirá el proceso hasta cumplir la vuelta completa de 360 grados, de allí que podríamos definir un periodo de 180, y redefinir nuestra gráfica únicamente por fines analíticos

### Figura 64

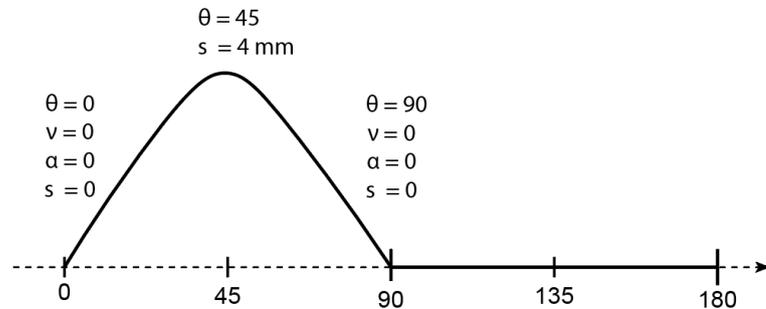
*Representación del movimiento de la leva de  $0^\circ$  a  $90^\circ$*



Ahora analizando las condiciones de frontera tenemos estos datos:

### Figura 65

*Análisis de posición, velocidad y aceleración de la leva*



Como técnica para definir matemáticamente el desplazamiento del seguidor para nuestra leva, se ha escogido el método de las funciones polinomiales, definido como uno de los procesos más versátiles a utilizarse para el diseño de levas, “pues no se limitan únicamente a aplicaciones detenimiento simple o doble, sino que además pueden adaptarse a varias especificaciones de diseño” (Norton, Diseño de Maquinaria, 2019) ; la forma general de la función polinomial está definida de la siguiente manera:

$$S = C_0 + C_1x + C_2x^2 + C_3x^3 + C_4x^4 + C_5x^5 + C_6x^6 + \dots + C_nx^n$$

Ahora para definir “el grado del polinomio se aplica que:  $n = k - 1$ ” (Norton, Diseño de Maquinaria, 2019), donde  $k$  es el número de condiciones de frontera, que en nuestro caso son 7, así pues, tenemos:

$$n = k - 1$$

$$n = 7 - 1 = 6$$

Empleamos el ángulo normalizado  $\frac{\theta}{\beta}$  como variable independiente, de allí que nuestra función polinomial de posición se definirá así:

$$s = C_0 + C_1 \left(\frac{\theta}{\beta}\right) + C_2 \left(\frac{\theta}{\beta}\right)^2 + C_3 \left(\frac{\theta}{\beta}\right)^3 + C_4 \left(\frac{\theta}{\beta}\right)^4 + C_5 \left(\frac{\theta}{\beta}\right)^5 + C_6 \left(\frac{\theta}{\beta}\right)^6 \quad (a)$$

Ahora derivamos (a) con el objetivo de encontrar la ecuación de velocidad y una vez más para obtener la ecuación de aceleración.

$$v = \frac{1}{\beta} \left[ C_1 + 2C_2 \left( \frac{\theta}{\beta} \right) + 3C_3 \left( \frac{\theta}{\beta} \right)^2 + 4C_4 \left( \frac{\theta}{\beta} \right)^3 + 5C_5 \left( \frac{\theta}{\beta} \right)^4 + 6C_6 \left( \frac{\theta}{\beta} \right)^5 \right] \quad (b)$$

$$a = \frac{1}{\beta^2} \left[ 2C_2 + 6C_3 \left( \frac{\theta}{\beta} \right) + 12C_4 \left( \frac{\theta}{\beta} \right)^2 + 20C_5 \left( \frac{\theta}{\beta} \right)^3 + 30C_6 \left( \frac{\theta}{\beta} \right)^4 \right] \quad (c)$$

Se sustituyen los valores de las condiciones de frontera  $\theta = 0$  y  $s = 0$  en la ecuación (a)

$$0 = C_0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0$$

$$C_0 = 0$$

Se sustituyen los valores de las condiciones de frontera  $\theta = 0$ ,  $v = 0$  en la ecuación

(b)

$$0 = \frac{1}{\beta} [C_1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0]$$

$$C_1 = 0$$

Se sustituyen los valores de las condiciones de frontera  $\theta = 0$ ,  $a = 0$  en la ecuación

(c)

$$0 = \frac{1}{\beta^2} [C_2 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0]$$

$$C_2 = 0$$

Con estas constantes ya definidas podemos redefinir nuestras ecuaciones (a), (b) y

(c)

$$s = C_3 \left(\frac{\theta}{\beta}\right)^3 + C_4 \left(\frac{\theta}{\beta}\right)^4 + C_5 \left(\frac{\theta}{\beta}\right)^5 + C_6 \left(\frac{\theta}{\beta}\right)^6 \quad (d)$$

$$v = \frac{1}{\beta} \left[ 3C_3 \left(\frac{\theta}{\beta}\right)^2 + 4C_4 \left(\frac{\theta}{\beta}\right)^3 + 5C_5 \left(\frac{\theta}{\beta}\right)^4 + 6C_6 \left(\frac{\theta}{\beta}\right)^5 \right] \quad (e)$$

$$a = \frac{1}{\beta^2} \left[ 6C_3 \left(\frac{\theta}{\beta}\right) + 12C_4 \left(\frac{\theta}{\beta}\right)^2 + 20C_5 \left(\frac{\theta}{\beta}\right)^3 + 30C_6 \left(\frac{\theta}{\beta}\right)^4 \right] \quad (f)$$

Hay que mencionar que nuestra ecuación será de utilidad en el intervalo de 0 a 90 grados, pues en este rango experimenta una variación de movimiento el seguidor de nuestra leva, y de 90 a 180, simplemente se mantendrá en 0, por ello definimos que  $\beta = 90$

Ahora sustituimos los valores de las condiciones de frontera  $\theta = 90$ ,  $s = 0$  en la ecuación (d)

$$0 = C_3 \left(\frac{90}{90}\right)^3 + C_4 \left(\frac{90}{90}\right)^4 + C_5 \left(\frac{90}{90}\right)^5 + C_6 \left(\frac{90}{90}\right)^6$$

$$0 = C_3 + C_4 + C_5 + C_6 \quad (g)$$

Sustituimos los valores de las condiciones de frontera  $\theta = 90$ ,  $v = 0$  en la ecuación (e)

$$0 = \frac{1}{90} [3C_3 + 4C_4 + 5C_5 + 6C_6] \quad (h)$$

Sustituimos los valores de las condiciones de frontera  $\theta = 90$ ,  $a = 0$  en la ecuación (f)

$$0 = \frac{1}{90^2} [6C_3 + 12C_4 + 20C_5 + 30C_6] \quad (i)$$

Y finalmente sustituimos los valores de las condiciones de frontera  $\theta = 45$ ,  $s = 4$  en la ecuación (d)

$$4 = C_3 \left(\frac{1}{2}\right)^3 + C_4 \left(\frac{1}{2}\right)^4 + C_5 \left(\frac{1}{2}\right)^5 + C_6 \left(\frac{1}{2}\right)^6 \quad (g)$$

Con estas ecuaciones podemos ya armar un sistema de 4 ecuaciones con 4 incógnitas y definir las constantes restantes.

$$C_3 + C_4 + C_5 + C_6 = 0$$

$$\frac{1}{90} [3C_3 + 4C_4 + 5C_5 + 6C_6] = 0$$

$$\frac{1}{90^2} [6C_3 + 12C_4 + 20C_5 + 30C_6] = 0$$

$$C_3 \left(\frac{1}{2}\right)^3 + C_4 \left(\frac{1}{2}\right)^4 + C_5 \left(\frac{1}{2}\right)^5 + C_6 \left(\frac{1}{2}\right)^6 = 4$$

Al resolverse tenemos que:

$$C_3 = 256$$

$$C_4 = -768$$

$$C_5 = 768$$

$$C_6 = -256$$

Sustituyendo en la ecuación (d) obtenemos ya nuestra ecuación de desplazamiento de 0 a 90 grados para nuestra leva

$$s = 256 \left(\frac{\theta}{90}\right)^3 - 768 \left(\frac{\theta}{90}\right)^4 + 768 \left(\frac{\theta}{90}\right)^5 - 256 \left(\frac{\theta}{90}\right)^6 \quad (e)$$

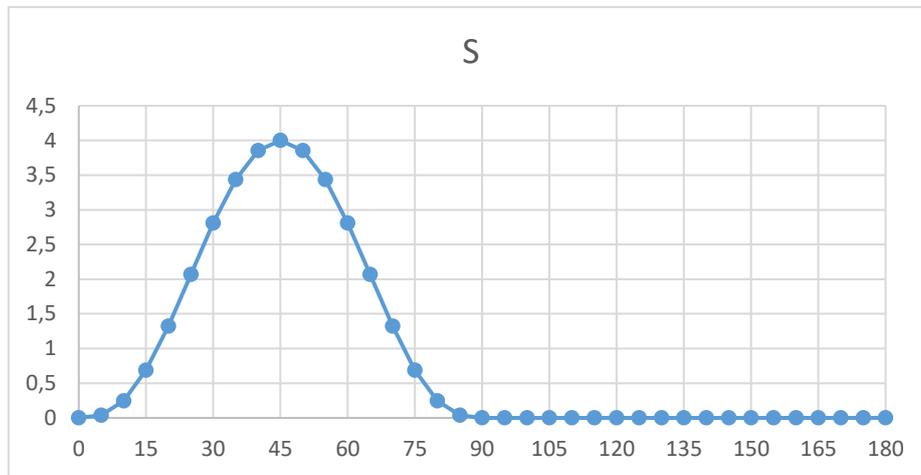
Esta función podemos ingresarla en Excel para determinar los valores correspondientes a cada grado y además graficarla

**Tabla 31***Relación grados-desplazamiento de la leva*

<b>Grados</b>	<b>S</b>
0	0
5	0,03697871
10	0,24663509
15	0,68587106
20	1,32180995
25	2,06702155
30	2,80932785
35	3,43618953
40	3,85367331
45	4
50	3,85367331
55	3,43618953
60	2,80932785
65	2,06702155
70	1,32180995
75	0,68587106
80	0,24663509
85	0,03697871
90	0
95	0
100	0
105	0
110	0
115	0
120	0
125	0
130	0
135	0
140	0
145	0
150	0
155	0
160	0
165	0
170	0
175	0
180	0

**Figura 66**

Gráfica ángulo vs desplazamiento lineal de la leva

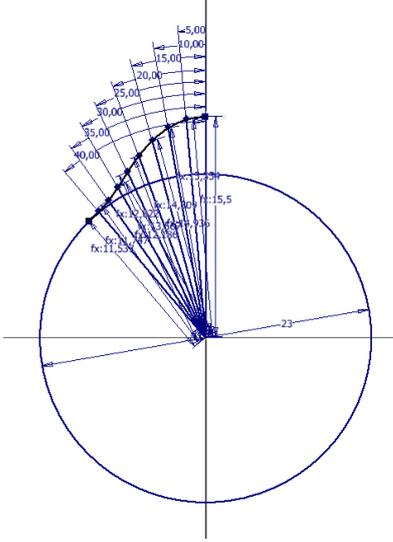
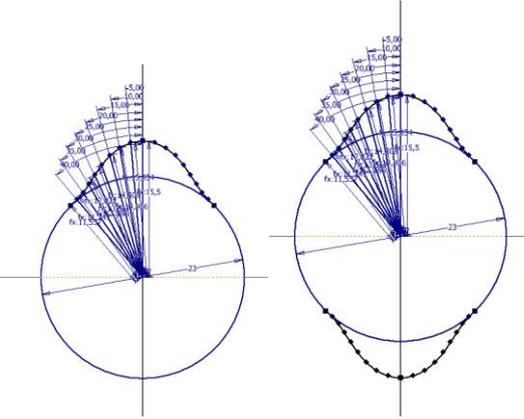
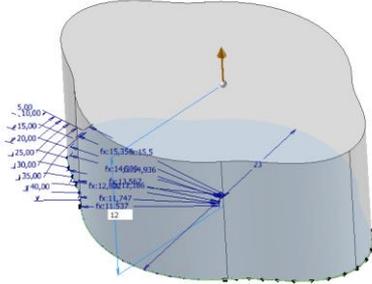


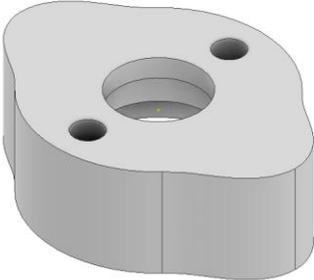
De la misma manera estos valores los utilizaremos para modelar nuestra leva en el software CAD

**Tabla 32**

Diseño de la leva

Proceso	Imagen
<p>Graficamos las líneas con la longitud calculada con la función S, sumándole el diámetro base de 23 mm</p>	

Proceso	Imagen
<p>Trazamos una polilínea uniendo los extremos de las líneas</p>	
<p>Utilizamos la herramienta “espejo” para replicar el proceso a la derecha y en el lado opuesto</p>	
<p>Extruimos, una altura deseada</p>	

Proceso	Imagen
Realizamos los agujeros necesarios para poder acoplar la leva con la base del servo.	

Una vez Modelada, se procedió a realizar un análisis de estrés, aplicando las fuerzas a las que estará sometida la pieza durante su trabajo, obteniéndose los siguientes resultados

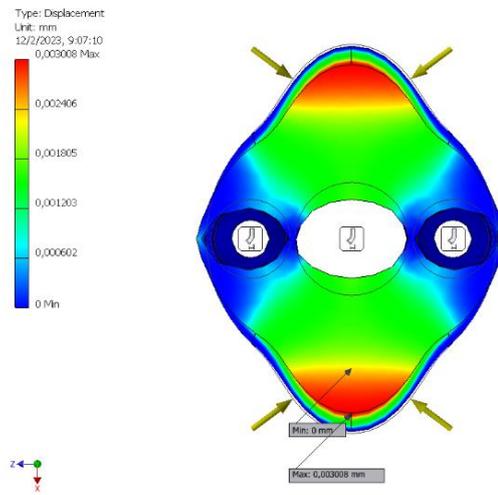
**Tabla 33**

*Características mecánicas del Ácido Poliláctico*

Nombre	Ácido poliláctico	
	Densidad de masa	1,24912 g/cm <sup>3</sup>
<b>General</b>	Límite elástico	41,3685 MPa
	Resistencia a la tracción	55,1581 MPa
	El módulo de Young	2,06843 GPa
<b>Estrés</b>	El coeficiente de Poisson	0,4 ul
	Módulo de corte	0,738724 GPa
<b>Nombre de la Pieza</b>	Leva.ipt	

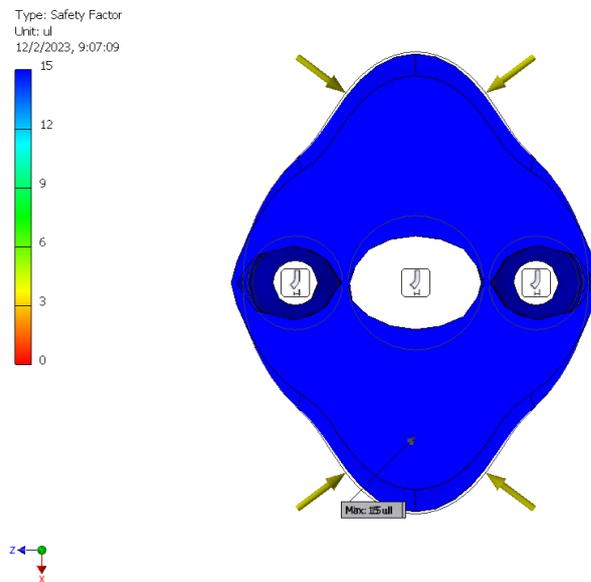
**Figura 67**

*Análisis de estrés realizado en la leva*



**Figura 68**

*Factor de seguridad obtenido de la leva*



**Tabla 34**

*Resultados del análisis de estrés en la leva*

Nombre	Mínimo	Máximo
Densidad de masa	3394,89 mm <sup>3</sup>	

<b>Nombre</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Límite elástico	0,00424063 kg	
Resistencia a la tracción	0,00166081 MPa	1,8375 MPa
El módulo de Young	-0,621569 MPa	1,1789 MPa
Coefficiente de Poisson	-1,92738 MPa	0,156529 MPa
Módulo de corte	0 mm	0,00300759 mm
Densidad de masa	15 ul	15 ul
Límite elástico	-0,00238808 mm	0,00236246 mm
Resistencia a la tracción	-0,000693107 mm	0,00182828 mm
El módulo de Young	-0,00114993 mm	0,00114183 mm

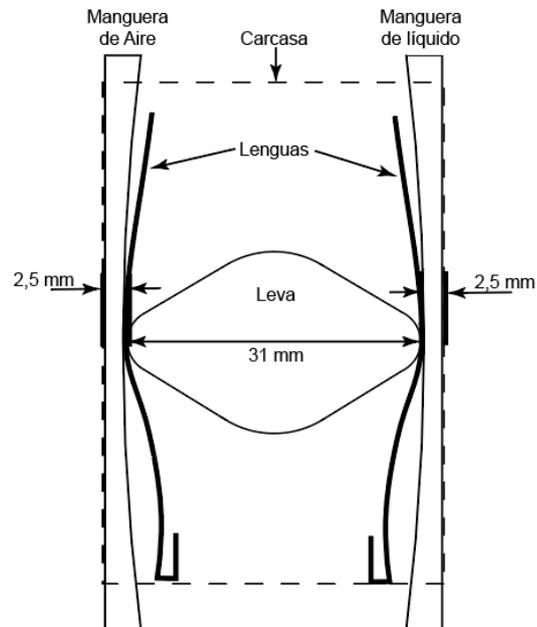
Como se puede observar en los resultados el material PLA o Polylactic Acid tiene apenas una deformación máxima de 0.003 mm, que resulta también en un factor de seguridad constante de 15 unidades, consecuentemente se asevera que la pieza no fallará.

### ***Diseño de la carcasa de la válvula***

En la prueba descrita en la figura 69, se determinó además que las mangueras estranguladas, tendrán un espesor de 2.5 mm, este valor tomamos como referencia para determinar la distancia que tendrá que haber entre la punta de la leva y la pared para estrangular correctamente a la manguera. Se ha agregado además unas lenguas para evitar la fricción entre las mangueras y la leva, un boceto aproximado del primer prototipo de válvula se muestra a continuación

**Figura 69**

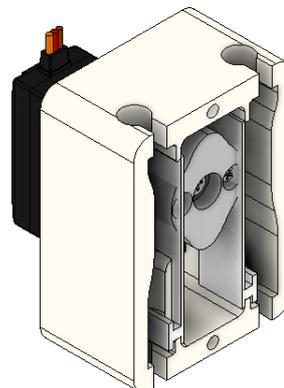
*Bosquejo final de la carcasa para la válvula*



A continuación, se digitalizo en 3D la idea, utilizando el software Inventor, te tiene entonces el ensamble siguiente:

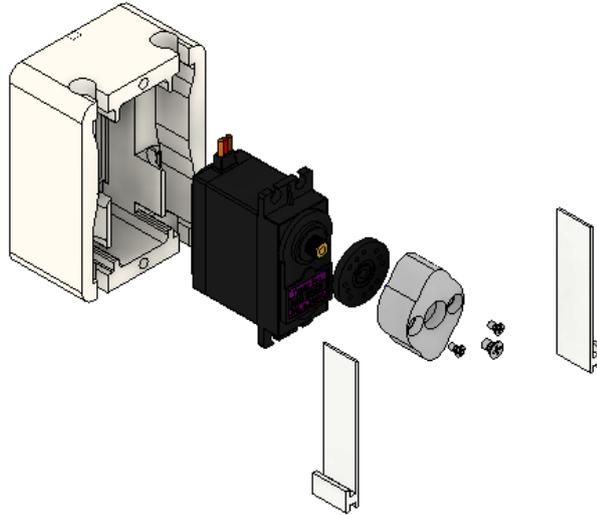
**Figura 70**

*Diseño final de la carcasa de la válvula*



**Figura 71**

*Despiece de la carcasa realizado*



Además, con el modelo digital, se procede a realizar un análisis de estrés, para verificar que el diseño no falle al aplicarle las fuerzas a las que estará sometido, que en este caso son las equivalentes al estrangulamiento de las mangueras por parte del servo, es decir 30,42 Newtons.

**Tabla 35**

*Características físicas del PLA usado en la carcasa*

<b>Nombre</b>	<b>Ácido poliláctico</b>	
<b>General</b>	Densidad de masa	1,24912 g/cm <sup>3</sup>
	Límite elástico	41,3685 MPa
	Resistencia a la tracción	55,1581 MPa
<b>Estrés</b>	El módulo de Young	2,06843 GPa
	El coeficiente de Poisson	0,4 ul
	Módulo de corte	0,738724 GPa
<b>Nombre de la Pieza</b>	Valve_Body.ipt	

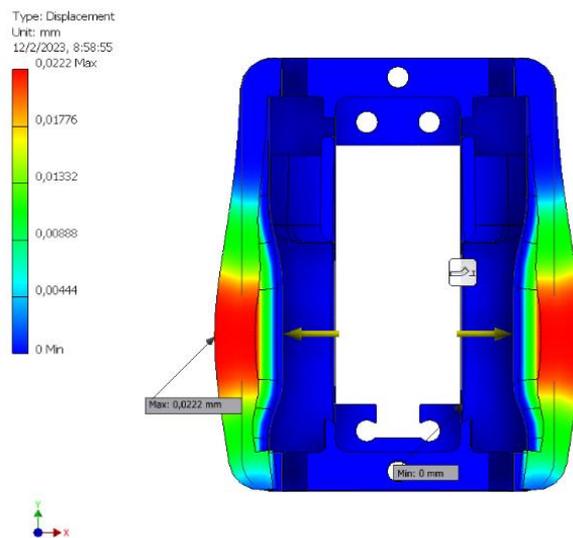
Tabla 36

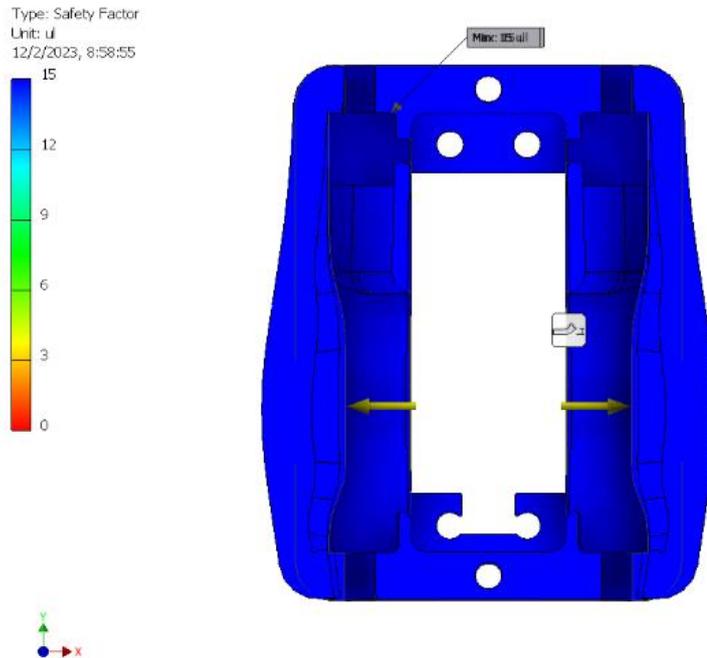
*Fuerzas aplicadas sobre la carcasa*

Fuerza 1		Fuerza 2	
Tipo de Carga	Fuerza	Tipo de Carga	Fuerza
<b>Magnitud</b>	30,420 N	<b>Magnitud</b>	30,420 N
<b>Vector X</b>	-30,420 N	<b>Vector X</b>	30,420 N
<b>Vector Y</b>	0,000 N	<b>Vector Y</b>	0,000 N
<b>Vector Z</b>	0,000 N	<b>Vector Z</b>	0,000 N

Figura 72

*Análisis de desplazamiento de la carcasa*



**Figura 73***Análisis de estrés factor de seguridad carcasa***Tabla 37***Resultados generales del análisis de estrés en la Carcasa*

Nombre	Mínimo	Máximo
<b>Volumen</b>	54054,8 mm <sup>3</sup>	
<b>Masa</b>	0,0675209 kg	
<b>Estrés de von Mises</b>	0,0000986126 MPa	1,58859 MPa
<b>1er esfuerzo principal</b>	-0,402405 MPa	2,62897 MPa
<b>3er esfuerzo principal</b>	-0,833189 MPa	0,865185 MPa
<b>Desplazamiento</b>	0 mm	0,0222035 mm
<b>Factor de seguridad</b>	15 ul	15 ul

Del análisis resultante se obtiene existirá una deformación de apenas 0.0222 mm, consecuentemente el factor de seguridad será de 15 unidades, todo esto al estarse utilizando PLA como material de impresión, de allí se concluye que la pieza no fallará ante las condiciones de trabajo y las fuerzas a las que será sometida durante el mismo.

En base a estas consideraciones se materializó este primer prototipo, imprimiéndose en ácido poli láctico y anexándose con el servo seleccionado.

### **Figura 74**

*Prototipo de la carcasa de la válvula*



Así pues, se realizaron pruebas instaladas las válvulas en una base de madera, comprobándose que en efecto detenían el flujo del líquido y el aire, pero las lenguas tras varios ciclos de uso tendían a romperse, dejando el mecanismo inhabilitado, pues empezaría a rosar la silicona del tubo directamente con la leva.

Para una segunda iteración, se imprimieron lenguas en TPU, material que al ser flexible puede someterse a un número mayor de estrangulamiento y soportar perfectamente la fricción, obteniéndose un modelo final totalmente funcional.

### **Figura 75**

*Diseño final de la carcasa de la válvula*



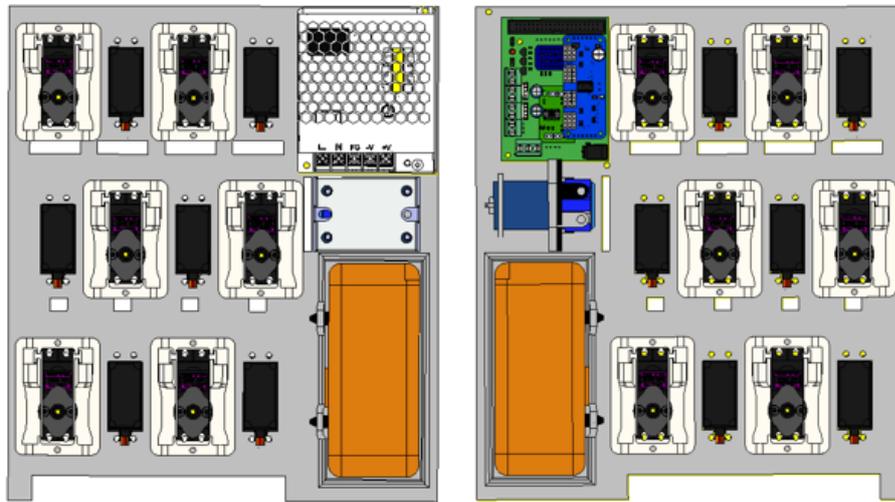
### ***Diseño de base para componentes internos***

Como se ha mostrado en la figura 64 se optó por un diseño modular, distribuido en la parte trasera las botellas, y en la parte frontal todo el módulo de control y dosificación.

Se ha optado por utilizar una distribución de componentes vertical, apilándose todas las válvulas en una plancha de acrílico de 4 milímetros, y de forma vertical se ha instalado la bomba de aire, el relé, la bomba de succión, la fuente y la placa PCB de distribución, se optó por utiliza ambas caras de la plancha para aprovechar el espacio disponible al máximo y conseguir un modelo compacto.

**Figura 76**

*Distribución final de los componentes*



Una vez digitalizada la pieza, podemos realizar un análisis de estrés, aplicando las fuerzas equivalentes que generarán todos los elementos.

**Figura 77**

*Análisis de estrés realizado en la plancha de acrílico*

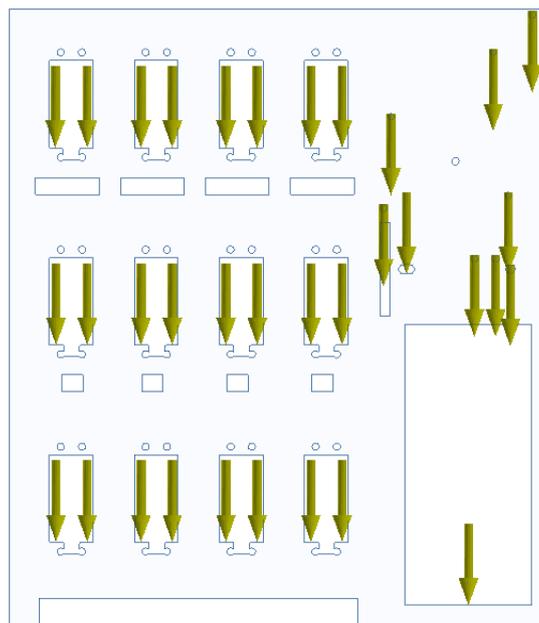


Tabla 38

Resultados del análisis de estrés de la plancha

Nombre	Acrílico	
<b>General</b>	Densidad de masa	1,188 g/cm <sup>3</sup>
	Límite elástico	48,9 MPa
	Resistencia a la tracción	79,8 MPa
	El módulo de Young	2,74 GPa
<b>Estrés</b>	El coeficiente de Poisson	0,355 ul
	Módulo de corte	1,01107 GPa
<b>Nombre de la Pieza</b>	Base Interior.ipt	

Figura 78

Análisis de deformación sobre la plancha de acrílico

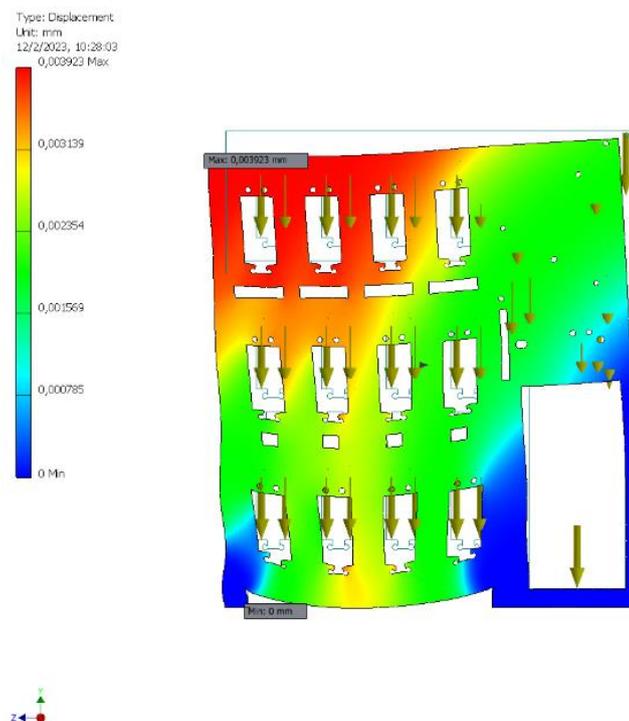


Figura 79

Análisis factor de seguridad de la plancha de acrílico

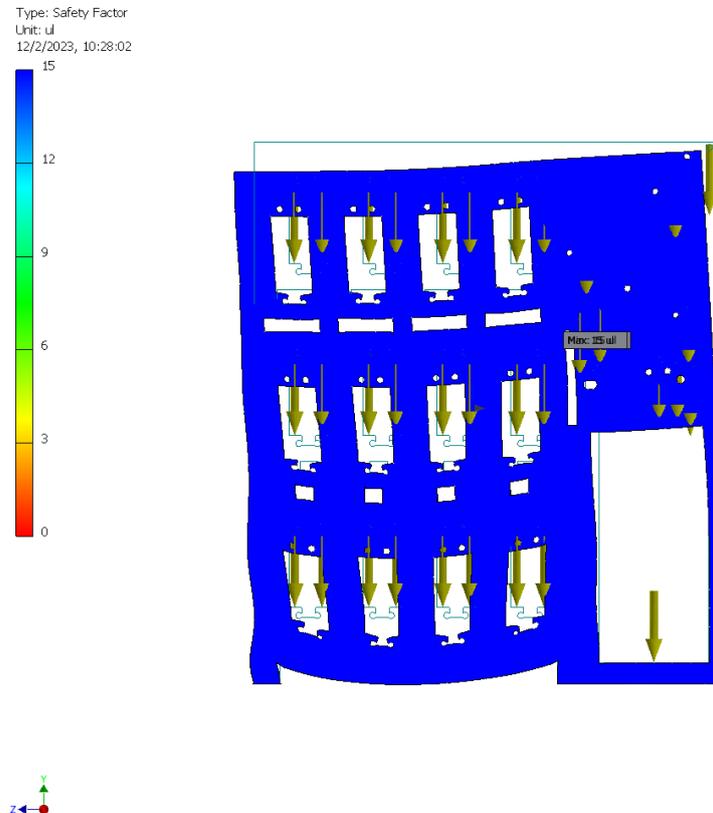


Tabla 39

Resultados del análisis de estrés en plancha de acrílico

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	207848 mm <sup>3</sup>	
Masa	0,246924 kg	
Estrés de von Mises	0,0000115142 MPa	0,224468 MPa
1er esfuerzo principal	-0,0628673 MPa	0,143332 MPa
3er esfuerzo principal	-0,264504 MPa	0,0196635 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,00392319 mm
Factor de seguridad	15 ul	15 ul
Desplazamiento X	-0,0000783554 mm	0,0000841661 mm

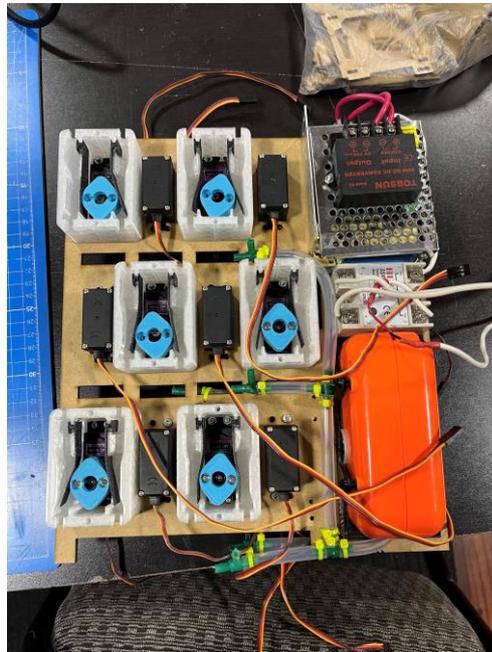
<b>Desplazamiento Y</b>	-0,00351857 mm	0 mm
<b>Desplazamiento Z</b>	-0,000350376 mm	0,00253591 mm

Del análisis se obtuvieron los resultados mostrados, con un desplazamiento máximo de 0,003923 mm, y un factor de seguridad constante de 15 unidades, se comprueba que la plancha de 4 mm soporta con creces el peso de los componentes que estarán anexados a ella, por otro lado esta constante de seguridad elevada abre la posibilidad de escoger una plancha más delgada, sin embargo al considerarse un material frágil, el peligro de romperse durante el ensamblaje y la inserción de componentes aumenta, por lo que se ha concluido que los 4 milímetros de espesor son adecuados.

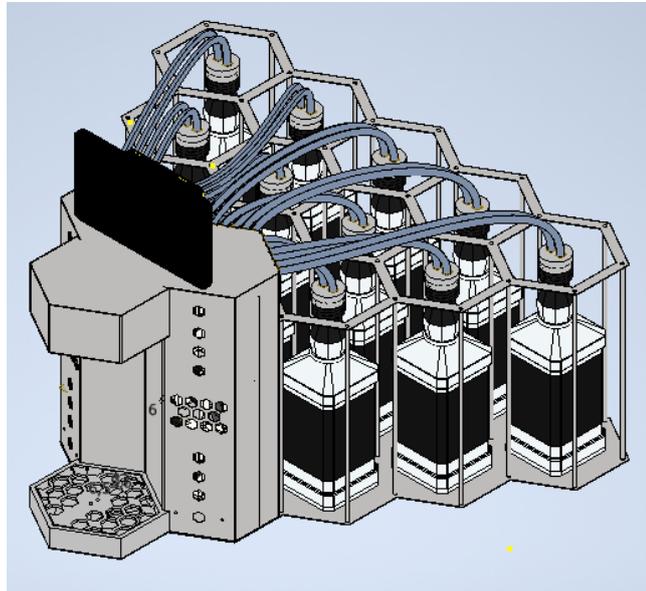
Para un primer prototipo se realizó un modelo en corte en madera de 4 milímetros, a fin de instalar todos los componentes y asegurarse de que estén bien distribuidos y calcen correctamente; pese a que en el diseño digital se han situado todas las piezas de forma exacta, “un prototipo físico a veces exhibe fenómenos imprevistos que no están relacionados por completo con el objetivo original del prototipo” (Ulrich & Eppinger, 2013), esto ocurre principalmente porque en el medio real existen varias leyes físicas que empiezan a actuar todas al mismo tiempo sobre el componente, “un prototipo físico puede servir como herramienta para detectar fenómenos perjudiciales inadvertidos que pueden aparecer en el producto final” (Ulrich & Eppinger, 2013) y además nos proveerá de una visión más clara para un análisis con fines de mejora estética.

**Figura 80**

*Prototipo de plancha de sujeción de elementos electrónicos*

**Diseño General de la Estructura**

Basándose en la Figura 80 se establece el siguiente diseño CAD distribuyéndose en la parte trasera todas las botellas, en una organización piramidal con compartimentos hexagonales, empezando con 5 botellas al fondo, siguiéndole 4 botellas, después 3 botellas, y las dos distribuciones siguientes se reserva para el módulo de actuadores y control, finalmente en la punta de la pirámide se establece la boquilla de dispensado, con el módulo de sensado en el apoyo para el vaso.

**Figura 81***Ensamble general del sistema*

En la parte posterior se ha establecido varillas verticales para dividir bajo un concepto de colmena, los compartimentos que albergarán cada una de las botellas de licor, jugo y gaseosa necesarias para la fabricación de los cocteles.

Toda la estructura se compone de acero Inoxidable 430, “conocido como un acero resistente a la corrosión y de alta durabilidad usado comúnmente en electrodomésticos y piezas de quemadores” (China, 2022).

**Tabla 40***Propiedades mecánicas del Acero Inoxidable*

Nombre		Acero Inoxidable
General	Densidad de masa	8 g/cm <sup>3</sup>
	Límite elástico	250 MPa
	Resistencia a la tracción	540 MPa
Estres	El módulo de Young	193 GPa
	El coeficiente de Poisson	0,3 ul

Nombre	Acero Inoxidable	
	Módulo de corte	74,2308 GPa
Nombre de la pieza	plancha base 2 mm.ipt	

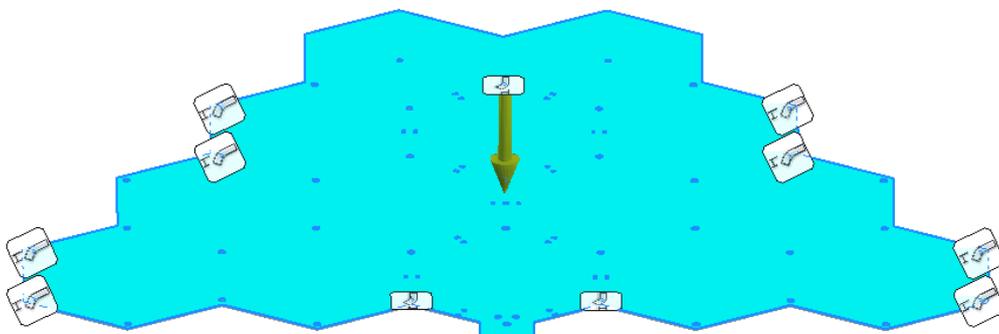
La empresa Artil Robotics dispone de material de stock en láminas de acero inoxidable de 1 a 3 milímetros de espesor, por lo que se debe limitar el diseño únicamente a estas dimensiones.

### ***Base del dispositivo***

En primera instancia para la base se ha escogido un acero de 2 milímetros, para realizar un análisis de estrés en el software Inventor y aseverar su correcto funcionamiento estructural. Pese a que la pieza estará sujeta mediante varillas soldadas a una estructura hexagonal superior que reforzará su capacidad estructural, se ha decidido realizar el análisis, bajo condiciones extremas aplicándose la fuerza que generará el peso equivalente a las 12 botellas de un litro y el módulo de control con actuadores frontal resultante en 182,956 N, y sujetándola únicamente al contorno de esta, situación a la que será sometido el sistema cuando sea transportado de un lugar a otro.

### **Figura 82**

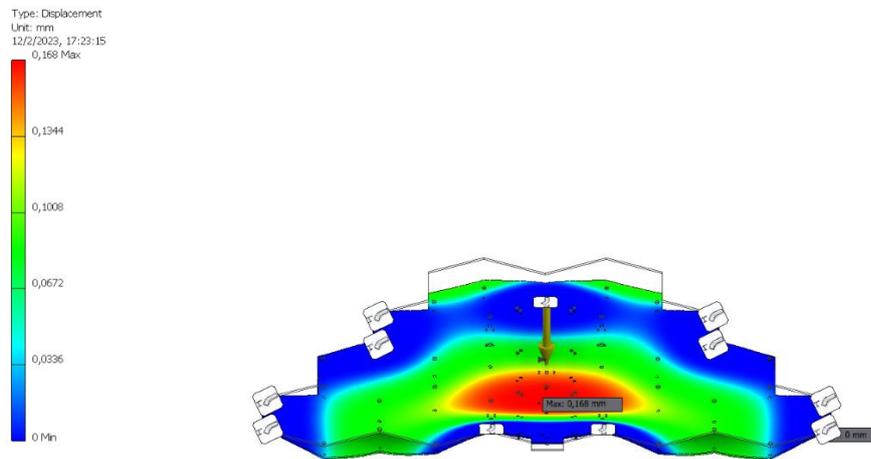
*Fuerza equivalente en la base de la estructura*



Ejecución del análisis de estrés:

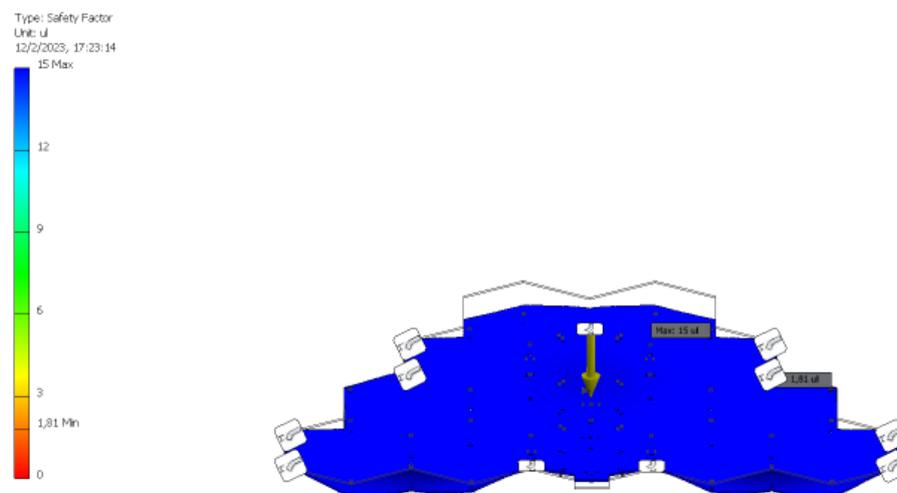
### Figura 83

#### *Análisis de Deformación*



### Figura 84

#### *Análisis de Factor de Seguridad*



**Tabla 41***Resultados de análisis de la base de la estructura*

<b>Nombre</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Volumen</b>	382788 mm <sup>3</sup>	
<b>Masa</b>	3,0623 kg	
<b>Estrés de Von Mises</b>	0,00182651 MPa	137,774 MPa
<b>1er esfuerzo principal</b>	-31,9953 MPa	102,902 MPa
<b>3er esfuerzo principal</b>	-181,854 MPa	30,4351 MPa
<b>Desplazamiento</b>	0 mm	0,168036 mm
<b>Factor de seguridad</b>	1,81457 ul	15 ul
<b>Desplazamiento X</b>	-0,00158584 mm	0,00173293 mm
<b>Desplazamiento Y</b>	-0,168036 mm	0,0364066 mm
<b>Desplazamiento Z</b>	-0,00157863 mm	0,00158212 mm

De la tabla de resultados del análisis se destaca que la deflexión máxima es de 0,168 mm, y se obtiene un factor de seguridad mínimo de 1,81, superando el factor de seguridad mínimo establecido de 1,3 ; además al exceder en apenas 0,5 unidades dicho factor, se concluye que la lámina de 2 mm es la adecuada, descartándose la plancha de 1 milímetro que al ser de menor espesor fallará, y descartando también la lámina de 3 milímetros, que excederá el factor de seguridad necesario y agregará peso innecesario al dispositivo.

### **Varillas**

Si bien las varillas constituyen únicamente un elemento guía para ordenar y distribuir las botellas, que en realidad no estará sometido a un trabajo continuo durante el funcionamiento de la máquina, pues además cumple con una finalidad netamente estética, se considera pertinente analizar que estas soporten el peso de esta, bajo una situación hipotética en la que se levante el aparato tomándolo por la malla superior, y generando una

tensión sobre ellas equivalente al peso total del sistema. Es por ello que se ha analizado una varilla aplicándole una fuerza de 6.11 newtons, fuerza obtenida al dividir la fuerza del peso total entre las 39 varillas existentes en él ensamble.

En el proceso de diseño bajo un concepto estético, se asignó a las varillas un diámetro de 4 mm, sin embargo, tras consultar en el mercado local, se encontró que la varilla más delgada de acero inoxidable disponible era de 4,75 mm, por lo que se estableció esta medida para el diseño CAD y análisis de estrés.

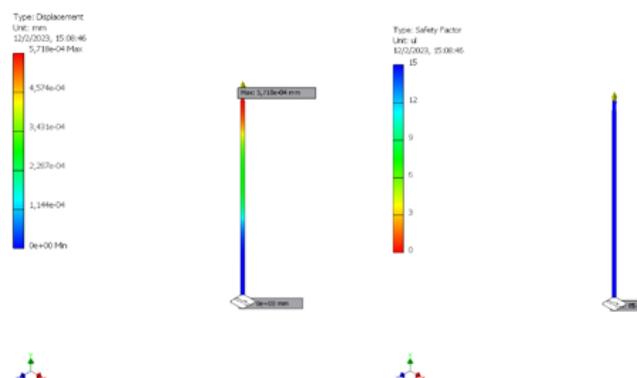
### Figura 85

*Varilla sometida a tensión*



### Figura 86

*Análisis de estrés en la varilla*



**Tabla 42***Resultados de análisis de estrés en la varilla*

<b>Nombre</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Volumen</b>	3463,61 mm <sup>3</sup>	
<b>Masa</b>	0,0277088 kg	
<b>Estrés de Von Mises</b>	0,22599 MPa	0,480323 MPa
<b>1er esfuerzo principal</b>	0,388498 MPa	0,680263 MPa
<b>3er esfuerzo principal</b>	-0,00899793 MPa	0,188346 MPa
<b>Desplazamiento</b>	0 mm	0,000571807 mm
<b>Factor de seguridad</b>	15 ul	15 ul
<b>Desplazamiento X</b>	-0,00000165783 mm	0,00000145028 mm
<b>Desplazamiento Y</b>	0 mm	0,000571807 mm
<b>Desplazamiento Z</b>	-0,00000143277 mm	0,00000215089 mm

Como se puede observar en la Tabla 42, el factor de seguridad resultante es de 15 unidades, dicho valor nos asegura que la varilla se desempeñará correctamente bajo estas condiciones de estrés.

### ***Malla Superior***

Esta pieza estará ubicada sobre la base general y anexada a la misma mediante 39 varillas soldadas, y juntamente con estas, cumple una función estética definiendo los espacios en los que estarán las botellas.

Sin embargo, se considera pertinente plantear el caso hipotético en el que se levante al equipo por completo sujetándolo de esta estructura, por ello se ha establecido para el diseño una lámina de 2 milímetros de espesor, y se ejecutó el análisis de estrés fijando a la malla por cada uno de sus agujeros donde estarán soldadas las varillas, y aplicándole una fuerza de 245,22 Newtons, equivalente a todo el peso de la máquina.

Figura 87

Análisis de estrés realizado en la malla superior

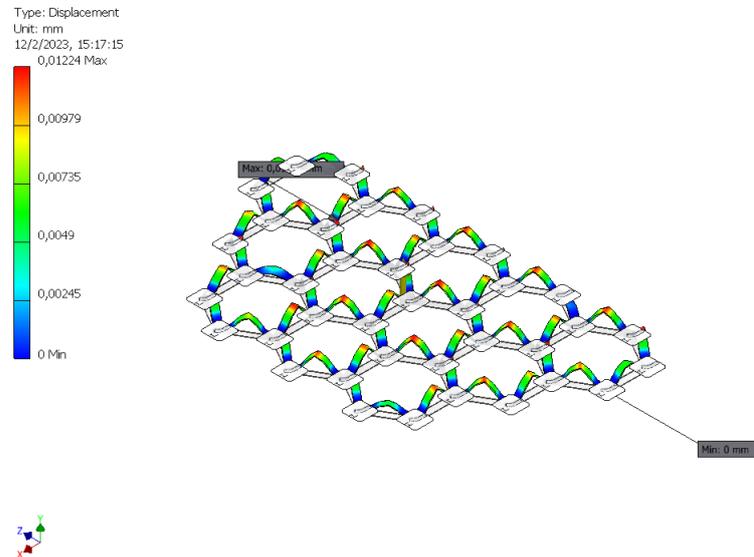


Tabla 43

Resultado de análisis de estrés en la malla superior

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	39111,9 mm <sup>3</sup>	
Masa	0,312895 kg	
Estrés de Von Mises	0,16531 MPa	13,9066 MPa
1er esfuerzo principal	-6,89573 MPa	29,7761 MPa
3er esfuerzo principal	-14,4794 MPa	14,6119 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0122432 mm
Factor de seguridad	15 ul	15 ul
Desplazamiento X	-0,000315885 mm	0,000314678 mm
Desplazamiento Y	-0,0000396226 mm	0,0122432 mm
Desplazamiento Z	-0,000304073 mm	0,000315352 mm

De la tabla de resultados del análisis se puede destacar que el desplazamiento máximo de la pieza al estar sometido a estas fuerzas será de 0.012 mm, consecuentemente el factor de seguridad será de 15 unidades, concluyéndose que la pieza no fallará ante esta situación, de hecho, se podría considerar reducir el espesor a 1 milímetro, sin embargo, esto complicaría mucho más el proceso de soldadura, por lo que se decide mantener el espesor escogido de 2 milímetros

### ***Modulo Frontal***

Para la fabricación del módulo frontal, al no estar sometido a grandes fuerzas, y cumplir finalidades únicamente de protección y estéticas, se ha escogido la lámina de acero de 1 mm de espesor, y se a modelado las piezas para realizar un análisis estructural en el software inventor.

Básicamente se compone de tres partes:

- Tapa del Módulo frontal
- Base del Módulo frontal
- Paredes del Módulo frontal.

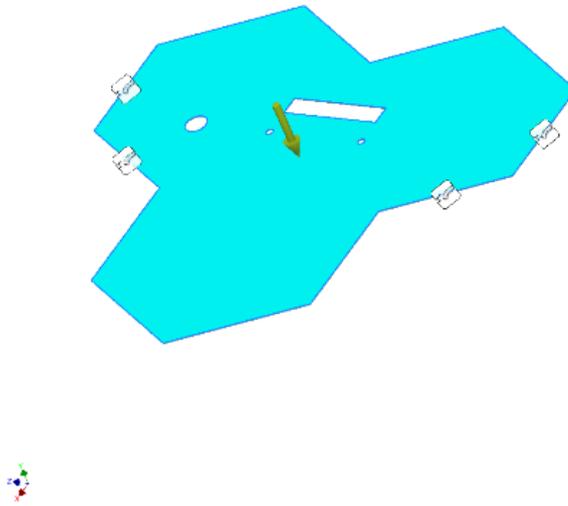
### ***Tapa del Módulo***

Bajo el mismo concepto hexagonal se presenta la pieza modelada, cuya principal función será cubrir los componentes internos de la máquina y soportar el peso de la Raspberry junto con la pantalla touchscreen, es decir 0,653 Kg.

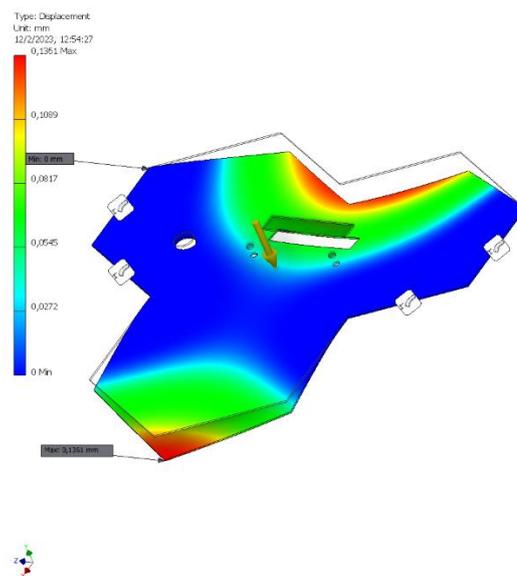
Para el análisis de estrés se dispone la pieza sujetándola de los extremos y aplicando una fuerza en el medio equivalente a 7.8 N.

**Figura 88**

*Fuerza aplicada en la parte superior de la tapa del módulo*

**Figura 89**

*Análisis de estrés en la tapa superior*



**Tabla 44***Resultados de análisis de estrés en la tapa superior*

<b>Nombre</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Volumen	40037,4 mm <sup>3</sup>	
Masa	0,320299 kg	
Estrés de Von Mises	0,0271398 MPa	13,2466 MPa
1er esfuerzo principal	-2,59268 MPa	9,12271 MPa
3er esfuerzo principal	-15,9285 MPa	2,29696 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,136128 mm
Factor de seguridad	15 ul	15 ul
Desplazamiento X	-0,000853272 mm	0,000550605 mm
Desplazamiento Y	-0,136126 mm	0,00176788 mm
Desplazamiento Z	-0,000862522 mm	0,00086384 mm

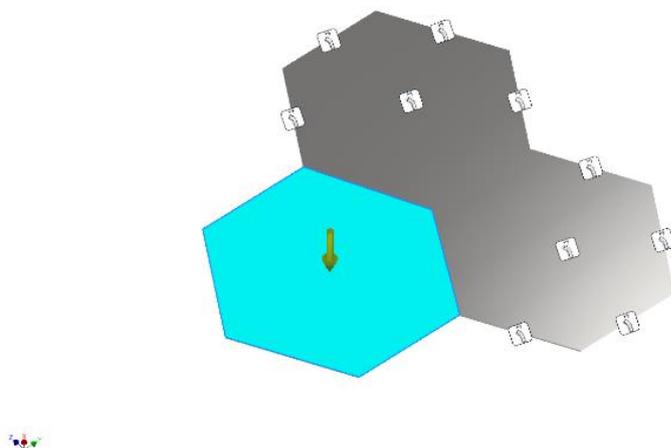
De los resultados arrojados por el estudio, se tiene que el desplazamiento máximo que experimentará el material será de 0,1361 milímetros, y tendrá un factor de seguridad de 15 unidades, valor suficiente para aseverar que la pieza no va a fallar.

#### ***Base del del Módulo***

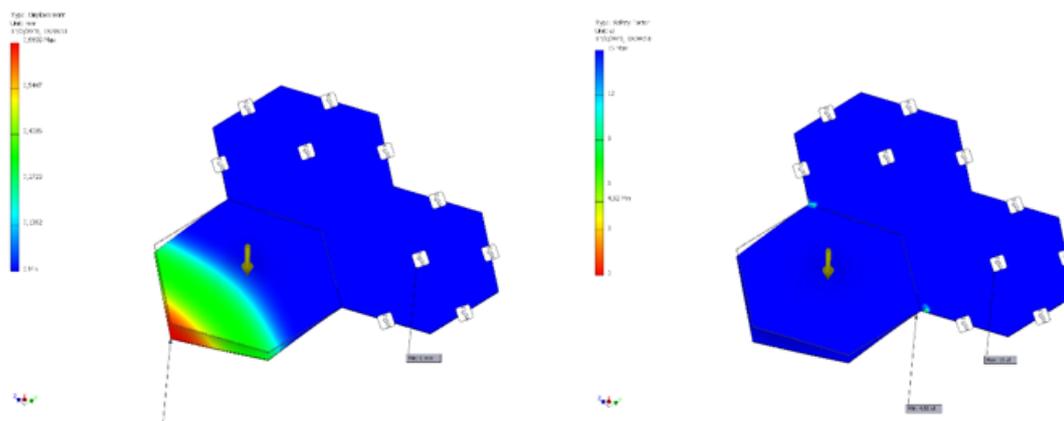
Para la base del módulo, se considera que el único peso que soportará es el del vaso en el que se suministra el líquido dispensado, por ello se ha establecido a la pieza sujeta por los lados y centro, para aplicarse una fuerza de 7,8 Newtons equivalentes al peso de un vaso a su máxima capacidad.

**Figura 90**

*Fuerza equivalente aplicada en la base del módulo*

**Figura 91**

*Análisis de estrés aplicado en la base*



**Tabla 45***Resultados del análisis de estrés en la base del módulo*

<b>Nombre</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Volumen	40743 mm <sup>3</sup>	
Masa	0,325944 kg	
Estrés de Von Mises	0,0175509 MPa	50,8618 MPa
1er esfuerzo principal	-14,5555 MPa	48,0341 MPa
3er esfuerzo principal	-63,3319 MPa	9,96705 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,680836 mm
Factor de seguridad	4,91528 ul	15 ul
Desplazamiento X	-0,680827 mm	0,00404885 mm
Desplazamiento Y	-0,00353319 mm	0,00342139 mm
Desplazamiento Z	-0,00122412 mm	0,00128015 mm

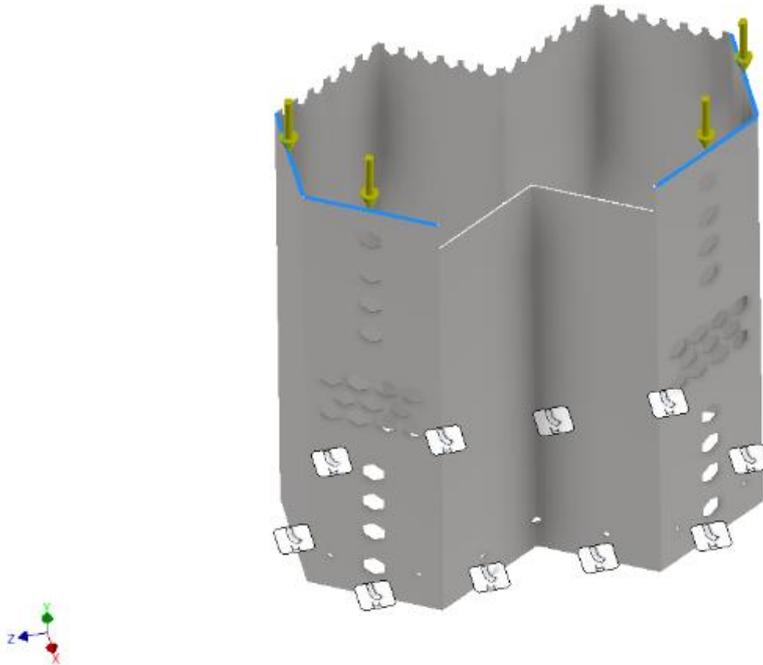
Se puede apreciar en los resultados, que el elemento tendrá un desplazamiento máximo de 0.68 milímetros, y un factor de seguridad mínimo de 4.91 unidades, valor que al superar el deseado de 1.3, nos asegura que el elemento no fallará.

### ***Paredes del Módulo***

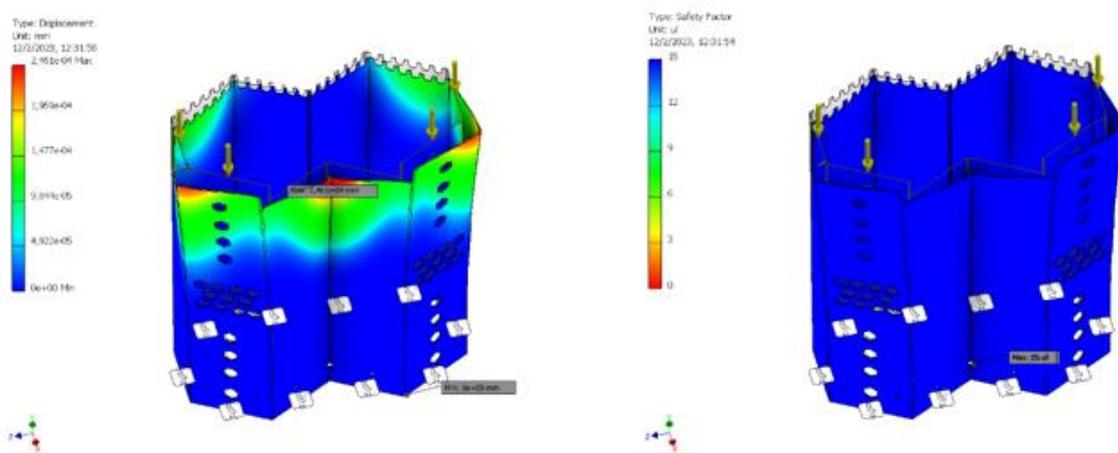
Todo el módulo frontal estará cubierto por una plancha doblada en forma de dos hexágonos, dispuesta de forma vertical, esta se asentará en la base del módulo y en la parte superior estará cubierta por la tapa de este, estará soportando el peso en la etapa superior y agregado la raspberry con su pantalla screen touch, equivalente a 9,8 Newtons.

**Figura 92**

*Fuerzas aplicadas en las paredes del módulo*

**Figura 93**

*Análisis de estrés en las paredes del módulo*



**Tabla 46***Análisis de estrés realizado en las paredes del módulo*

<b>Nombre</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Volumen</b>	212851 mm <sup>3</sup>	
<b>Masa</b>	1,70281 kg	
<b>Estrés de Von Mises</b>	0,00000224045 MPa	0,171353 MPa
<b>1er esfuerzo principal</b>	-0,0402288 MPa	0,154616 MPa
<b>3er esfuerzo principal</b>	-0,178767 MPa	0,00846627 MPa
<b>Desplazamiento</b>	0 mm	0,000246091 mm
<b>Factor de seguridad</b>	15 ul	15 ul
<b>Desplazamiento X</b>	-0,000000795141 mm	0,000245423 mm
<b>Desplazamiento Y</b>	-0,0000771323 mm	0,0000183953 mm
<b>Desplazamiento Z</b>	-0,000157582 mm	0,000157169 mm

Se obtiene de los datos resultantes que la pieza sufrirá un desplazamiento máximo de 0.000246 mm, y tendrá un factor de seguridad de 15 unidades, dicho valor ratifica que la pieza no fallará ante las situaciones de estrés que será sometida al estar integrada en el ensamble general

En los resultados generados del análisis de estrés de todas las piezas del módulo frontal, se pudo apreciar que el factor de seguridad obtenido sobrepasa con creces el factor recomendado de 1,3 , fenómeno que en términos de ingeniería se debería solucionar sustituyendo la plancha por una más delgada, sin embargo al tener a disponibilidad únicamente tres medidas de grosor de láminas, y estar utilizando ya la de menor grosor disponible, se considera aceptables los factores de seguridad obtenidos, y si confirma como material final para la construcción del módulo frontal, la lámina de un milímetro de grosor.

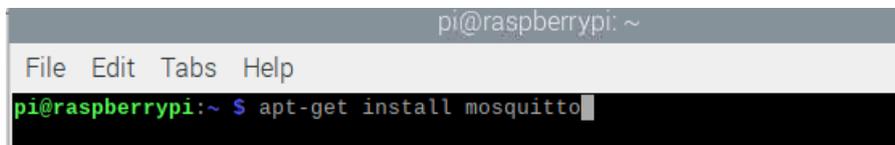
## Desarrollo de protocolo de comunicación

Previamente se ha establecido al protocolo MQTT como protocolo de comunicación del proyecto, además en base a la evaluación de conceptos realizada anteriormente se ha seleccionado el ordenador monoplaca RaspberryPi.

Previamente a poder utilizar el protocolo MQTT, se debe instalar la librería de mosquitto en la RaspberryPi.

### Figura 94

*Instalación de mosquitto en la RaspberryPi*

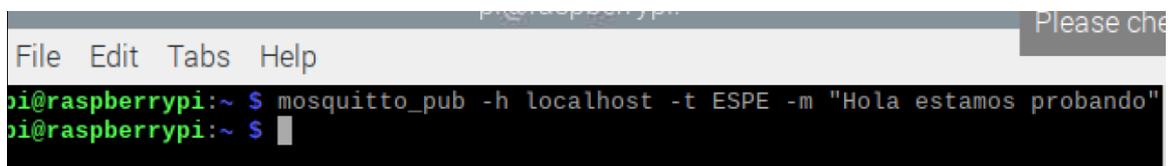


```
pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi:~ $ apt-get install mosquitto
```

Una vez instalado mosquitto se puede probar la comunicación entre suscriptor y publicador. Para poder enviar un mensaje se hace uso de mosquitto\_pub, mientras que para recibir un mensaje se hace uso de mosquitto\_sub. En ambos casos, se debe declarar el mismo Host y asegurarse que el suscriptor esté suscrito al tópic correcto, caso contrario no recibirá ningún mensaje.

### Figura 95

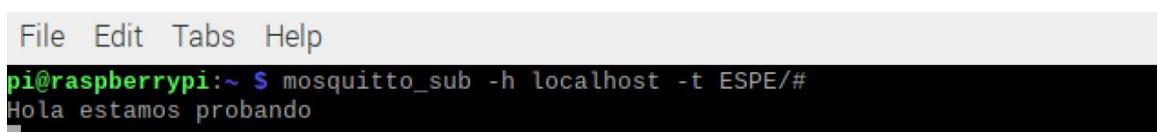
*Mensaje enviado por el publicador*



```
pi@raspberrypi:~ $ mosquitto_pub -h localhost -t ESPE -m "Hola estamos probando"
pi@raspberrypi:~ $
```

### Figura 96

*Mensaje recibido por el suscriptor*



```
pi@raspberrypi:~ $ mosquitto_sub -h localhost -t ESPE/#
Hola estamos probando
```

Bajo este mismo proceso, se desarrolla la suscripción y suscripción entre los diversos archivos de Python. De igual manera, para poder establecer la comunicación entre Python y JavaScript, debemos establecer los tópicos, el Host y el puerto necesario. Para el proyecto, el host es el localhost propio de RaspberryPi, mientras que el tópico principal es Roboshot y el puerto declarado es el 1883.

### Figura 97

*Tópico en programas de python*

```
# global vars
MainTopic = "Roboshot/Hardware/"
MQTTIP = "localhost"
MQTTPORT = 1883
```

Cabe recalcar, que el tópico principal para la comunicación entre la Web App y el programa desarrollado en Python es el de Roboshot/#, tópico al cual debe suscribirse la Web App para poder desarrollar los cócteles.

### Diseño y programación de Web App

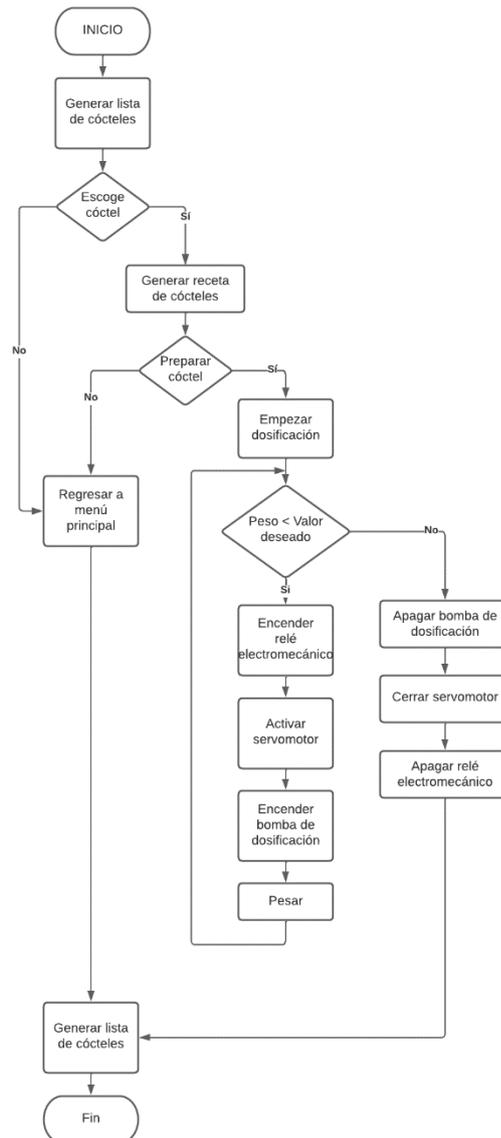
Para el diseño de la Web App se establece como objetivo principal el lograr que el prototipo desarrollado permita al usuario tener una interacción simple, pero a la vez entretenida con la máquina de dosificación. Por tal motivo, el desarrollo de la Web App se realizó mediante el uso de tres lenguajes de programación para el desarrollo del Front end, siendo estos HTML, JavaScript y CSS.

La solicitud principal de la empresa fue que la Web App sea de uso sencillo, con el fin de que cualquier persona sea capaz de servirse su propio cóctel y que los usuarios encargados puedan mantener el control de las bebidas de una manera eficaz y simple. Tomando en cuenta estos aspectos, para empezar con el desarrollo de la Web App se estableció un Mockup, dentro del cual se establecen las pestañas de inicio, selección de cócteles, preparación de cócteles y configuración, pestaña en la que se ingresa la cantidad de alcohol disponible por cada bebida previamente establecida.

Previo a la programación del frontend de la Web App resulta importante definir el diagrama de flujo para la dosificación de los cócteles. Primero en base al mensaje recibido dentro del protocolo MQTT, se establece la generación de las recetas y lista de cócteles.

**Figura 98**

*Diagrama de flujo del sistema*



Como se puede apreciar en el diagrama de flujo, la primera solicitud es la generación de la lista de cócteles disponibles, una vez ahí se debe escoger el cóctel y se genera la receta definida de cada cóctel. Si es que el usuario desea que se prepare el cóctel

se empieza con la dosificación, caso contrario se regresa al menú principal en el cual se tendrá la lista de cócteles disponibles.

Por otro lado, si es que el usuario ha escogido un cóctel a realizar, su preparación se realiza mediante la comparativa de peso menor que peso deseado. Si es que el peso del vaso es menor que el peso deseado se abre el servomotor deseado y se empieza con la dosificación, en el caso de que el peso sea mayor al deseado la dosificación se detiene, el servomotor se cierra y se regresa a la ventana de inicio en la cual se despliega la lista de ingredientes.

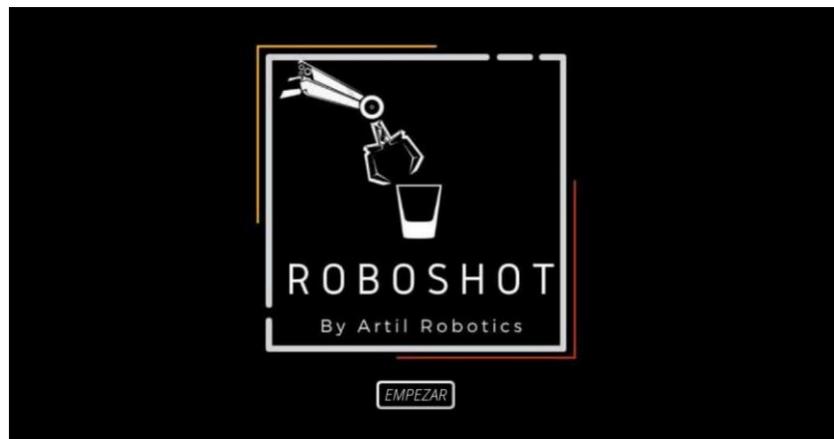
Adicionalmente, se puede establecer configuraciones deseadas para la limpieza de mangueras o del depósito ubicado en la parte inferior del punto de dosificación. Estas configuraciones son las de abrir servos, cerrar servos y de drenar líquido. El diagrama de flujo detalla el proceso que se seguiría para cada una de estas funciones y de igual manera para cada acción en la cual se reciba mensajes mediante MQTT.

### Figura 99

*Funcionamiento mediante MQTT*



Una vez establecido de manera correcta el funcionamiento del sistema se procede a diseñar el frontend de la Web App, de esta manera se tiene que, en la primera pestaña de inicio prácticamente corresponde tan solo una pestaña de ingreso, en la cual la única acción será ingresar. Esta, se muestra en la siguiente figura.

**Figura 100***Menú principal de la WebApp*

Como siguiente, se establece la pestaña de selección de cócteles. En esta pestaña se debe brindar al usuario la información de aquellos cócteles disponibles, su nombre e imagen con el fin de que el usuario aprecie de mejor manera el cóctel que desea.

**Figura 101***Lista de cócteles disponibles*

Esta lista de bebidas disponibles se construye en base a un archivo JSON el cual es obtenido de la siguiente manera, al iniciarse la WebApp se envía un mensaje al controlador mediante MQTT con el fin de obtener las bebidas establecidas, dentro de este archivo

JSON se incluyen el nombre de la bebida, los ingredientes y la cantidad y por último una imagen tipo PNG la cual es la que se muestra encima del nombre de cada uno de los cócteles.

Para la preparación de cócteles con el fin de que la Web App sea más simple se planteó el uso de pestañas modales, es decir pestañas que se despliegan brindando cierta información, dentro de estos modales se detalla los ingredientes, la cantidad en mililitros, el nombre y una imagen del cóctel que se desea preparar. Su configuración es muy intuitiva, pues solo posee dos botones el uno para regresar al menú principal y el otro para empezar con la dosificación del cóctel.

### Figura 102

*Información de los cócteles a prepararse*



Cabe destacar que, en caso de que algún ingrediente de la receta necesite más cantidad de alcohol de lo que se encuentra disponible el modal indicará un mensaje de alarma, en el cual se detalla que no se puede realizar el cóctel y que se ponga en contacto con las personas encargadas del restaurante.

**Figura 103***Alarma en los cócteles*

Dentro del menú principal se incluye de igual manera la opción de configuración, esta es creada en específico para el mantenimiento de la máquina y control de las bebidas.

**Figura 104***Pantalla de configuración*

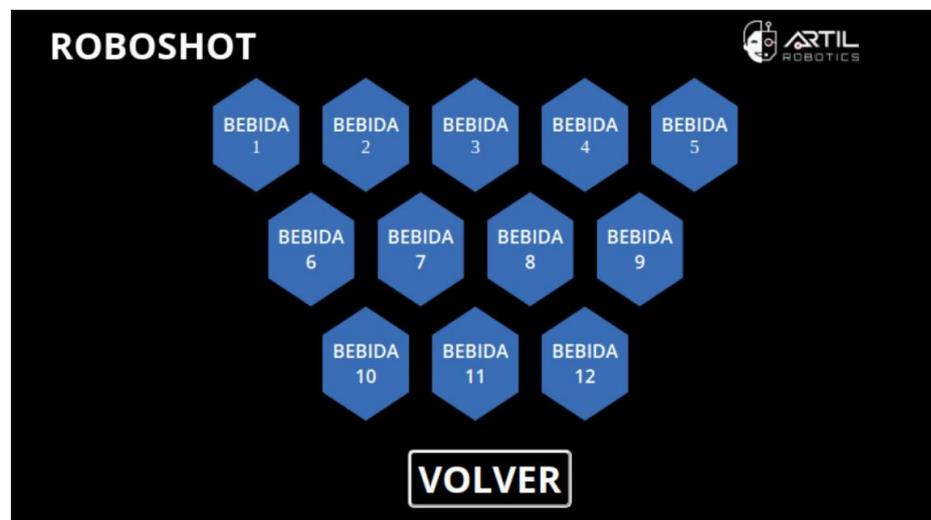
De la Figura 104 se detalla el funcionamiento y finalidad de cada opción:

- **Refrescar:** Se usa para refrescar la WebApp en caso de que exista algún problema.

- **Inf. Cantidad:** Redirige al usuario a una nueva pestaña dentro de la cual realiza la recarga de las bebidas. En esta pestaña, el usuario puede apreciar las bebidas de la misma manera en que se encuentran distribuidas en el prototipo, aquí se debe ingresar los valores iniciales de cantidad de mililitros que posee cada botella de alcohol, pues sin esto la dosificación es imposible ya que en el caso de que no se haya ingresado ningún valor inicial de las bebidas la alarma previamente mencionada indicará que los cócteles no pueden ser preparados.

**Figura 105**

*Ingreso de volumen inicial de las bebidas*



Para el ingreso de la cantidad de alcohol que existe en cada una de las botellas se crea un pad, esto debido a que la pantalla táctil es la única forma mediante la cual se pueden ingresar datos. De esta manera, se introduce la cantidad en alcohol en ml y se da click en aceptar.

**Figura 106**

*Pad para el ingreso de volumen inicial*

- **Inf. Bebidas:** Esta opción dirige al usuario a otra pestaña, en la cual obtiene información de todos los aspectos de la bebida, es decir aquí se indica la cantidad de volumen inicial ingresado, el volumen actual y el consumo total que ha tenido esa bebida durante el transcurso del día.
- **Abrir servos:** Permite al usuario abrir todas las válvulas, con el fin de realizar la limpieza de las mangueras.
- **Cerrar servos:** Una vez se hayan limpiado cada una de las mangueras, el usuario debe cerrar los servomotores para poder utilizar nuevamente el sistema de dosificación.
- **Drenado:** Esta opción permite al usuario activar de manera voluntaria la bomba de drenado ubicada en la parte inferior del sistema de dosificación.

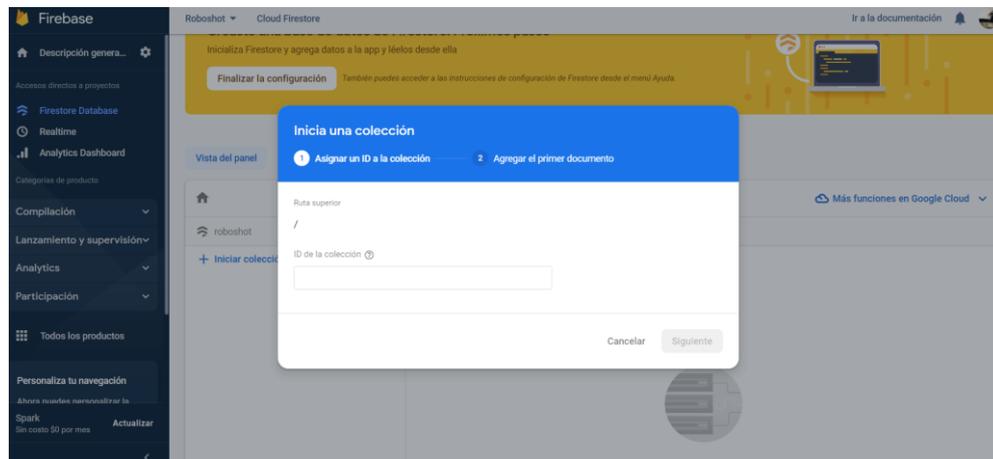
Como se puede apreciar, la WebApp es sencilla e intuitiva, estas pestañas aparecen tanto si se usa el sistema desde una pantalla touchscreen conectada directamente a la RaspberryPi o si es que se usa desde un dispositivo móvil. Por requerimiento de la empresa se solicitó que pueda manejarse desde un dispositivo móvil, puesto que dentro del restaurante MMWings cada una de las tablets posee acceso a una red privada, es de esta

manera que al igual que realizan los pedidos de la comida, mediante el acceso a esta red pueden realizar el pedido de distintos tipos de cócteles.

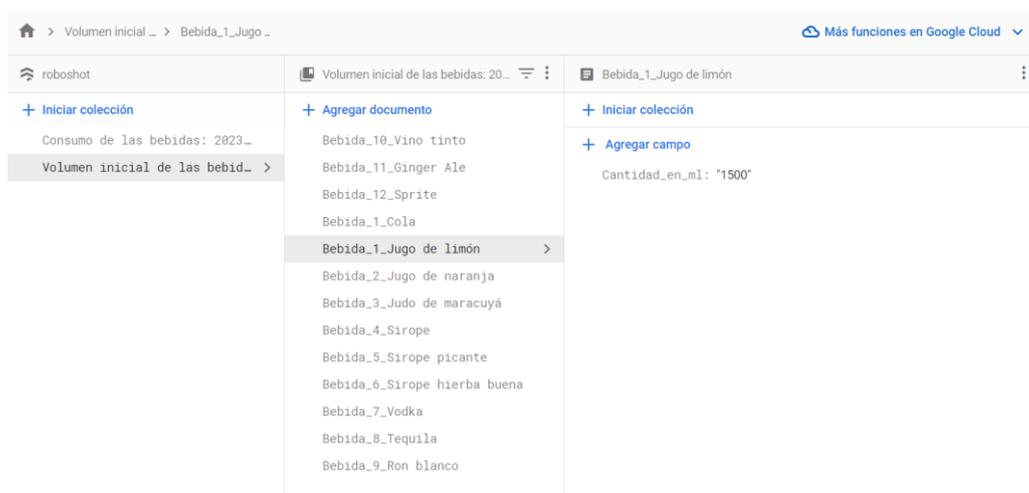
### **Almacenamiento local y en la nube**

Otro requerimiento establecido por parte de la empresa fue el registro de consumo. De esta manera se parte con el almacenamiento local en la propia página, este resulta de suma importancia, pues al existir la posibilidad de que exista problemas con la red, el registro no se vería afectado, pues se encontraría dentro del local storage propio de la Web. Aquí, se almacenan primeramente cada uno de los nombres de las bebidas que existen para la dosificación de cócteles, una vez logrado esto se establecen los volúmenes iniciales y actuales de las bebidas y como último, se almacena el consumo, es decir, el valor de alcohol dosificado por cada una de las botellas. Gracias a las ventajas del local storage se puede manipular estas variables dependiendo las diferentes necesidades que se presenten, obteniendo valores y colocándolos en las variables respectivas, como se muestra en la siguiente figura.

Una vez, establecido el almacenamiento local, como siguiente paso se encuentra el almacenar estos datos en la nube. Para esto, como se definió previamente en la selección de conceptos, los datos serán almacenados en Firebase. El almacenamiento en Firebase se establece en un registro, dentro del cual se crea una base de datos. Es aquí, que mediante ID y rutas se va almacenando las distintas variables, como se muestra en la Figura 107.

**Figura 107***Ingreso de datos manualmente en Firebase*

Dentro de Firebase se tendrá el registro de tres variables, las cuales son el volumen inicial ingresado en diferentes momentos del día, la cantidad de recargas que se ha hecho de cada una de las botellas en el día y por último el consumo total diario de cada una de las botellas.

**Figura 108***Registro de consumo en Firebase*

Este consumo total diario de cada una de las botellas fue un requisito previamente establecido por la empresa. De esta manera, el propietario puede tener control sobre la

cantidad de alcohol que pueda necesitar cada día y, sobre todo, establecer un control sobre sus ingresos, pues posee un registro de la cantidad exacta de consumo.

## **Construcción del sistema automático de dosificación de cócteles**

### ***Estructura mecánica del sistema***

La construcción del sistema mecánico inicia con el corte de todas las piezas previamente diseñadas en el Software Autodesk Inventor, haciendo uso de la opción de chapa metálica, en una cortadora plasma CNC.

Una vez realizado el proceso de corte CNC, todas las piezas proceden a ser dobladas y ensambladas como se muestra en la Figura 109.

### **Figura 109**

#### ***Soldadura del módulo frontal de la estructura***



Cabe destacar que todo este proceso de soldadura se realizó mediante soldadura TIG, debido a que es adecuada para soldar aceros de alta calidad y de alta resistencia, permitiendo una mayor precisión y control en la soldadura.

Posterior a eso, toda la estructura de almacenamiento de las botellas y la estructura dentro de la cual se colocarán todos los componentes electrónicos son unidas mediante la utilización de pernos, el motivo por el cual se decide que sean dos piezas totalmente separadas es porque su transporte debe ser sencillo, asegurándolo de esta manera. Toda la estructura mecánica se muestra en la Figura 110.

### **Figura 110**

*Estructura mecánica final*



### **Construcción de sistema electrónico**

La construcción del sistema electrónico se refiere específicamente a la construcción de la PCB

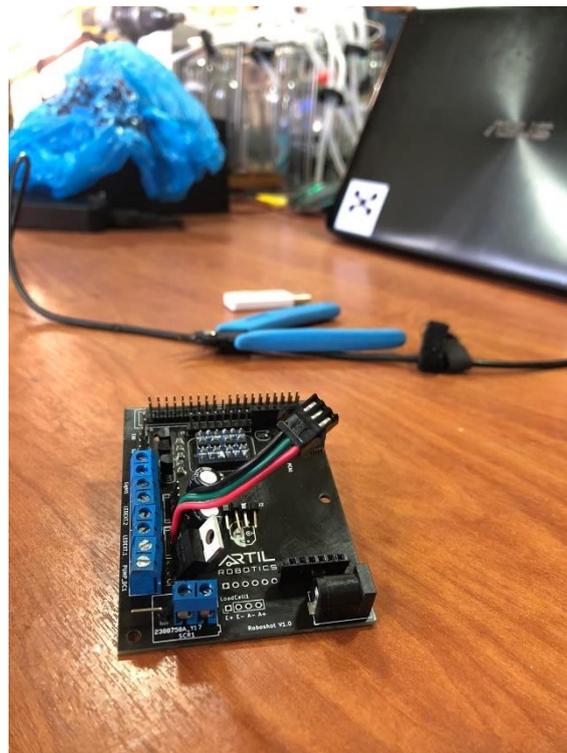
Es de esta manera que, para poder elaborar la placa PCB se debe exportar y enviar los archivos Gerber a la empresa PCBWay, empresa internacional encargada de la elaboración de PCB. Al momento en que la empresa ha terminado de realizar la PCB la envía al país sin ningún componente electrónico soldado, esto por pedido de los

desarrolladores del proyecto, quienes una vez hayan recibido la PCB serán los encargados de colocar y soldar cada uno de los componentes electrónicos.

Finalmente, la PCB con todos los elementos electrónicos soldados se muestra en la Figura 111.

### **Figura 111**

*PCB con los componentes*



### **Instalación del sistema de dosificación**

El punto más importante es la correcta instalación del sistema de dosificación, para ello en base al diseño mecánico previamente realizado se coloca todos los actuadores en conjunto con la PCB dentro de una plancha de acrílico de 3mm, tal como se muestra en la figura

**Figura 112**

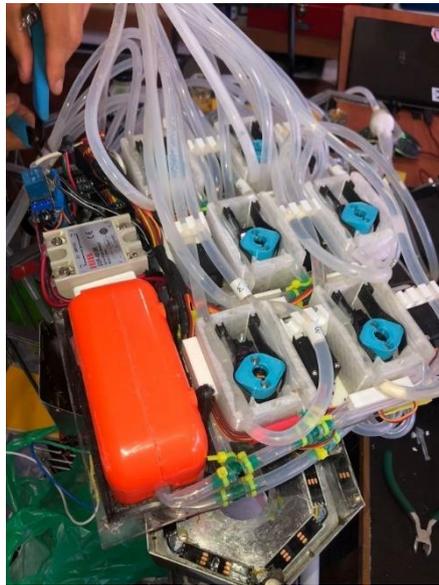
*Montaje de los elementos en la plancha de acrílico*



Una vez todos los actuadores han sido colocados sobre la plancha de acrílico, se realiza la ubicación de las mangueras, para poder realizar esto, la distribución de mangueras fue previamente realizada mediante la opción de elaboración de rutas en el Software Autodesk Inventor. Resulta de suma importancia colocar las mangueras tal y como se lo realizó dentro del Software Inventor, pues todos los espacios diseñados fueron realizados en base a que las mangueras no sufran ningún tipo de deformidad al momento de ser implementadas. La parte frontal del panel de distribución se puede observar en la Figura 113, en la cual se puede apreciar de igual manera la PCB, el relé de estado sólido y la bomba de dosificación en conjunto con las mangueras y servomotores.

**Figura 113**

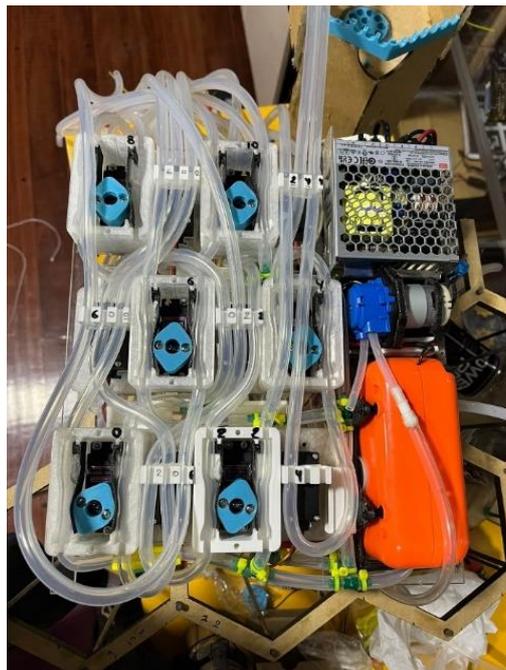
*Elementos en la parte frontal*



Por otro lado, en la Figura 114 se puede apreciar la parte posterior del tablero de distribución en el cual se encuentran los actuadores, la bomba de drenado y la fuente de alimentación.

**Figura 114**

*Elementos en la parte posterior*



Para poder ejecutar el censado se ha ubicado la galga extensiométrica en la parte inferior anexada a una impresión 3D y a una lámina de acero de 1 milímetro, sobre esta se depositará el vaso para la dosificación.

### **Figura 115**

*Punto de dosificación de los cócteles*



A continuación, se procede a introducir el tablero de distribución dentro del módulo frontal, distribuyendo las mangueras tanto para la parte posterior donde se anexarán a las botellas, como para la parte frontal para suministrar el líquido extraído en el vaso.

**Figura 116**

*Tablero de distribución de elementos*



Finalmente, el módulo frontal se cubre con la tapa superior, y sobre la cual se anexa la raspberry pi con la pantalla touchscreen.

**Figura 117**

*Estructura final*



Cabe mencionar que se agregaron leds distribuidos estratégicamente por toda la máquina con fines estéticos, bajo una solicitud extraoficial del restaurante MMwings.

## Capítulo IV

### Implementación, pruebas y resultados

En este capítulo se contempla la implementación del sistema automática de dosificación de cócteles, integrando la funcionalidad mecánica en conjunto con el sistema electrónico y de control, a su vez logrando establecer un registro de consumo centralizado de manera local y en la nube. Es de esta manera que, se dispone la realización de diversas pruebas del sistema y subsistemas con el fin de corroborar su correcto funcionamiento.

#### Implementación del sistema automático de dosificación de cócteles

El restaurante MMwings cuenta con una sección de coctelería en la que se ha instalado la máquina, dicho lugar esta abastecido de las botellas que se vincularan al dispositivo, mismo que se ejecutará continuamente como un soporte para los meseros en horas pico.

#### Figura 118

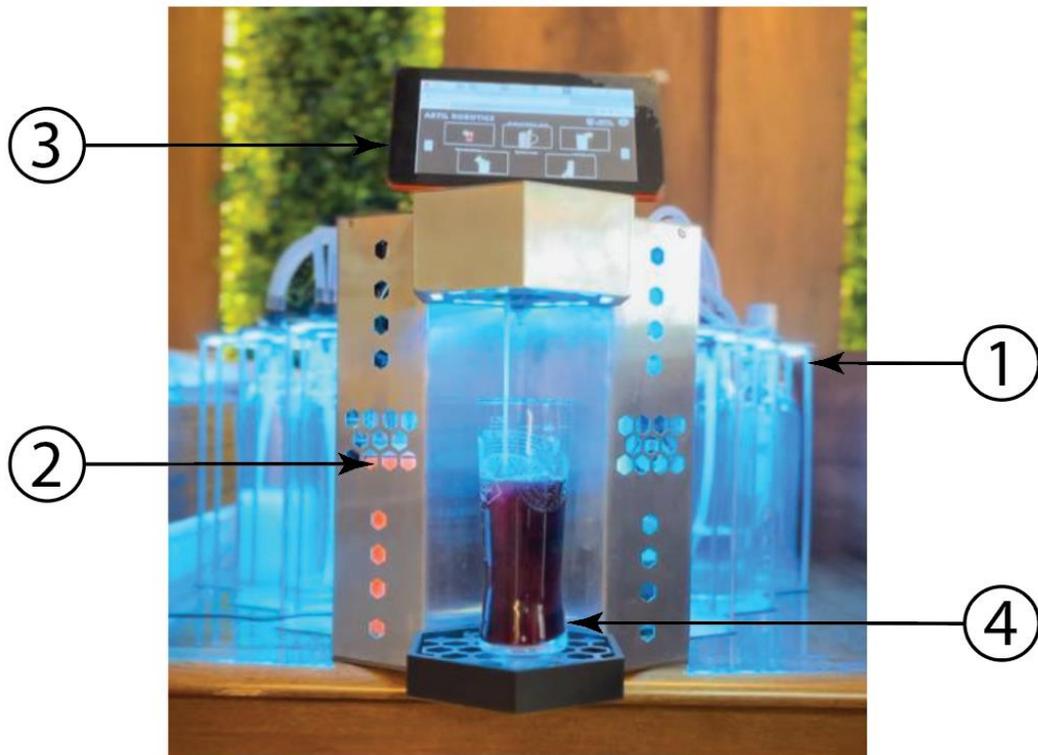
*Sistema instalado en el restaurante MMWings*



La Figura 119 indica cada una de las partes que conforman el sistema automático de dosificación de cócteles.

**Figura 119**

*Partes del sistema de dosificación*



Donde:

- 1) Almacenamiento de botellas
- 2) Sistema de dosificación
- 3) Panel local de Control
- 4) Punto de dosificación de la bebida

### **Pruebas de funcionamiento y resultados**

Las siguientes pruebas se enfocan en comprobar el correcto funcionamiento del sistema automático de dosificación de cócteles, enfocándose principalmente en la calidad de los cócteles, la precisión de dosificación, tiempo de dosificación, funcionamiento de la Web App y el correcto registro de consumo.

**Prueba de dosificación**

Esta prueba es realizada con el fin de verificar la efectividad del sistema de dosificación con respecto a la cantidad de mililitros de alcohol deseada en contraste con la cantidad de mililitros dosificada u obtenida. Para ello, la dosificación de las bebidas será verificada en base a cuatro medidas estándares de dosificación incluidas en las recetas proporcionadas por la empresa, las cuales son de 1,2,3 y 4 onzas equivalentes a 30,60,90 y 120mililitros respectivamente.

**Tabla 47***Pruebas de dosificación*

<b>N° de Prueba</b>	<b>30 ml</b>	<b>60 ml</b>	<b>90 ml</b>	<b>120 ml</b>
<b>1</b>	29	60	89	122
<b>2</b>	30	59	93	118
<b>3</b>	30	61	91	121
<b>4</b>	29	58	88	121
<b>5</b>	33	61	89	122
<b>6</b>	30	57	91	122
<b>7</b>	30	60	91	120
<b>8</b>	30	61	90	120
<b>09</b>	31	58	90	120
<b>10</b>	30	61	88	118
<b>11</b>	30	61	91	121
<b>12</b>	29	60	92	119
<b>13</b>	31	59	88	121
<b>14</b>	29	58	89	119
<b>15</b>	30	58	90	119
<b>16</b>	29	61	91	120
<b>17</b>	30	60	91	120

<b>N° de Prueba</b>	<b>30 ml</b>	<b>60 ml</b>	<b>90 ml</b>	<b>120 ml</b>
<b>18</b>	30	60	91	122
<b>19</b>	29	59	89	119
<b>20</b>	29	59	89	120
<b>21</b>	29	60	88	121
<b>22</b>	30	60	90	120
<b>23</b>	27	58	90	118
<b>24</b>	30	60	89	122
<b>25</b>	29	59	90	120
<b>Porcentaje de eficacia</b>	97 %	98,3 %	98,78 %	99,31 %
<b>Erro en ml</b>	0,7 ml	1,02 ml	1,1 ml	0,83 ml

Como se puede apreciar en la Tabla 47 el porcentaje de eficacia disminuye al aumentar la cantidad dosificada, esto debido a que si es menor la cantidad dosificada el error resultará más alto a pesar de ser el mismo, por tal motivo, resulta importante tomar en cuenta el error en mililitros resultado de cada prueba. El promedio de error entre las cuatro pruebas tomadas se obtendría de la siguiente manera:

$$Prom = \frac{(0,7 + 1,02 + 1,1 + 0,83) ml}{4}$$

$$Prom = 0,9125 ml$$

Como se puede apreciar, el error promedio obtenido es menor a 1 ml, logrando de esta manera uno de los objetivos el cual es el de mejorar la precisión de la cantidad de líquido dosificado.

**Prueba de tiempo de dosificación**

Con el fin de comparar si la máquina de dosificación permite disminuir el tiempo de dosificación de cada cóctel se realizaron pruebas del tiempo de dosificación de los once cócteles establecidos en el restaurante MM Wings.

**Tabla 48***Pruebas de tiempo de dosificación*

<b>N° de prueba</b>	<b>Cóctel preparado</b>	<b>Tiempo total de dosificación manual (segundos)</b>	<b>Tiempo total de dosificación automático (segundos)</b>
1	Mojito de limón	91	42
2	Mojito de maracuyá	93	46
3	Daiquiri de limón	80	42
4	Daiquiri de maracuyá	90	43
5	Margarita de limón	86	35
6	Margarita de maracuyá	74	36
7	Tinto de verano	120	55
8	Moscow mule	105	58
9	Tequila mule	115	60
10	Margarita de jalapeño light	117	40
11	Margarita de jalapeño médium	100	40
12	Vodka de verano	74	44

### **Prueba de sabor**

Como es fundamental, el sabor de los cócteles es uno de los puntos más importantes a analizar. Para la evaluación se plantea una escala de evaluación cualitativa para el sabor de los cócteles, esta se define según los siguientes parámetros:

- Malo 33%: El sabor de los cócteles es completamente distinto al elaborado por un bartender,
- Bueno 66%: El sabor del cóctel es similar al elaborado por un bartender.
- Excelente 100%: El sabor del cóctel supera en calidad a uno elaborado por un bartender.

**Tabla 49**

#### *Pruebas de sabor*

<b>N° de prueba</b>	<b>Cóctel preparado</b>	<b>Calidad de cóctel</b>
1	Mojito de limón	Bueno
2	Mojito de maracuyá	Bueno
3	Daiquiri de limón	Bueno
4	Margarita de limón	Excelente
5	Margarita de maracuyá	Bueno
6	Tinto de verano	Excelente
7	Moscow mule	Excelente
8	Tequila mule	Excelente
9	Margarita de jalapeño light	Bueno
10	Margarita de jalapeño medium	Bueno
11	Vodka de verano	Excelente
<b>Porcentaje de eficacia</b>		<b>81,45 %</b>

*Nota.* El porcentaje de eficacia se calculó valorando la equivalencia del texto acorde a la escala de evaluación y cuantificando la media.

Cabe aclarar que dentro de los requerimientos de MMWings se establecía la mejora del sabor de los cócteles, esto en gran parte se logra a que las medidas son casi perfectas, al existir un error máximo de 1 ml por onza de cóctel dosificada, lo que trae consigo un sabor de cóctel superior al elaborado por un bartender tal y como se aprecia en la Tabla 49 en la cual se obtiene un porcentaje de eficacia del 81,45%, que basándose en la escala de evaluación previamente indicada tiene como conclusión que el sabor es mejor.

### ***Pruebas de conectividad***

Las siguientes pruebas se realizan con el fin de verificar la efectividad de la conexión de la Web App con el sistema de dosificación, comprobar que no exista errores en la elaboración de cócteles o en las opciones de mantenimiento previamente mencionadas. Para ello, se realiza el pedido de diferentes cócteles y verifica que los cócteles solicitados sean los preparados, además de enviar distintos de mensaje para el mantenimiento de la máquina. Es de esta manera que, se asigna dos variables de calificación las cuales son BUENO o MALO, indicando que el cóctel solicitado fue el preparado o no, o que la acción solicitada fue realizada o no.

**Tabla 50**

### *Pruebas de conectividad*

<b>N° de Prueba</b>	<b>Acción</b>	<b>Evaluación de la recepción</b>
1	Preparar cóctel	BUENO
2	Preparar cóctel	BUENO
3	Preparar cóctel	BUENO
4	Preparar cóctel	BUENO
5	Preparar cóctel	BUENO
6	Preparar cóctel	BUENO
7	Preparar cóctel	BUENO
8	Preparar cóctel	BUENO
9	Preparar cóctel	BUENO

<b>N° de Prueba</b>	<b>Acción</b>	<b>Evaluación de la recepción</b>
10	Preparar cóctel	BUENO
11	Preparar cóctel	BUENO
12	Abrir servos	BUENO
13	Cerrar servos	BUENO
14	Limpieza	BUENO
15	Abrir servos	BUENO
16	Cerrar servos	BUENO
17	Limpieza	BUENO
18	Abrir servos	BUENO
19	Cerrar servos	BUENO
20	Limpieza	BUENO
<b>Porcentaje de aciertos</b>		100 %

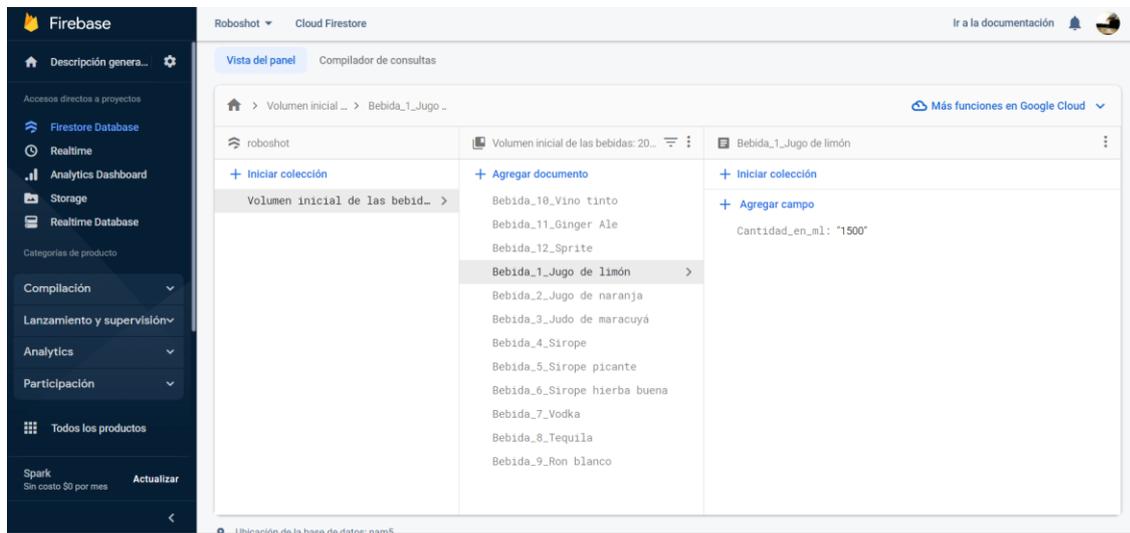
El resultado de las pruebas de la Tabla 50 demuestra la fiabilidad del diseño de la WebApp, al tener un 100% de efectividad en todas las acciones solicitadas y realizadas.

### ***Pruebas de monitoreo de registro de consumo en Firebase***

Se comprobó que todos los volúmenes iniciales son actualizados de manera inmediata en Firebase, siendo ingresados en un ID con la fecha en la cual se realiza la recarga. Por otro lado, el registro de consumo de igual manera se realiza de manera inmediata una vez se haya culminado la dosificación ingresándose estos datos en ID con la fecha de día en el cual se realiza el consumo. El registro de volumen inicial se puede apreciar en la Figura 120, mientras que en la Figura 121 se muestra el registro de consumo diario.

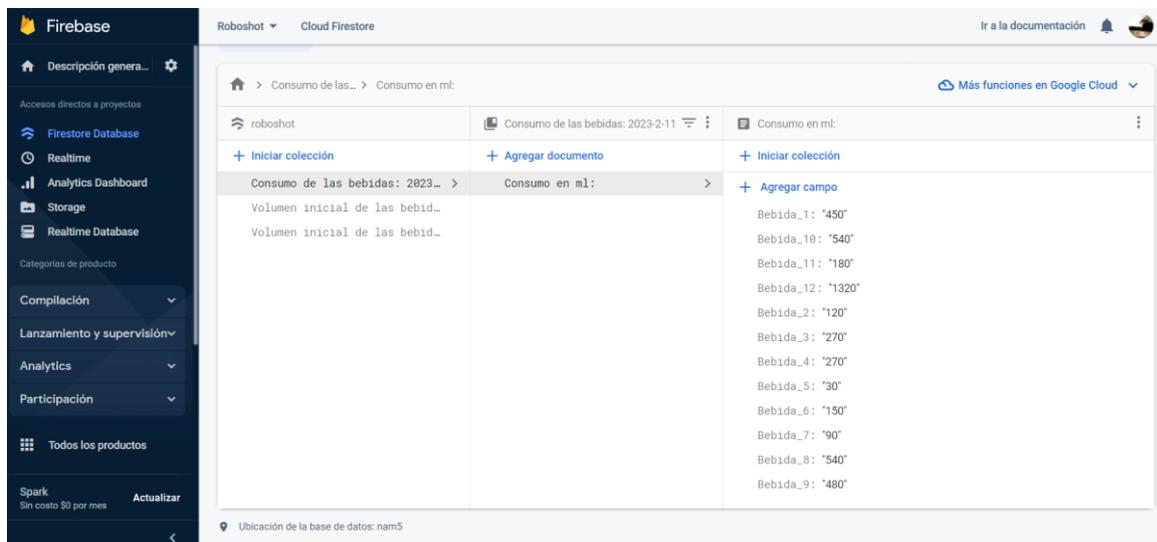
**Figura 120**

*Almacenamiento de volúmenes iniciales de las bebidas*



**Figura 121**

*Registro de consumo diario de cada botella*



## Validación de la hipótesis

La hipótesis planteada en un inicio establece:

¿El sistema automatizado para la elaboración de cócteles reducirá el tiempo de preparación hasta en un 50% cumpliendo con la dosificación establecida en el menú para cada uno de los cócteles en el restaurante MM Wings de la ciudad de Quito?

Entonces podemos dividir la validación en dos aspectos importantes:

- La reducción del tiempo de preparación
- La correcta dosificación de los cocteles

### ***La reducción del tiempo de preparación***

Para comparar los 2 tiempos de dosificación, se utilizará una prueba t de student, con la que determinaremos si existe una diferencia significativa entre estos datos, planteando una hipótesis nula y una hipótesis alternativa de la siguiente manera:

- H0: La media del tiempo de elaboración de un coctel realizado por la máquina es igual a la media del tiempo de elaboración de un coctel realizado por un mesero común del restaurante MMWings.
- Ha: La media del tiempo de elaboración de un coctel realizado por la máquina es diferente en al menos un 50% a la media del tiempo de elaboración de un coctel realizado por un mesero común del restaurante MMWings.

Se procede a tabular los datos de la tabla en Excel para generar el test -t arrojándose lo siguientes resultados:

**Tabla 51**

*Tabulación de datos*

	<b><i>Variable 1</i></b>	<b><i>Variable 2</i></b>
Media	95,41666667	45,08333333
Varianza	260,4469697	68,08333333
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0,620968756	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	13,65056917	
P(T<=t) una cola	1,53059E-08	
Valor crítico de t (una cola)	1,795884819	
P(T<=t) dos colas	3,06118E-08	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20098516	

Tras analizar que el valor  $t$  es de 13,65, y se encuentra fuera de los límites del valor  $t$  crítico, es decir no está entre 2,2 y -2,2, por ello se rechaza nuestra hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alternativa, destacándose que la relación entre los promedios del tiempo de dosificación automático y el tiempo de dosificación manual es de 52,32 % tal y como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 52***Análisis de datos*

N° de prueba	Cóctel preparado	Tiempo total de dosificación manual (segundos)	Tiempo total de dosificación automático (segundos)	DIFERENCIA PORCENTUAL
1	Mojito de limón	91	42	53,84615385
2	Mojito de maracuyá	93	46	50,53763441
3	Daiquiri de limón	80	42	47,5
4	Daiquiri de maracuyá	90	43	52,22222222
5	Margarita de limón	86	35	59,30232558
6	Margarita de maracuyá	74	36	51,35135135
7	Tinto de verano	120	55	54,16666667
8	Moscow mule	105	58	44,76190476
9	Tequila mule	115	60	47,82608696
10	Margarita de jalapeño light	117	40	65,81196581
11	Margarita de jalapeño médium	100	40	60
12	Vodka de verano	74	44	40,54054054
Promedio				52,32223768

***Dosificación de los cocteles***

De los datos obtenidos en la Tabla 47, se obtuvo un error promedio de 0,9125 ml, el mismo que se considera dentro de los rangos de error aceptados por la política del restaurante, quien tolera un error de hasta 15 ml en sus meseros.

Se concluye que la máquina cumple con la hipótesis planteada, al reducir el tiempo de elaboración de un coctel en un 52,32 % cumpliendo con las cantidades de dosificación establecida por el restaurante MMwings con un error promedio de 0,9125 ml.

### **Análisis de costos para el sistema automático de dosificación de cócteles**

#### **Costos directos**

La Tabla 53 presenta el análisis económico que conllevó la fabricación del sistema, en el cual se incluyen los costos de materiales tanto electrónicos como mecánicos, los cuales fueron adquiridos a nivel nacional e internacional, incluyendo de igual manera costos de manufactura tanto mecánicos enfocándose principalmente en la estructura mecánica y costos electrónicos haciendo enfoque a la fabricación de las PCB.

**Tabla 53**

#### *Costos directos*

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
RaspberryPi 3	1	\$ 109,95	\$ 109,95
PCA9685	1	\$ 14,95	\$ 14,95
Relé 5V	1	\$ 1,00	\$ 1,00
Transistor 2n2222a	3	\$ 0,10	\$ 0,30
Logic Level Shifter	1	\$ 3,50	\$ 3,50
Led Strip WS2812B	1	\$ 82,95	\$ 82,95
Resistencias SMD 0805	6	\$ 1,00	\$ 6,00
Pulsador	1	\$ 3,00	\$ 3,00
Capacitores 1000 uf	2	\$0,50	\$1,00
Módulo HX711	1	\$ 6,50	\$ 6,50
Celda de carga	1	\$ 4,00	\$ 4,00
Espadines macho 40 pines	3	\$ 3,50	\$ 10,50
Borneras	5	\$ 1,00	\$ 5,00

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Conector Jack DC	1	\$ 0,50	\$ 0,50
Manguera 3/16" ID X 5/16" OD	2	\$ 16,79	\$ 33,58
Uniones T 3/16"	2	\$ 8,99	\$ 17,98
Conector IDC	1	\$ 2,30	\$ 2,30
Fuente de alimentación	1	\$ 20,00	\$20,00
Bomba de dosificación	1	\$ 52,00	\$52,00
Relé de estado sólido	1	\$ 9,00	\$ 9,00
Servomotores	12	\$ 5,25	\$ 63,00
Manufactura mecánica	1	\$ 225	\$ 450
Manufactura electronica	1	\$ 60	\$ 60
<b>TOTAL</b>			<b>\$957,01</b>

### **Costos indirectos**

Dentro de los costos indirectos se detallan aquellos que indirectamente se han relacionado con el proceso de fabricación del sistema automático de dosificación de cócteles.

**Tabla 54**

### *Costos indirectos*

<b>Descripción</b>	<b>Actividad</b>	<b>Costo</b>
Gasolina y viáticos	Movilización	\$ 75,00
Impresiones	Investigación	\$ 10,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 85,00</b>

**Costo total**

Una vez determinado los costos tanto directos como indirectos, se tiene como resultado que el costo total de elaboración del sistema es \$1042,01, tal como se muestra en la Tabla 55. Considerando el hecho de que una vez adquirida la máquina tanto bares y restaurantes disminuirían costos en contratación de bartender, el precio resulta módico al ser una inversión a corto plazo.

**Tabla 55***Costos totales*

<b>Detalle</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Costos Directos	Material y mano de obra	\$ 957,01
Costos Indirectos	Movilización e investigación	\$ 85,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$1042,01</b>

El costo promedio que bordea un sistema de dosificación automático en otros países es totalmente elevado, prácticamente llegando a costar hasta alrededor de dos veces más sin contar el precio de importación, en la Tabla 56 se realiza una comparativa entre las características técnicas que posee un sistema de dosificación de procedencia extranjera y el sistema de dosificación desarrollado.

**Tabla 56***Comparativa Roboshot vs Bartendro*

<b>Características técnicas</b>	<b>Sistema automático de dosificación de cócteles</b>	<b>Sistema automático de dosificación de cócteles</b>
	<b>ROBOSHOT</b>	<b>BARTENDRO</b>
Capacidad de almacenamiento de botellas	12	8
Cócteles mínimos	4	2

Características técnicas	Sistema automático de dosificación de cócteles	Sistema automático de dosificación de cócteles
	ROBOSHOT	BARTENDRO
Cócteles máximos	12	5
Registro de consumo local y en la nube	Si	No
App	Si	Si
Consumo eléctrico medio	10 W	12 W
Dimensiones	(622*313*580) mm	(914,4*609,6*304,8) mm
Procedencia	Ecuador	Estados Unidos
<b>Costo</b>	<b>\$ 1042,01</b>	<b>\$ 3699,99</b>

La figura 120 muestra el sistema Bartendro, el cual basa su funcionamiento en el uso de bombas peristálticas y cantidad de dosificación según el tiempo de activación de cada una de las bombas.

**Figura 122**

*Bartendro*



*Nota.* Sistema de dosificación Bartendro, elaborado por PartyRobotics. Tomado de PartyRobotics por (PartyRobotics, s.f.)

Cabe mencionar que existen diversos modelos alrededor del mundo, diferenciándose principalmente en la forma de dosificación del líquido, de esta manera se tiene como otro ejemplo el sistema de dosificación llamado Barbot. En la Tabla 57 se realiza una comparativa entre las dos opciones.

**Tabla 57**

*Comparativa Roboshot vs Barbot*

Características técnicas	Sistema automático de dosificación de cócteles	Sistema automático de dosificación de cócteles
	ROBOSHOT	BARBOT
Capacidad de almacenamiento de botellas	12	11
Cócteles mínimos	4	3
Cócteles máximos	12	10
Registro de consumo local y en la nube	Si	No
App	Si	Si
Consumo eléctrico medio	10 W	18 W
Dimensiones	(622*313*580) mm	(914,4*609,6*304,8) mm
Procedencia	Ecuador	México
<b>Costo</b>	<b>\$ 1042,01</b>	<b>\$ 2034,13</b>

El sistema Barbot, que se muestra en la Figura 121, al igual que el sistema Bartendro basa su diseño mecánico en una estructura vertical, ocupando un mayor espacio, además de que Barbot tiene como principio la dosificación por gravedad y tiempo, pudiendo de esta manera no garantizar correctamente la dosificación correcta de alcohol, además

que el hecho de que posea un vaso que se mueva entre cada una de las bebidas hacen que la dosificación se vuelva extremadamente lenta.

### Figura 123

*Barbot*



*Nota.* Sistema de dosificación automático de cócteles Barbot. Tomado de (Amazon, s.f.)

Como es posible evidenciar gracias al análisis comparativo realizado, el sistema desarrollado presenta grandes ventajas con respecto a otros sistemas similares realizados en el exterior siendo la gran ventaja a primera obviamente el costo de adquisición. De esta manera, se concluye que el sistema desarrollado cumple con cada uno de los requerimientos solicitados por la empresa, siendo un sistema de bajo costo y de gran efectividad, el cual brindará mucha ayuda a la empresa MMWings.

## Capítulo V

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

- Se implementó un dispositivo dosificador de cócteles para el restaurante MMwings sede Quito, que reduce el tiempo de preparación de coctel hasta en un 52,32 %, cumpliendo las cantidades de dosificación establecida por el restaurante con un error promedio de 0,9125 ml.
- Mediante un análisis CAD se comprobó el desempeño estructural que tendrán las válvulas diseñadas e impresas en TPU, y al arrojar un factor de seguridad de 15 unidades, se asegura que éstas no fallarán; estos componentes estarán actuando continuamente abriendo y cerrando mangueras, constituyen una parte fundamental para el correcto funcionamiento del sistema, además al ser un elemento impreso, sus propiedades físicas variarán en función de la calidad de impresión, por lo que se considera adecuado el factor de seguridad obtenido
- Los cócteles elaborados por el dispositivo ROBOSHOT tienen un sabor superior en comparación a los elaborados por los meseros del restaurante Mmwings, debido a que las medidas son casi perfectas, con un error máximo de 1 ml por onza de cóctel, lo que resulta en un porcentaje de eficacia del 81,45% en la escala de evaluación, manteniendo las dosis de ingredientes exactas, y generando por lo tanto un mejor sabor.
- Se realizó un análisis de estrés a la base del dispositivo, dicha pieza experimentará el mayor número de cargas cuando se esté transportando la máquina de un lugar a otro; los resultados mostraron que el factor de seguridad en los puntos más críticos es de 1,81, valor que supera al 1,3 esperado por lo que se puede afirmar con confianza que la pieza no fallará.
- El sistema de dosificación para cada botella consta de dos mangueras, la primera esta anexada a una bomba de aire, misma que inyecta aire en la botella

incrementando su presión interna, este fenómeno obliga al líquido a salir por la otra manguera para dispensarse directamente en el vaso.

- Cada líquido dispensado se transporta directamente de la botella al vaso, mediante una manguera de silicona de grado alimenticio para la fabricación de cerveza y vino marca Metaland aprobada por la USDA y que cumple con las normas FDA y 3A; de esta forma el licor jamás entra en contacto con otro elemento más que con la manguera certificada, manteniendo así la salubridad de la bebida.
- Se programó una Web App para el control y monitoreo del sistema, de esta manera se puede acceder al control de este desde cualquier dispositivo móvil, celular Tablet o computadora que se encuentre conectada en la misma red que la máquina, ingresando con un usuario y contraseña específico.

### **Recomendaciones**

- Se considera pertinente realizar un drenado de las mangueras una vez por semana para evitar acumulación de residuos de los jugos y bebidas.
- Para transportar el dispositivo se recomienda tomarlo por la base entre dos personas, y evitar sujetarlo de la malla superior que divide los compartimentos de las botellas, para así no dañar por accidente los leds decorativos instalados.
- Es necesario ingresar la capacidad en que se encuentran las botellas cada vez que se reinicie la máquina para mantener un registro continuo del consumo de materia prima.
- Resulta importante solo considerar cócteles de dosificación directa, se cita como ejemplo el cóctel vodka de verano.
- Bebidas como cola o jugos naturales deben ser colocados en refrigeración todos los días, con el fin de conservar sus propiedades.

## Bibliografía

5Hertz Electronica. (s.f.). Obtenido de

[https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&tutorial\\_id=3](https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&tutorial_id=3)

Alva Alarcón, J. L., & Acorta Santisteban, N. F. (2020). *Sistemas Embebidos Guía metodológica para desarrollarlos*. Trujillo, Perú.

Amazon. (s.f.). Obtenido de <https://www.amazon.com.mx/Barbot-robotico-prepara-cocteles-desde/dp/B08CS1H8DH>

Andrade Karolys, P. A. (s.f.). *Diseño y construcción de una máquina dispensadora de cócteles automatizada*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.

AWS. (9 de febrero de 2023). *aws amazon*. Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/whatis/cloud-storage/#:~:text=El%20almacenamiento%20en%20la%20nube%20es%20un%20modelo%20de%20computaci%C3%B3n,conexi%C3%B3n%20de%20red%20privada%20dedicada>.

*Back Introducción al backend y java*. (2004).

Bernal, J. J. (18 de Octubre de 2012). *Despliegue de la función calidad (QFD): Guía de uso. Para qué sirve el QFD y cómo realizarlo*. Recuperado el 07 de Marzo de 2022, de PDCA Home: <https://www.pdcahome.com/1932/qfd-despliegue-calidad/>

Brito Saldarriaga, M. A., & Giraldo Betancourt, J. S. (2010). *METODOLOGÍAS PARA DISEÑO DE CIRCUITOS LADDER CON BASE EN SISTEMAS*. Pereira.

Brito Saldarriaga, M. A., & Giraldo Betancourt, J. S. (2 de Julio de 2010). *METODOLOGÍAS PARA DISEÑO DE CIRCUITOS LADDER CON BASE EN SISTEMAS SECUENCIALES Y COMBINACIONALES [Tesis de Ingeniería - UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA]*. Librería Digital Library , Pereira. Obtenido de

Library: <https://1library.co/document/q5m48o7y-metodologias-diseno-circuitos-ladder-base-sistemas-secuenciales-combinacionales.html>

Cabezas, D. O. (2011). *ANÁLISIS DEL REACTIVADO (PEGADO) DE CALZADO Y SU INCIDENCIA EN EL RETRASO EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA ARMANDINY DE LA CIUDAD DE AMBATO*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1360/1/Tesis%20I.%20M.%2089%20-%20Cabezas%20Chicaiza%20Diego%20Orlando.pdf>

Cañadas, M. (2018). *Telemecanique*. Obtenido de Elección de un contactor para aplicaciones no motor: [https://llamados.ancap.com.uy/docs\\_concursos/ARCHIVOS/2%20LLAMADOS%20FINANLIZADOS/2018/REF.%2018-2018%20-%20OFICIAL%20TALLER%20B%20-%20PLANTA%20PAYSAND%C3%9A%20-%20PERFIL%20ELECTRICIDAD/MATERIAL%20DE%20ESTUDIO/ELECCI%C3%93N%20DE%20UN%20CONTACTOR.PDF](https://llamados.ancap.com.uy/docs_concursos/ARCHIVOS/2%20LLAMADOS%20FINANLIZADOS/2018/REF.%2018-2018%20-%20OFICIAL%20TALLER%20B%20-%20PLANTA%20PAYSAND%C3%9A%20-%20PERFIL%20ELECTRICIDAD/MATERIAL%20DE%20ESTUDIO/ELECCI%C3%93N%20DE%20UN%20CONTACTOR.PDF)

Casado Vara, R. (s.f.). *Introducción al HTML*. Universidad de Salamanca, Salamanca.

CEAC. (03 de Mayo de 2019). *¿Qué tipos de cables eléctricos existen?* Recuperado el 05 de Julio de 2022, de CEAC Formación Profesional Oficial: <https://www.ceac.es/blog/que-tipos-de-cables-electricos-existen>

China, C. C. (12 de 08 de 2022). *Changwen*. Obtenido de <https://www.cookwarecwes.com>

*Coctelería y enología. Consejos para una preparación y servicio excelente de vinos y cócteles*. (2006). Ideaspropias Editorial.

Corona Ramírez, L. (2014). *Sensores y Actuadores. Aplicaciones con Arduino*. Azcapotzalco, México D.F.: Patria S.A. .

Corona Ramírez, L. G., Abarca Jiménez, G. S., & Mares Carreño, J. (2014). *Sensores y actuadores aplicaciones con Arduino* (Primera ed.). México: GRUPO EDITORIAL PATRIA , S.A. DE C.V. Recuperado el 18 de Julio de 2022

Corrado, T. (10 de febrero de 2019). *Herzager pneumatics*. Obtenido de <https://herzager.com/nuevos-productos/industria-alimenticia/>

*educative*. (s.f.). Obtenido de <https://www.educative.io/answers/what-is-firebase>

*Electrónica Online*. (23 de septiembre de 2021). Obtenido de <https://electronicaonline.net/componentes-electronicos/transistor/transistor-de-union-bipolar/>

*Electrónica y electricidad de Milagro*. (11 de noviembre de 2017). Obtenido de <http://electronicadelmilagro.blogspot.com/2017/11/valores-comerciales-de-resistencias.html>

Electrotécnica BC. (2020). *Secadores de reactivadores*. Obtenido de <https://eletrotecnicabc.com/en/surface-treatment/essicatori-riattivatori-en/>

Ferry Mestres, A. (s.f.). *Introducción al frontend y backend*. Universitat Oberta de Catalunya, Barcelona.

Fotek. (s.f.). *Sparkfun*. Obtenido de <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Components/General/SSR40DA.pdf>

Foundation, R. (06 de septiembre de 2014). *Raspberrypi.org*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/help/what-%20is-a-raspberry-pi/>

García González, A. (2 de diciembre de 2016). *Electronica-La Pagina del Profesor Bolaños*. Obtenido de <https://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/IntroServos.pdf>

García, J. S. (5 de agosto de 2021). *Centro de Computo Académico Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. Obtenido de

[http://ceca.uaeh.edu.mx/informatica/oas\\_final/OA4/mdulo\\_rel.html](http://ceca.uaeh.edu.mx/informatica/oas_final/OA4/mdulo_rel.html)

Gómez Villoldo, A. (10 de Marzo de 2017). *QFD LA CASA DE LA CALIDAD: herramienta de planificación del diseño*. Recuperado el 21 de Abril de 2022, de Asesor de Calidad:

<http://asesordecabilidad.blogspot.com/2017/03/qfd-la-casa-de-la-calidad-herramienta.html#.YmsStdrMJEa>

González, A. (4 de enero de 2016). *Panamahitek*. Obtenido de

<https://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-mosfet/>

González, V. (2003). *Platea pntic Página de recursos y experiencias*. Obtenido de

[http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0204/ctrl\\_rob/robotica/sistema/motores\\_servo.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/ctrl_rob/robotica/sistema/motores_servo.htm)

Gorraiz, J. R. (1997). *Procedimiento de fabricación de suelas para calzado en caucho*

*expandido*. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/WO1998058992A1/es>

Grawe, D. (5 de Enero de 2022). *Engineered Seal Products*. Obtenido de

<https://www.espint.com/esp-blog/what-is-fda-3a-nsf>

GRUPO SAZI. (2022). *Equipos Línea NIR*. Obtenido de

<https://www.sazimaquinas.com.br/744-746-nir>

*HiveMQ*. (s.f.).

*Hugobrito.net*. (s.f.). Obtenido de

<http://hugobrito.net/arquitecturateoria/definicionmicrocontroladores.html>

*idaBLOG*. (29 de mayo de 2012). Obtenido de [https://blog.ida.cl/desarrollo/guardar-y-](https://blog.ida.cl/desarrollo/guardar-y-eliminar-datos-via-localstorage/#:~:text=LocalStorage%20es%20una%20herramienta%20que,(%E2%80%9Ckey%E2%80%9D%2C%20item)%3B)

[eliminar-datos-via-](https://blog.ida.cl/desarrollo/guardar-y-eliminar-datos-via-localstorage/#:~:text=LocalStorage%20es%20una%20herramienta%20que,(%E2%80%9Ckey%E2%80%9D%2C%20item)%3B)

[localstorage/#:~:text=LocalStorage%20es%20una%20herramienta%20que,\(%E2%80%9Ckey%E2%80%9D%2C%20item\)%3B](https://blog.ida.cl/desarrollo/guardar-y-eliminar-datos-via-localstorage/#:~:text=LocalStorage%20es%20una%20herramienta%20que,(%E2%80%9Ckey%E2%80%9D%2C%20item)%3B)

*Igus*. (s.f.). Obtenido de <https://www.igus.es/info/actuadores-lineales>

IMPORT PEGASUS. (20 de Abril de 2021). *Material eléctrico industrial, automatización, control y mando*. Recuperado el 06 de Julio de 2022, de RELES DE ESTADO SOLIDO TRABAJO PESADO: <https://importpegasus.com/wp-content/uploads/2021/04/Importpegasus-catalogo-2021.pdf>

*Instrumentacion Digital*. (s.f.). Obtenido de <https://www.instrumentaciondigital.es/actuadores-electricos-y-sus-funciones/>

Joyanes Aguilar, L. (2017). *Industria 4.0 La cuarta revolución industrial*. Ciudad de México: Alfaomega Grupo Editor S.A.

Kappel, G., & Proll, B. (2003). *Web Engineering The discipline of systematic development of Web Applications*. John Wiley & Sons.

Kerpel, G., Proll, B., Siegfried, R., & Retschitzegger, W. (2006). *Web Engineering The Discipline of Systematic Development of Web Applications*. Heiderlberg, Alemania: John Wiley & Sons.

López Carbonell, J., Beaus Navarro, J. L., & López Carbonell, J. (19 de Febrero de 2018). *OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS*. Obtenido de [http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/02/65/53/ES-2655329\\_A1.pdf](http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/02/65/53/ES-2655329_A1.pdf)

López, P. (1 de octubre de 2020). *Geeknetic*. Obtenido de <https://www.geeknetic.es/MOSFET/que-es-y-para-que-sirve>

*Mapro*. (2023). Obtenido de <https://maprosensor.com/dinamometros-sensores-carga>

Mohan, N., Undeland, T., & Robbins, W. (2009). *Electrónica de potencia. Convertidores, aplicaciones y diseño*. México DF: McGraw-Hill.

Mott, R. L. (2009). *Resistencia de materiales (Vol. 5)*. Pearson Educación.

Norton, R. L. (2019). *Diseño de Maquinaria*. Mexico DF: Pearson.

- Norton, R. L. (2019). *Diseño de Máquinas un enfoque Integrado*. Mexico D.C: Pearson.
- Omron. (s.f.). *OMRON Industrial Automation*. Obtenido de [https://www.ia.omron.com/data\\_pdf/guide/18/ssr\\_tg\\_e\\_9\\_2.pdf](https://www.ia.omron.com/data_pdf/guide/18/ssr_tg_e_9_2.pdf)
- Ortiz Dominguez, M., & Cruz Avilés, A. (s.f.). Principio de Bernoulli. *Principio de Bernoulli*. Escuela Superior de Ciudad Sahagún, Hidalgo, México.
- PartyRobotics*. (s.f.). Obtenido de <https://partyrobotics.com/collections/products/products/bartendro-15>
- Pelayo, M. (18 de marzo de 2018). *Consumer*. Obtenido de <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/automatizacion-de-procesos-alimentarios.html>
- Pérez Hernández, M. G. (s.f.). *Facultad de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de Mexico*. Obtenido de [https://dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/TEM/PresentacionesT/LT\\_P09\\_Boyle-Mariotte.pdf](https://dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/FQ/TEM/PresentacionesT/LT_P09_Boyle-Mariotte.pdf)
- Pérez Porto, J. (8 de Junio de 2021). *Definicion.de*. Obtenido de Definición de presión hidrostática - Qué es, Significado y Concepto.: <https://definicion.de/presion-hidrostatica/>
- RaspberryPi.org*. (s.f.). Obtenido de <https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf>
- Singhania, V. (2015). *The Internet of things: An Overview*. Internet Society.
- Smith, N. F. (17 de Marzo de 2010). *School Science and Mathematics Association*. Obtenido de Bernoulli, Newton, and Dynamic Lift Part I: <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1973.tb08998.x>

- Society, I. (Octubre de 2015). *Internet Society*. Obtenido de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48790442/ISOC-IoT-Overview-20151014\\_0-libre.pdf?1473746977=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DThe\\_Internet\\_of\\_Things\\_An\\_Overview\\_Under.pdf&Expires=1673930900&Signature=D3YYVjbS51aafBcNObtFj9NfynIIZypML](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48790442/ISOC-IoT-Overview-20151014_0-libre.pdf?1473746977=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DThe_Internet_of_Things_An_Overview_Under.pdf&Expires=1673930900&Signature=D3YYVjbS51aafBcNObtFj9NfynIIZypML)
- Tameson. (s.f.). *TAMESON*. Obtenido de <https://tameson.es/pages/guia-y-normas-para-mangueras-de-uso-alimentario>
- TC Medida y Control de Temperatura, S.A. (2018). *Termopar Tipo K – Información Técnica*. Obtenido de <https://www.tc-sa.es/termopares/tipo-k-termopar.html>
- Techno Injection & Tools. (01 de Febrero de 2019). *RESISTENCIAS A LA MEDIDA*. Recuperado el 05 de Julio de 2022, de Ventas Online Techno Injection & Tools: <https://www.technoinjectiontools.mx/resistencias-industriales/>
- Triana, I. (29 de junio de 2016). *Ingenio Triana blog*. Obtenido de <http://ingenio-triana.blogspot.com/2016/06/eleccion-de-un-transistor-calculer-la.html>
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2013). *Diseño y desarrollo de productos*. México, D.F.: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Universidades, S. (09 de abril de 2021). *Becas Santander*. Obtenido de <https://www.becas-santander.com/es/blog/python-que-es.html>
- Vijayaraghavan, S. (s.f.). *Microprocessor & Microcontroller*.
- VILLAROEL DUQUE, J. X. (2015). Aplicación de la metodología QFD para el diseño de un nuevo producto de fibra de madera resistente a la humedad en AGLOMERADOS COTOPAXI S.A. (*Tesis de maestría*). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolqui.
- Wege, C. (2002). Portal Server Technology. En *IEEE Internet Computing* (págs. 73-77).

Wendt, Z. (31 de mayo de 2017). *Arrow*. Obtenido de <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/crydom-solid-state-relays-vs-electromechanical-relays>

*Wikipedia*. (15 de septiembre de 2007). Obtenido de Bomba de membrana: [https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba\\_de\\_membrana](https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_de_membrana)

Yacuzzi, E., & Martín, F. (2003). *QFD: CONCEPTOS, APLICACIONES Y NUEVOS DESARROLLOS*. Universidad del Centro de Estudios Macroeconómicos de Argentina (UCEMA), Buenos Aires.

## Anexos