



# **UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA LA MEZCLA  
DE COCTELES**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
MECATRÓNICA**

**MARTÍN ESTEBAN FLOR RODRÍGUEZ**

**DIRECTOR: MSc. CRISTINA GISELLE OSCULLO NARANJO**

**D. M. Quito,**

**2019**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo Martín Esteban Flor Rodríguez, declaro ser autor del presente trabajo de titulación de la carrera de Ingeniería Mecatrónica y eximo expresamente a la Universidad Internacional del Ecuador y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

“La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR”

---

Martín Esteban Flor Rodríguez

C. I.: 0604857102

## **CERTIFICACIÓN**

La docente de la Facultad de Ciencias Técnicas Ingeniera Cristina Oscullo.

**CERTIFICA QUE:**

El proyecto de investigación “Diseño de una máquina semiautomática para la mezcla de cocteles”, fue desarrollado por: Martín Esteban Flor Rodríguez y ha sido debidamente revisado y está en condiciones de ser entregado para que siga lo dispuesto por la Facultad de Ciencias Técnicas, correspondiente a la sustentación y defensa del mismo.

---

Ing. Cristina Oscullo

C.I. 1716159601

## AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial a mi familia por haberme apoyado a lo largo de esta carrera tan desafiante, sobre todo a mis padres quienes con todo el cariño y paciencia estuvieron a mi lado en todo momento, dándome ese soporte necesario para seguir adelante día a día.

A mi tutora de tesis Ing. Cristina Oscullo, M.Sc., por todo su apoyo y colaboración durante este proceso y sus observaciones e ideas que me fueron muy útiles para culminar cada una de mis tareas.

A mi primera amiga de la universidad Estefanía, con quien desde el primer momento compartimos muchas locuras de las cuales siempre recordaré, como, por ejemplo, los bautizos, búsquedas del tesoro y sobre todo a nuestro ídolo Nicolás Copérnico.

A mi amigo Erick, que es una de las mejores personas que he conocido en mi vida, me ha ayudado muchísimo siempre y siempre nos mata de la risa con sus bromas y comentarios. Eres el mejor.

A mis amigas del colegio más cercanas quienes en los momentos más estresantes de la carrera me han sacado “a dar una vuelta”.

También a todas esas personas que me decían: “en lugar de hacer eso ve a hacer la tesis”. Aunque dé iras, es de mucha ayuda.

Y sobre todo a la vida, que me ha dado tanto.

# ÍNDICE GENERAL

1	CAPITULO I .....	1
1.1	Tema.....	1
1.2	Objetivos.....	1
1.2.1	Objetivo general.....	1
1.2.2	Objetivos específicos.....	1
1.3	Planteamiento del problema.....	1
1.4	Formulación y sistematización del problema.....	2
1.5	Justificación.....	2
1.5.1	Justificación teórica.....	2
1.5.2	Justificación metodológica.....	3
1.5.3	Justificación práctica.....	3
1.6	Hipótesis.....	3
1.7	Estado del arte.....	4
1.7.1	Coctelería.....	4
1.7.2	Análisis de la situación actual en el bar Vieja Guardia PUB.....	5
1.7.3	Máquinas cocteleras similares.....	5
2	CAPITULO II .....	8
2.1	Desarrollo del diseño basado en la calidad.....	8
2.2	Casa de la calidad.....	8
2.2.1	Voz del usuario.....	8
2.2.2	Voz del ingeniero.....	10
2.2.3	Análisis y conclusiones de la casa de la calidad.....	10
2.3	Formulación de las especificaciones técnicas.....	11
2.4	Diseño conceptual.....	11
2.4.1	Análisis funcional.....	11

2.4.1.1	Nivel cero.....	12
2.4.1.2	Nivel uno.....	12
2.4.1.3	Nivel dos.....	13
2.4.2	Definición de módulos funcionales .....	15
2.4.3	Soluciones para cada módulo .....	17
2.4.3.1	Módulo 1: Chasis de la máquina .....	17
2.4.3.2	Módulo 2: Sistema mezclador.....	17
2.4.3.3	Módulo 3: Sistema dispensador .....	19
2.4.3.4	Módulo 4: Circuito electrónico.....	19
2.4.3.5	Módulo 5: Ensamblaje .....	21
2.4.3.6	Módulo 6: Programación del controlador.....	21
2.4.4	Matriz morfológica.....	22
2.4.5	Matriz de residuos ponderados .....	23
3	CAPITULO III .....	28
3.1	Esquema de la solución .....	28
3.2	Diseño mecánico.....	30
3.2.1	Diseño de los tanques de almacenamiento.....	30
3.2.1.1	Cálculo del volumen de los tanques.....	30
3.2.1.1.1	Volumen del tanque de ron ( $V_r$ ).....	30
3.2.1.1.2	Volumen del tanque de vodka ( $V_v$ ) .....	31
3.2.1.1.3	Volumen del tanque de Coca-Cola ( $V_c$ ).....	31
3.2.1.1.4	Volumen del tanque de jugo de naranja ( $V_j$ ) .....	32
3.2.1.1.5	Volumen del tanque de zumo de limón ( $V_l$ ) .....	33
3.2.1.1.6	Resumen del dimensionamiento del volumen de los tanques.....	34
3.2.1.2	Parámetros de diseño .....	35
3.2.1.2.1	Tipo de servicio .....	35

3.2.1.2.2	Temperatura de diseño.....	36
3.2.1.2.3	Presión de diseño.....	36
3.2.1.3	Selección del tipo de tanque.....	37
3.2.1.4	Cálculo de las dimensiones de los tanques.....	38
3.2.1.5	Selección de materiales.....	39
3.2.1.6	Cálculo del espesor del material.....	39
3.2.1.7	Resumen del diseño de tanques.....	40
3.2.2	Diseño de las tapas de los tanques de almacenamiento.....	41
3.2.2.1	Presión de diseño.....	43
3.2.2.2	Tipo de unión.....	43
3.2.2.3	Cálculo de las dimensiones de la tapa.....	43
3.2.2.4	Resumen.....	44
3.2.3	Diseño de la mezcladora.....	45
3.2.4	Dimensionamiento del chasis de la máquina.....	46
3.2.4.1	Diseño de la estructura de soporte de los tanques de almacenamiento... 46	
3.2.4.1.1	Base de soporte de los tanques.....	46
3.2.4.1.2	Platinas de soporte lateral de los tanques.....	52
3.2.4.1.3	Perfil de soporte de las pletinas laterales.....	57
3.2.4.1.4	Diseño de los pernos de sujeción de la estructura.....	59
3.2.4.1.5	Resumen.....	61
3.2.4.2	Diseño la estructura que contiene el hielo.....	62
3.2.5	Bombas peristálticas.....	64
3.2.5.1	Caudal necesario.....	64
3.2.5.2	Tipo de aplicación.....	65
3.2.5.3	Altura de impulsión.....	66
3.2.5.4	Resumen de las bombas peristálticas.....	66

3.2.5.5	Selección de las bombas peristálticas .....	66
3.2.5.6	Tubería .....	67
3.3	Diseño electrónico.....	68
3.3.1	Módulo de control central PLC .....	69
3.3.2	Módulo de medición de nivel de líquidos.....	70
3.3.3	Módulo de mezcla de ingredientes .....	71
3.3.3.1	Controlador de las bombas peristálticas .....	71
3.3.4	Elementos complementarios .....	72
3.3.4.1	Luces piloto.....	72
3.3.4.2	Fuentes de alimentación .....	73
3.3.4.3	Botones de encendido y emergencia .....	76
3.3.4.4	Cableado .....	77
3.3.5	Normativa.....	78
3.3.6	Lista de materiales .....	80
3.3.7	Planos de construcción .....	81
3.4	Diseño de la interfaz.....	81
3.5	Algoritmo de programación .....	84
3.5.1	Algoritmo general .....	84
3.5.2	Algoritmo de ingreso del vaso al área de llenado .....	85
3.5.3	Algoritmo de selección de coctel .....	86
3.5.4	Algoritmo de selección de Intensidad .....	87
3.5.5	Algoritmo de activación de rutina .....	87
4	CAPITULO IV .....	88
4.1	Construcción del prototipo .....	88
4.2	HMI del prototipo .....	93
4.2.1	Comando de carga de ingredientes .....	94

4.2.2	Comando de descarga o vaciado de ingredientes.....	94
4.2.3	Comando de preparación de coCteles .....	94
4.3	Descripción del funcionamiento del sistema del prototipo.....	95
4.4	Pruebas de funcionamiento .....	96
4.4.1	Pruebas de tiempo individual de preparación de cada coctel .....	96
4.4.2	Pruebas de tiempo necesario para despachar 12 cocteles .....	100
4.4.3	Pruebas de peso de preparación de los cocteles .....	100
4.4.4	Pruebas de Cocteles más consumidos .....	103
4.5	Conclusiones.....	104
4.6	Observaciones para trabajos futuros .....	105

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1.</b> <i>Coctail Cube</i> .....	6
<b>Figura 1.2.</b> <i>Dosificador de bebidas</i> .....	6
<b>Figura 1.3.</b> <i>TenderOne</i> .....	6
<b>Figura 1.4.</b> <i>BlendBow</i> .....	7
<b>Figura 1.5.</b> <i>Cocktail Machine 2012</i> .....	7
<b>Figura 2.1.</b> <i>Nivel cero</i> .....	12
<b>Figura 2.2.</b> <i>Nivel uno</i> .....	12
<b>Figura 2.3.</b> <i>Diagrama de bloques del sistema mezclador</i> .....	13
<b>Figura 2.4.</b> <i>Diagrama de bloques del sistema dispensador</i> .....	14
<b>Figura 2.5.</b> <i>Diagrama de bloques del circuito electrónico</i> .....	14
<b>Figura 2.6.</b> <i>Diagrama de bloques del controlador</i> .....	15
<b>Figura 2.7.</b> <i>Acero inoxidable AISI 304</i> .....	17
<b>Figura 2.8.</b> <i>Acero inoxidable AISI 310</i> .....	17
<b>Figura 2.9.</b> <i>Bomba peristáltica</i> .....	18
<b>Figura 2.10.</b> <i>Electroválvulas</i> .....	18
<b>Figura 2.11.</b> <i>Mezcla por gravedad</i> .....	18
<b>Figura 2.12.</b> <i>Mezcla por agitación</i> .....	18
<b>Figura 2.13.</b> <i>Sistema dispensador móvil circular</i> .....	19
<b>Figura 2.14.</b> <i>Sistema dispensador fijo</i> .....	19
<b>Figura 2.15.</b> <i>Sensor ultrasónico</i> .....	20
<b>Figura 2.16.</b> <i>Sensor de peso</i> .....	20
<b>Figura 2.17.</b> <i>Flotador</i> .....	20
<b>Figura 2.18.</b> <i>Luces piloto</i> .....	20
<b>Figura 2.19.</b> <i>Baliza</i> .....	20
<b>Figura 2.20.</b> <i>Sensor ultrasónico</i> .....	21

<b>Figura 2.21.</b> Sensor infrarrojo.....	21
<b>Figura 2.22.</b> Cámara .....	21
<b>Figura 2.23.</b> M-DUINO .....	21
<b>Figura 2.24.</b> PLC TENGCON .....	21
<b>Figura 3.1.</b> Esquema de solución .....	28
<b>Figura 3.2.</b> Esquema de solución con sus componentes.....	29
<b>Figura 3.3.</b> Áreas en las máquinas alimenticias.....	35
<b>Figura 3.4.</b> Radio mínimo necesario para la limpieza del área de alimentos .....	37
<b>Figura 3.5.</b> Fuerzas en el tanque de almacenamiento .....	40
<b>Figura 3.6.</b> Tapa plana .....	41
<b>Figura 3.7.</b> Tapa plana con ceja .....	41
<b>Figura 3.8.</b> Tapa únicamente abombada .....	41
<b>Figura 3.9.</b> Tapa abombada con ceja invertida.....	42
<b>Figura 3.10.</b> Tapa toriesférica.....	42
<b>Figura 3.11.</b> Tapas semielípticas.....	42
<b>Figura 3.12.</b> Tapa semiesférica .....	42
<b>Figura 3.13.</b> Tapa con ceja.....	43
<b>Figura 3.14.</b> Vaso plástico de 7 oz .....	45
<b>Figura 3.15.</b> Diseño de la mezcladora .....	45
<b>Figura 3.16.</b> Viga principal de soporte de tanques.....	46
<b>Figura 3.17.</b> Vista inferior de la viga principal .....	47
<b>Figura 3.18.</b> Diagrama de fuerzas en la viga principal .....	47
<b>Figura 3.19.</b> Diagrama de fuerza en la viga principal.....	49
<b>Figura 3.20.</b> Diagrama de esfuerzos cortantes .....	50
<b>Figura 3.21.</b> Diagrama de momentos .....	51
<b>Figura 3.22.</b> Soporte de los tanques de almacenamiento.....	52

<b>Figura 3.23.</b> Estructura soporte de los tanques de almacenamiento .....	53
<b>Figura 3.24.</b> Tanques inclinados a 30° .....	53
<b>Figura 3.25.</b> Fuerzas generadas por los tanques inclinados a 30° .....	54
<b>Figura 3.26.</b> Vista superior de $F_x$ en el plano ZX.....	54
<b>Figura 3.27.</b> Representación de $F_x$ en el plano ZX.....	55
<b>Figura 3.28.</b> Diagrama de cortantes y momentos de la pletina .....	56
<b>Figura 3.29.</b> Vista superior de $F_{x_2}$ en el plano ZX .....	57
<b>Figura 3.30.</b> Representación de $F_{x_2}$ en el plano XY .....	58
<b>Figura 3.31.</b> Representación de $F_{x_2}$ en el plano YX .....	58
<b>Figura 3.32.</b> Diagrama de cortantes de $F_{x_2}$ en el plano YX.....	58
<b>Figura 3.33.</b> Diagrama de momentos de $F_{x_2}$ en el plano YX.....	59
<b>Figura 3.34.</b> Pernos m6 en las uniones de la estructura.....	61
<b>Figura 3.35.</b> Estructura de soporte de los tanques de almacenamiento .....	62
<b>Figura 3.36.</b> Contenedores GN estandarizados.....	63
<b>Figura 3.37.</b> Bomba peristáltica HPP-12-500-ZB-2-P .....	66
<b>Figura 3.38.</b> Curvas características de la bomba peristáltica HPP-12-500-ZB-2-P ..	67
<b>Figura 3.39.</b> Tubería PVC14-38ANA .....	68
<b>Figura 3.40.</b> Diagrama general del sistema electrónico .....	69
<b>Figura 3.41.</b> M-DUINO .....	69
<b>Figura 3.42.</b> Sensor ultrasónico JSN-SR04T .....	70
<b>Figura 3.43.</b> Sensor JSN-SR04T ubicado en las tapas de los tanques.....	71
<b>Figura 3.44.</b> Driver L298N .....	72
<b>Figura 3.45.</b> Luces piloto Baomain AD16-22D/S31 .....	73
<b>Figura 3.46.</b> Fuente Maen Well MDR de 5V .....	74
<b>Figura 3.47.</b> Fuente Mean Well EDR de 12V.....	75
<b>Figura 3.48.</b> Ubicación del botón de encendido y de emergencia en la máquina.....	77

<b>Figura 3.49.</b> Valores normalizados de cables según la norma AWG .....	78
<b>Figura 3.50.</b> Vista superior de la máquina dimensionada .....	81
<b>Figura 3.51.</b> Vista frontal de la máquina dimensionada .....	81
<b>Figura 3.52.</b> ADV inicial.....	82
<b>Figura 3.53.</b> ADV selección de coctel.....	83
<b>Figura 3.54.</b> ADV Selección de intensidad .....	83
<b>Figura 3.55.</b> Algoritmo general .....	85
<b>Figura 3.56.</b> Algoritmo de detección de presencia de vaso .....	86
<b>Figura 3.57.</b> Algoritmo de selección de coctel .....	86
<b>Figura 3.58.</b> Algoritmo de selección de intensidad .....	87
<b>Figura 3.59.</b> Algoritmo de activación de rutina.....	87
<b>Figura 4.1.</b> Diseño del prototipo.....	92
<b>Figura 4.2.</b> Piezas de acrílico del prototipo ensambladas.....	93
<b>Figura 4.3.</b> Prototipo de la máquina coctelera .....	93
<b>Figura 4.4.</b> Botones de carga y descarga de ingredientes.....	94
<b>Figura 4.5.</b> Botones de los cocteles a ser preparados.....	95
<b>Figura 4.6.</b> Proporciones del coctel preparado en el vaso desechable de 7 oz.....	95
<b>Figura 4.7.</b> Tiempo de preparación del Cuba libre .....	97
<b>Figura 4.8.</b> Tiempo de preparación del Screw driver .....	97
<b>Figura 4.9.</b> Tiempo de preparación del Thyme .....	98
<b>Figura 4.10.</b> Tiempo de preparación del Afternoon.....	98
<b>Figura 4.11.</b> Tiempo de preparación del Hurricane.....	98
<b>Figura 4.12.</b> Tiempo de preparación del Melissa .....	99
<b>Figura 4.13.</b> Tiempo de preparación del coctel sin alcohol .....	99
<b>Figura 4.14.</b> Tiempo que tarda el prototipo en preparar 12 cocteles.....	100
<b>Figura 4.15.</b> Peso de la preparación del Cuba libre.....	101

<b>Figura 4.16.</b> <i>Peso de la preparación del Screw driver</i> .....	101
<b>Figura 4.17.</b> <i>Peso de la preparación del Thyme</i> .....	101
<b>Figura 4.18.</b> <i>Peso de la preparación del Afternoon</i> .....	102
<b>Figura 4.19.</b> <i>Peso de la preparación del Hurricane</i> .....	102
<b>Figura 4.20.</b> <i>Peso de la preparación del Melissa</i> .....	102
<b>Figura 4.21.</b> <i>Peso de la preparación del coctel sin alcohol</i> .....	103
<b>Figura 4.22.</b> <i>Diagrama circular de los cocteles favoritos</i> .....	104

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1.</b> <i>Máquinas cocteleras similares</i> .....	6
<b>Tabla 2.1.</b> <i>Requerimientos del usuario</i> .....	9
<b>Tabla 2.2.</b> <i>Voz del usuario</i> .....	9
<b>Tabla 2.3.</b> <i>Voz del ingeniero</i> .....	10
<b>Tabla 2.4.</b> <i>Demandas de la casa de la calidad</i> .....	10
<b>Tabla 2.5.</b> <i>Especificaciones técnicas</i> .....	11
<b>Tabla 2.6.</b> <i>Materiales del nivel uno</i> .....	13
<b>Tabla 2.7.</b> <i>Materiales del nivel dos</i> .....	15
<b>Tabla 2.8.</b> <i>Opciones de materiales para la construcción de los tanques de almacenamiento</i> .....	17
<b>Tabla 2.9.</b> <i>Opciones de sistemas de control de fluidos</i> .....	18
<b>Tabla 2.10.</b> <i>Opciones de sistemas de mezcla de fluidos</i> .....	18
<b>Tabla 2.11.</b> <i>Opciones de soluciones para el sistema de dispensar el vaso</i> .....	19
<b>Tabla 2.12.</b> <i>Opciones de soluciones para los sensores de nivel de tanque</i> .....	19
<b>Tabla 2.13.</b> <i>Opciones de soluciones para alertas visuales</i> .....	20
<b>Tabla 2.14.</b> <i>Opciones de soluciones para sensores de presencia</i> .....	20
<b>Tabla 2.15.</b> <i>Opciones de soluciones de controladores</i> .....	21
<b>Tabla 2.16.</b> <i>Matriz morfológica</i> .....	22
<b>Tabla 2.17.</b> <i>Resumen de alternativas</i> .....	23
<b>Tabla 2.18.</b> <i>Ponderación de criterios</i> .....	24
<b>Tabla 2.19.</b> <i>Análisis del peso en las diferentes alternativas</i> .....	25
<b>Tabla 2.20.</b> <i>Análisis del tiempo en las diferentes alternativas</i> .....	25
<b>Tabla 2.21.</b> <i>Análisis de la seguridad en las diferentes alternativas</i> .....	25
<b>Tabla 2.22.</b> <i>Análisis del costo en las diferentes alternativas</i> .....	26
<b>Tabla 2.23.</b> <i>Análisis de las dimensiones en las diferentes alternativas</i> .....	26

<b>Tabla 2.24.</b> Evaluación de alternativas .....	27
<b>Tabla 3.1.</b> Capacidades requeridas para cada ingrediente .....	34
<b>Tabla 3.2.</b> Capacidades estandarizadas.....	35
<b>Tabla 3.3.</b> Densidades de los ingredientes .....	36
<b>Tabla 3.4.</b> Relación altura-diámetro de los tanques de almacenamiento .....	38
<b>Tabla 3.5.</b> Dimensiones de los tanques de almacenamiento .....	39
<b>Tabla 3.6.</b> Resumen del diseño de los tanques de almacenamiento.....	41
<b>Tabla 3.7.</b> Tipos de tapas para los tanques .....	41
<b>Tabla 3.8.</b> Resumen de las tapas de los tanques de almacenamiento.....	44
<b>Tabla 3.9.</b> Peso de los ingredientes y peso total.....	49
<b>Tabla 3.10.</b> Selección de perfiles para la estructura .....	51
<b>Tabla 3.11.</b> Selección de pletinas para la estructura.....	56
<b>Tabla 3.12.</b> Selección de perfiles L para la estructura.....	59
<b>Tabla 3.13.</b> Diámetros de pernos según su clase .....	61
<b>Tabla 3.14.</b> Contenedores GN.....	63
<b>Tabla 3.15.</b> Tiempos del proceso de preparación de un coctel .....	64
<b>Tabla 3.16.</b> Resumen del dimensionamiento de las bombas peristálticas.....	66
<b>Tabla 3.17.</b> Estado de la máquina según las luces piloto.....	73
<b>Tabla 3.18.</b> Consumo de los componentes electrónicos .....	74
<b>Tabla 3.19.</b> Características de las fuentes .....	74
<b>Tabla 3.20.</b> Nivel de protección IP para el primer dígito.....	78
<b>Tabla 3.21.</b> Nivel de protección IP para el segundo dígito .....	79
<b>Tabla 4.1.</b> Escalabilidad de la máquina diseñada .....	88
<b>Tabla 4.2.</b> Tabla comparativa entre la máquina diseñada y el prototipo a construir .	90
<b>Tabla 4.3.</b> Error en el tiempo de preparación de cada coctel .....	99
<b>Tabla 4.4.</b> Error en el peso de cada coctel preparado.....	103

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

### **ANEXOS A**

Anexo A.1 Casa de la calidad

Anexo A.2 Consumo de botellas de alcohol

Anexo A.3 Temperatura en el local vieja guardia PUB & GRILL

Anexo A.4 Lista de materiales

### **ANEXOS B**

Anexo B.1 Plano informático

Anexo B.2 Plano electrónico

Anexo B.3 Planos mecánicos

### **ANEXOS C**

Anexo C.1 Menú de cocteles

Anexo C.2 Manual de usuario

## RESUMEN

Se presenta el diseño de una máquina semiautomática para la mezcla de cocteles para la empresa Vieja Guardia PUB & GRILL, ubicada en la ciudad de Riobamba, la cual realiza eventos que cuentan con barra libre (período de tiempo en el que una persona puede consumir de manera gratuita las bebidas establecidas para el consumo en el local), en donde se llegan a consumir hasta 36 botellas de ron y 30 de vodka en un plazo de 6 horas. La barra libre no genera ganancias a partir del costo inicial de la entrada al local. Sin embargo, una gran cantidad de personas (aproximadamente el 50%) prefieren comprar otro tipo de bebidas en la barra que no están incluidas en la barra libre. Estas bebidas no incluidas generan ganancias durante la noche, por lo que es de gran interés por parte del local vender la mayor cantidad de bebidas no incluidas a los clientes, sin que las bebidas incluidas ocupen el tiempo del barman.

La máquina se encarga de preparar los cocteles de la barra libre, otorgando libertad al usuario de elegir por medio de una interfaz gráfica de entre 7 opciones de cocteles: Cuba libre, Screw driver, Thyme, Afternoon, Hurricane, Melissa y el coctel sin alcohol. Posee sensores de nivel de líquido que permiten, mediante la interfaz gráfica y las luces piloto, dar un aviso cuando algún ingrediente esté por terminarse. Además, consta con sensor de presencia, el cual verifica que el vaso se encuentre dentro del portavasos antes de preparar la bebida, evitando derrames. Posee compartimentos para que el usuario pueda tomar el hielo pertinente para su coctel. Adicionalmente, debajo de los portavasos se integra un drenaje para que el líquido evacúe el área de preparación de cocteles en caso de salpicaduras.

Para comprobar el funcionamiento integral del sistema, así como el de los componentes individuales, se construye un prototipo en acrílico transparente de 6 milímetros usando los mismos componentes dimensionados para la máquina. La interfaz gráfica se la implementa mediante una aplicación celular vía bluetooth para la selección de los cocteles. Se realizan pruebas de funcionamiento usando el prototipo para el cálculo de tiempos y medidas de preparación de cada uno de los cocteles.

El prototipo tiene la capacidad de preparar hasta 24 cocteles con sus cinco ingredientes recargados. Al usar las mismas bombas peristálticas dimensionadas para la máquina, el tiempo que tarda en dispensar 12 cocteles es inferior a 7 minutos.

## ABSTRACT

It's shown the design of a semi-automatic machine for mixing cocktails for the company Vieja Guardia PUB & GRILL, located in Riobamba city, which performs events that have an open bar (period of time in which a person can consume free of charge drinks established for local consumption), where the people can consume up to 36 bottles of rum and 30 bottles of vodka within 6 hours. The open bar does not generate profits from the initial cost of entering the premises. However, a large number of people (approximately 50%) prefer to buy other types of drinks at the bar that are not included in the open bar. The open bar drinks do not include overnight earnings, so it is of great interest on the part of the local vendor to sell the largest amount of drinks not included on the open bar to the customers without occupying the barman's time.

The machine is responsible for preparing these open bar cocktails, giving the user freedom to choose through a graphic interface of 7 cocktail options: Cuba libre, Screwdriver, Thyme, Afternoon, Hurricane, Melissa, and alcohol-free cocktail. It has liquid level sensors that allow, through the graphic interface and pilot lights, to give a warning when an ingredient is about to be finished. In addition, it has a presence sensor, which verifies that the cup is inside the cup holder before preparing the drink, avoiding spills. It has compartments so that the user can take the relevant ice for his cocktail. In addition, a drain is integrated under the cup holders so that the liquid evacuates the cocktail preparation area in case a spill occurs.

To verify the integral operation of the system, as well as that of the individual components, a 6 millimeter transparent acrylic prototype is constructed using the same components sized for the machine. The graphic interface is implemented through a mobile application via Bluetooth for the selection of cocktails. Function tests are performed using the prototype for the calculation of times and preparation measures of each of the cocktails.

This prototype has the ability to prepare up to 24 cocktails with its five full ingredients. Using the same peristaltic pumps sized for the machine, the time it takes to dispense 12 cocktails is less than 7 minutes.

# **CAPITULO I**

## **PROCESO DE MEZCLA DE COCTELES**

### **1.1 TEMA.**

“Diseño de una máquina semiautomática para la mezcla de cocteles”

### **1.2 OBJETIVOS.**

#### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL.**

- Diseñar una máquina semiautomática para la mezcla de cocteles.

#### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Investigar y documentar los principios de funcionamiento de las máquinas cocteleras.
- Documentar las combinaciones de ingredientes para la preparación de los cocteles más consumidos por los clientes.
- Diseñar los mecanismos, partes y componentes de la máquina para mezclado de cocteles.
- Diseñar una HMI que permita la selección de los cocteles a preparar de una lista preestablecida con una limitación de 7 variedades de cocteles.
- Construir un prototipo de la máquina.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

En la actualidad se realizan eventos en el bar Vieja Guardia PUB & GRILL, donde asisten cerca de 100 personas. Los eventos realizados cuentan de una barra libre (período de tiempo en el que una persona puede consumir de manera gratuita las bebidas establecidas para el consumo en el local) en la que se sirven 2 tipos de cocteles: Ron mezclado con Coca-Cola y Vodka con jugo de naranja. La barra libre no genera ganancias a partir del costo inicial de la entrada al local. Sin embargo, una gran cantidad de personas (aproximadamente el 50%) prefieren comprar otro tipo de bebidas en la barra que no están incluidas en la barra libre. Estas bebidas no incluidas generan ganancias durante la noche por lo que es de gran interés por parte del local vender la mayor cantidad de bebidas no incluidas a los clientes sin que las bebidas incluidas ocupen el tiempo del barman.

## 1.4 FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.

¿La máquina será capaz de mantener la misma calidad y sabor de un coctel preparado por un barman?

¿La máquina será más rápida preparando cocteles que 2 barman juntos?

¿La máquina será socialmente aceptada por la gente?

¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la máquina?

## 1.5 JUSTIFICACIÓN.

### 1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.

La implementación de la máquina semiautomática para la mezcla de cocteles generará beneficios en comparación con el proceso de preparación manual.

El prototipo ayudará al bar a mejorar en las siguientes instancias:

- Mejora el tiempo de preparación de un coctel
- Entrega del producto con las cantidades exactas para cada coctel
- Disminución en el tiempo de espera de los clientes
- Mayor precisión en las mezclas realizadas

Para la construcción de esta máquina son consideradas las 3 áreas de la Ingeniería Mecatrónica:

#### **En la parte mecánica:**

El diseño de la máquina coctelera se fundamentará en:

- Un análisis estático de la estructura de la máquina.
- El diseño y selección de un sistema de mezclado apropiado para los cocteles.
- El diseño y selección de elementos mecánicos.
- La elaboración de planos mecánicos.

#### **En la parte electrónica:**

El dimensionamiento y selección de los componentes eléctricos y electrónicos se basarán en:

- La implementación de un controlador que administre el proceso.
- El acondicionamiento de señales para el control.
- Dimensionamiento apropiado de la fuente para el sistema dispensador, sistema de control, sistema de emergencia con base a las necesidades de voltaje y corriente.

- Elaboración de planos eléctricos.

#### **En la parte de control:**

La programación del sistema contemplará:

- Rutinas programadas para la preparación de cocteles
- Sincronización de dispositivos del sistema mezclador para una mezcla homogénea
- Ingreso de los datos de selección para el coctel a preparar y dispensar
- Implementación de la interfaz humano-máquina (HMI)

#### **1.5.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.**

Para la máquina de preparación de cocteles, se realizará un análisis de información referente a máquinas similares ya existentes, para comparar los tipos de estructuras y mecanismos utilizados, su tamaño y capacidad de preparación y almacenamiento de líquidos. Al analizar dicha información, se evalúan las posibles alternativas que se ajusten a los requerimientos de la empresa. Se analiza el costo de los componentes necesarios para construir la máquina y se establece una relación costo-beneficio.

#### **1.5.3 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.**

Para la preparación de un coctel se necesita un promedio de 3 ingredientes, los cuales son mezclados uno a uno hasta llegar al producto final deseado. Este proceso cuando se lo realiza de forma manual toma alrededor de 2 minutos por coctel, mientras que, con la implementación de la máquina dispensadora, se pretende lograr un ahorro de tiempo del 50%, y así duplicar la capacidad de cocteles entregados a los clientes y mejorar la calidad del producto.

#### **1.6 HIPÓTESIS.**

La máquina para la mezcla de cocteles es capaz de preparar bebidas a partir de 5 ingredientes principales que se encuentran en contenedores mediante un sistema de control de fluidos. La máquina produce 12 cocteles cada 10 minutos y es capaz de preparar hasta 3 cocteles al mismo tiempo. En una jornada de trabajo puede preparar hasta 200 bebidas sin interrupciones.

## 1.7 ESTADO DEL ARTE.

### 1.7.1 COCTELERÍA

Estudia la relación entre las bebidas y cualquier otro ingrediente que pueda ser añadido por diferentes métodos de preparación. Estos procesos son:

- Construidos (directos)
- Efervescencia
- Flambeado (Flambé)
- Licuados
- Mixeología
- Macerados
- Removidos

Existe una gran variedad de cocteles que son divididos en:

- Directo.- Cuando los ingredientes se mezclan de manera directa en el vaso que los va a contener.
- Refrescado.- Se pone hielo en el vaso y los ingredientes son mezclados en una coctelera con la ayuda de una cuchara bailarina.
- Batido.- Se preparan batiendo una coctelera de la forma clásica.
- Licuados.- Cuando se los realiza en una licuadora.
- Frozen.- Son preparados en licuadora con hielo molido.
- Flambeado.- Las preparaciones en las cuales se prende fuego.

Lo más importante para la preparación de un coctel son las medidas de los ingredientes para preparar la mezcla.

Algunos de los principios más importantes para la preparación de un coctel son los siguientes [1]:

- Es importante que el coctel sea preparado al momento de servirse.
- Para cada receta establecida se colocan las medidas exactas de cada ingrediente, no puede ser diferente cada vez que se prepara el mismo coctel.
- Primero se coloca el hielo y luego los ingredientes líquidos.
- Utilizar ingredientes frescos y de calidad.
- Bebidas gaseosas se colocan directo en el vaso. Nunca se las agita.

- Tener siempre listo el vaso donde se va a servir el coctel antes de prepararlo.
- Todo coctel se sirve con hielo, excepto que se indique lo contrario. El hielo refresca la bebida, suaviza el alcohol, fusiona los licores y realza el aroma.

### **1.7.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN EL BAR VIEJA GUARDIA PUB**

En la actualidad se realizan eventos en el bar Vieja Guardia PUB en donde asisten cerca de 100 personas. Los eventos realizados cuentan de una barra libre (período de tiempo en el que una persona puede consumir de manera gratuita las bebidas establecidas para el consumo en el local) en la que se sirven 2 tipos de cocteles: Ron mezclado con Coca-Cola y Vodka con jugo de naranja. La barra libre no genera ganancias a partir del costo inicial de la entrada al local. Sin embargo, una gran cantidad de personas (aproximadamente el 50%) prefieren comprar otro tipo de bebidas en la barra que no están incluidas en la barra libre. Estas bebidas no incluidas generan ganancias durante la noche por lo que es de gran interés por parte del bar vender la mayor cantidad de bebidas no incluidas a los clientes sin que las bebidas incluidas ocupen el tiempo del barman.

### **1.7.3 MÁQUINAS COCTELERAS SIMILARES**

En la Tabla 1.1 se observan las máquinas cocteleras similares en la que se especifican las características principales de las máquinas de la cual se obtiene los parámetros de referencia de este tipo de máquinas

Tabla 1.1. Máquinas cocteleras similares

Nombre de la máquina	Imagen	Características					
		Dimensiones (mm)	Costo (\$)	Número de posibles mezclas de cocteles	Capacidad (litros)	Tiempo de preparación de 1 coctel (s)	Extras
Coctail Cube	 <p><i>Figura 1.1. Coctail Cube</i> <i>Fuente: Aalto University [2]</i></p>	320x320x365	400	20	10	200	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad máxima de 10 ingredientes</li> <li>• Controlada por el usuario</li> <li>• Conexión mediante Wi-Fi</li> <li>• Máquina portátil</li> </ul>
Sistema automático de dosificación de bebidas	 <p><i>Figura 1.2. Dosificador de bebidas</i> <i>Fuente: Espe [3]</i></p>	900x272x411	2000	24	9	300	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad máxima de 9 ingredientes</li> <li>• Controlada por el barman</li> <li>• Interfaz HMI táctil</li> </ul>
TenderOne	 <p><i>Figura 1.3. TenderOne</i> <i>Fuente: TenderOne [4]</i></p>	2500x1500 x1500	No se vende. Comisión por cada coctel vendido.	200	100	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad máxima de 32 ingredientes</li> <li>• Controlada por el barman</li> <li>• Interfaz HMI táctil</li> </ul>

Nombre de la máquina	Imagen	Características					
		Dimensiones (mm)	Costo (\$)	Número de posibles mezclas de cocteles	Capacidad (litros)	Tiempo de preparación de 1 coctel (s)	Extras
BlendBow Barmate	 <p><i>Figura 1.4. BlendBow</i> <i>Fuente: BlendBow [5]</i></p>	900x600x2000	Se alquila a un precio de 3000 al mes	200	50	35	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corta fruta</li> <li>• Interfaz HMI táctil</li> <li>• Capacidad máxima de 12 ingredientes</li> <li>• Controlada por el usuario</li> <li>• Interfaz HMI táctil</li> </ul>
Cocktail machine 2012	 <p><i>Figura 1.5. Cocktail Machine 2012</i> <i>Fuente: EasyBar [6]</i></p>	1500x950 x2100	4500	50	20	70	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad máxima de 12 ingredientes</li> <li>• Controlada por el barman o el usuario</li> <li>• Interfaz HMI táctil</li> </ul>

## **CAPITULO II**

### **ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**

#### **2.1 DESARROLLO DEL DISEÑO BASADO EN LA CALIDAD**

La ingeniería concurrente establece que se deben tomar en cuenta los requerimientos de la calidad desde el diseño para asegurar que el producto cumpla con los requerimientos del cliente, satisfaciendo así, sus necesidades.

La calidad puede ser resumida en los siguientes puntos:

- Hacer el trabajo bien desde el principio y una sola vez.
- Evitar o reducir costos inútiles.
- Realizar una acción preventiva, anticiparse a los fallos, a los gastos inútiles [7].

Son 4 las fases que guían el proceso de desarrollo de la función de la calidad que dan como resultado las especificaciones que debe tener el producto. Las 4 fases son:

- Fase 1: Casa de la calidad
- Fase 2: Despliegue de componentes
- Fase 3: Planificación del proceso
- Fase 4: Planificación de la producción

#### **2.2 CASA DE LA CALIDAD**

La casa de la calidad traduce las demandas de los usuarios en requerimientos técnicos del producto. Esta casa se desarrolla siguiendo los siguientes pasos:

1. Voz del usuario
2. Análisis de la competitividad
3. Voz del ingeniero
4. Correlaciones
5. Comparación técnica
6. Compromisos técnicos

##### **2.2.1 VOZ DEL USUARIO**

Como factor principal de la calidad se establecen los requerimientos y deseos de un grupo representativo de usuarios, los cuales expresan mediante una lluvia de ideas todas sus expectativas con respecto al producto. En la Tabla 2.1 se

observa el listado de especificaciones por parte de la dueña y del barman del bar Vieja Guardia PUB.

*Tabla 2.1. Requerimientos del usuario*

#	REQUERIMIENTO
1	Que no ocupe mucho espacio
2	Rápida
3	Sin mucho mantenimiento
4	Sin muchas recargas de producto en una noche
5	Que permita crear nuevos cocteles
6	Fácil de limpiar
7	Fácil de usar
8	Fácil ensamblaje
9	Fácil traslación (dentro del bar)
10	Que no sea ruidosa
11	Que no tenga fugas
12	Que no sea peligroso para los clientes (que no cause ningún tipo de lesiones)
13	Pantalla táctil
14	Indicadores de preparación de coctel
15	Indicadores de falta de ingredientes
16	Que funcione conectando al enchufe de 110V

Agrupando los requerimientos establecidos por el usuario se obtiene la Tabla 2.2 en la que se observa en sí la voz del usuario.

*Tabla 2.2. Voz del usuario*

#	REQUERIMIENTO	REQUERIMIENTO AGRUPADO	#
1	Que no ocupe mucho espacio	Que no ocupe mucho espacio y de fácil traslado dentro del local.	1
9	Fácil traslación (dentro del bar)		
3	Sin mucho mantenimiento	Que la máquina requiera un mínimo mantenimiento, fácil de usar y fácil de ensamblar.	2
6	Fácil de limpiar		
7	Fácil de usar		
8	Fácil ensamblaje		
2	Rápida	Que prepare un coctel rápidamente.	3
10	Que no sea ruidosa	Que la máquina no genere ruido excesivo.	4
16	Que no sea peligroso para los clientes	Que la máquina sea segura para el operario y el cliente. REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 131 "SEGURIDAD E HIGIENE DE MAQUINARIA PARA PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS".	5
17	Pantalla táctil	Que la máquina posea indicadores y advertencias de falta de ingredientes, de preparación de cocteles.	6
18	Indicadores de preparación de coctel		
19	Indicadores de falta de ingredientes		
21	Que funcione conectando al enchufe de 110V	Que funcione conectando al enchufe de 110V	7

## 2.2.2 VOZ DEL INGENIERO

La voz del ingeniero traduce los requerimientos del usuario en requerimientos técnicos. La Tabla 2.3 contiene las especificaciones técnicas que se pide tener en la máquina.

*Tabla 2.3. Voz del ingeniero*

#	REQUERIMIENTO AGRUPADO	VOZ DEL INGENIERO
1	Que no ocupe mucho espacio y de fácil traslado dentro del local.	Dimensiones máximas de 1200x1200x2000 mm.
2	Que la máquina requiera un mínimo mantenimiento, fácil de usar y fácil de ensamblar.	Mantenimiento cada 6 meses.
3	Que prepare un coctel rápidamente.	Preparación de un coctel entre 10 y 60 segundos.
4	Que la máquina no genere ruido excesivo.	65 decibeles generados como máximo [8].
5	Que la máquina sea segura para el operario y el cliente.	Botones de emergencia y sensores de presencia. Norma RTE INEN 131 "SEGURIDAD E HIGIENE DE MAQUINARIA PARA PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS"
6	Que la máquina posea indicadores y advertencias de falta de ingredientes, de preparación de cocteles.	Sensores de nivel, alertas visuales y sonoras.
7	Que funcione conectando al enchufe de 110V	Alimentación de 110V

## 2.2.3 ANÁLISIS Y CONCLUSIONES DE LA CASA DE LA CALIDAD

La casa de la calidad se la elabora considerando la voz del usuario en la parte izquierda y la voz del ingeniero en la parte superior. Se observan las correlaciones y se obtienen los valores de ponderación e incidencia en la casa, esto se observa en el Anexo A.1.

Los resultados de la casa de la calidad se muestran en la Tabla 2.4:

*Tabla 2.4. Demandas de la casa de la calidad*

Demandas básicas	3, 5, 7
Demandas unidimensionales	1, 2, 6
Demandas estimulantes	4

Durante el diseño de la máquina se dará mayor prioridad al tiempo de preparación de un coctel y a los sensores de nivel de producto porque tienen porcentajes de 25% y 26% correspondientemente. El parámetro que tiene mayor correlación con los distintos aspectos de la máquina es la detección del producto.

Con respecto a la competencia la máquina debería mejorar para ser más competitiva en tiempo de preparación de un coctel, nivel de ruido de la máquina, seguridad del sistema y detección del producto.

## 2.3 FORMULACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

La Tabla 2.5 contiene las especificaciones técnicas a considerarse en el diseño de la máquina coctelera.

*Tabla 2.5. Especificaciones técnicas*

<b>Empresa:</b> Vieja Guardia PUB		<b>Producto:</b> MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA LA MEZCLA DE COCTELES			Fecha inicial 08/05/2018 Última revisión 22/05/2018
<b>Diseñador:</b> Martín Flor					<b>Página 1</b>
<b>Especificaciones</b>					
<b>Concepto</b>	<b>Fecha</b>	<b>Propone</b>	<b>R/D</b>	<b>Descripción</b>	
Función	22/05/2018	D	R	Dispensar 12 cocteles en 10 minutos	
		D	D	Mezclar y preparar 7 tipos diferentes de cocteles	
		D	R	Almacenar hasta 5 ingredientes para la preparación de cocteles	
		D	D	Atender los requerimientos de 3 clientes al mismo tiempo	
Materiales	22/05/2018	D	R	Acero con estándares alimenticios	
Costos	22/05/2018	C	D	Costo máximo de \$5000	
Plazo	22/05/2018	D	R	Plazo máximo de 365 días.	
Energía	22/05/2018	C	R	Alimentación al sistema usando la red eléctrica de 110V	
Dimensiones	22/05/2018	D	R	Dimensiones máximas de 1200x1200x2000 mm.	

Propone: C=Cliente; D=Diseñador

R/D: R=Requerimiento; D=Deseo

## 2.4 DISEÑO CONCEPTUAL

Se consideran las diferentes alternativas de solución para la máquina en base a las especificaciones técnicas establecidas anteriormente. Posteriormente se realiza una evaluación para la selección de la alternativa más adecuada.

### 2.4.1 ANÁLISIS FUNCIONAL

Para describir y resolver los problemas de diseño es de gran utilidad aplicar el concepto de función que es la transformación entre flujos de entrada y flujos de salida.

### 2.4.1.1 Nivel Cero

La función global representa de manera esquemática la tarea principal que realiza el producto a diseñar mediante un diagrama de bloques. Usando la norma VDI 2222 se observa en la Figura 2.1 el nivel 0 de la máquina.

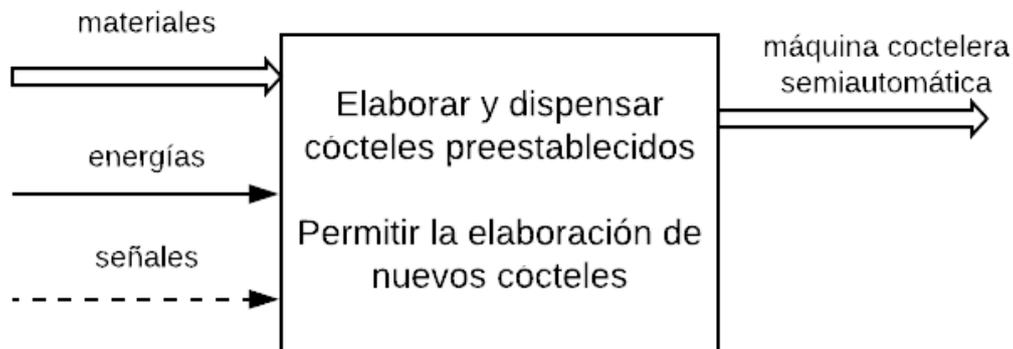


Figura 2.1. Análisis funcional nivel cero

### 2.4.1.2 Nivel Uno

El nivel 1 presentado en la Figura 2.2 indica los procesos involucrados para la creación y construcción de la máquina coctelera semiautomática, donde se especifican las principales etapas del sistema.

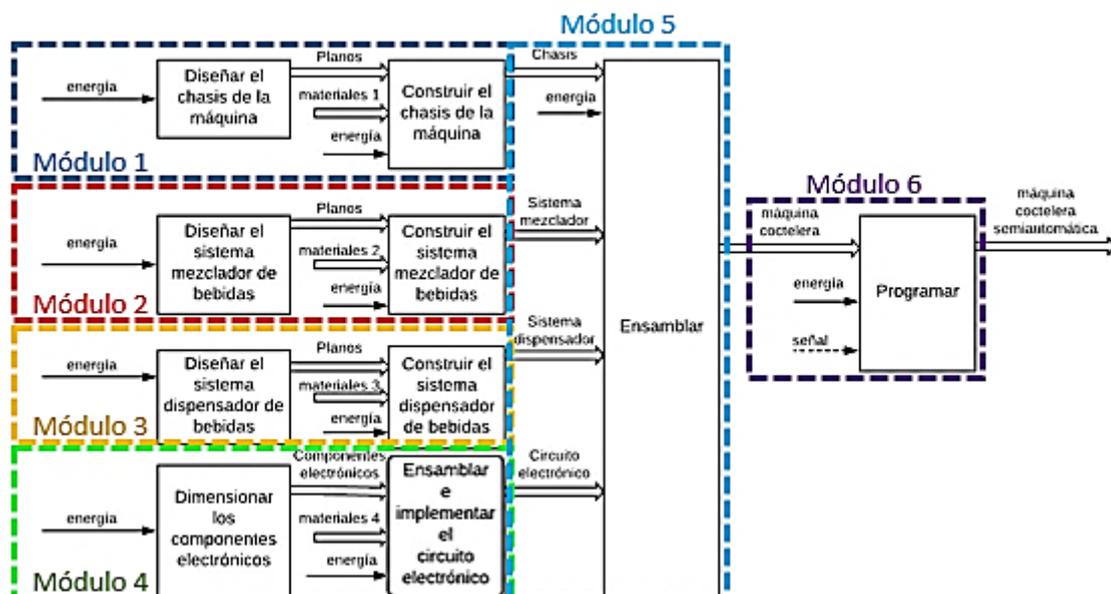


Figura 2.2. Análisis funcional nivel uno

Según la Figura 2.2 se observa en la Tabla 2.6 los materiales desglosados para una mejor comprensión del diagrama.

**Tabla 2.6.** Materiales del nivel Uno

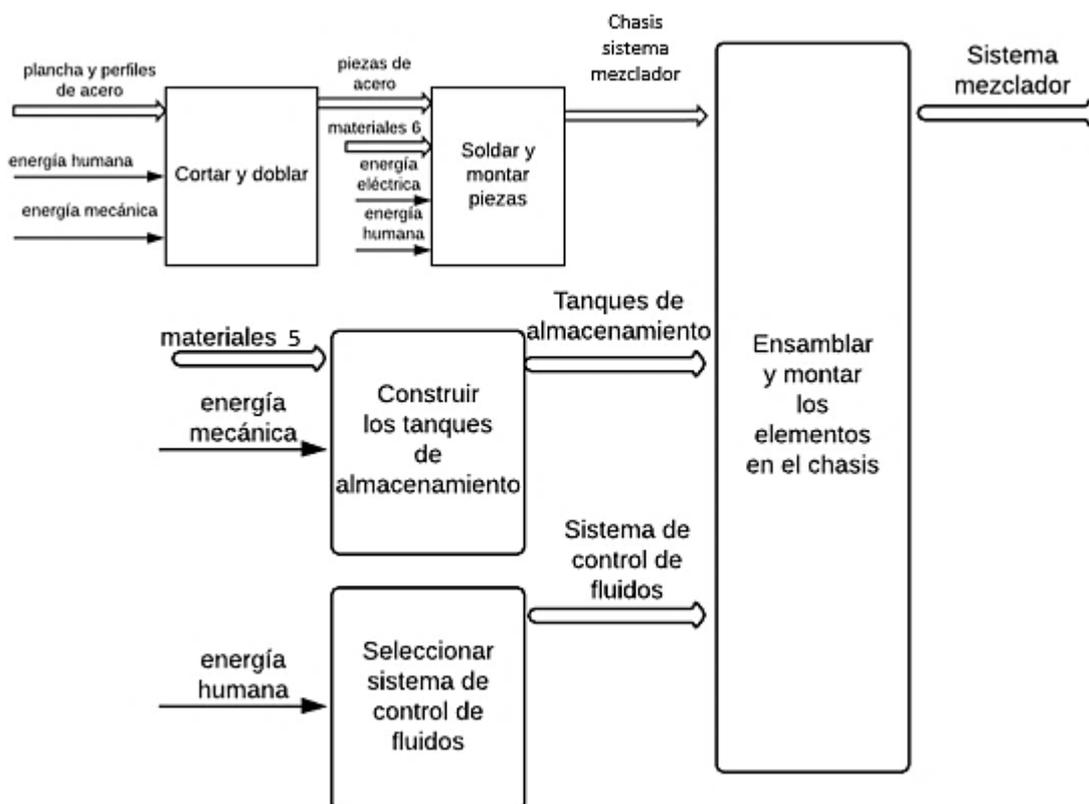
	Descripción
Materiales 1	Planchas, perfiles, electrodos, pernos, tornillos, etc.
Materiales 2	Bombas, mangueras, planchas, piezas, etc.
Materiales 3	Motores, piezas, mecanismos.
Materiales 4	Baquelita, estaño, cables, aislante, etc.

### 2.4.1.3 Nivel Dos

En este nivel se observa de manera más detallada los procesos para la construcción de la máquina con acciones más específicas. Se abren los módulos 2, 3, 4 y 6 porque son los que requieren alternativas de solución.

#### Módulo 2: Sistema mezclador

Se observa en la Figura 2.3 los bloques funcionales necesarios para obtener el sistema mezclador de bebidas.



**Figura 2.3.** Diagrama de bloques del sistema mezclador

### Módulo 3: Sistema dispensador

El diagrama de bloques de la Figura 2.4 muestra los bloques funcionales para la obtención del sistema dispensador de bebidas hacia el cliente.

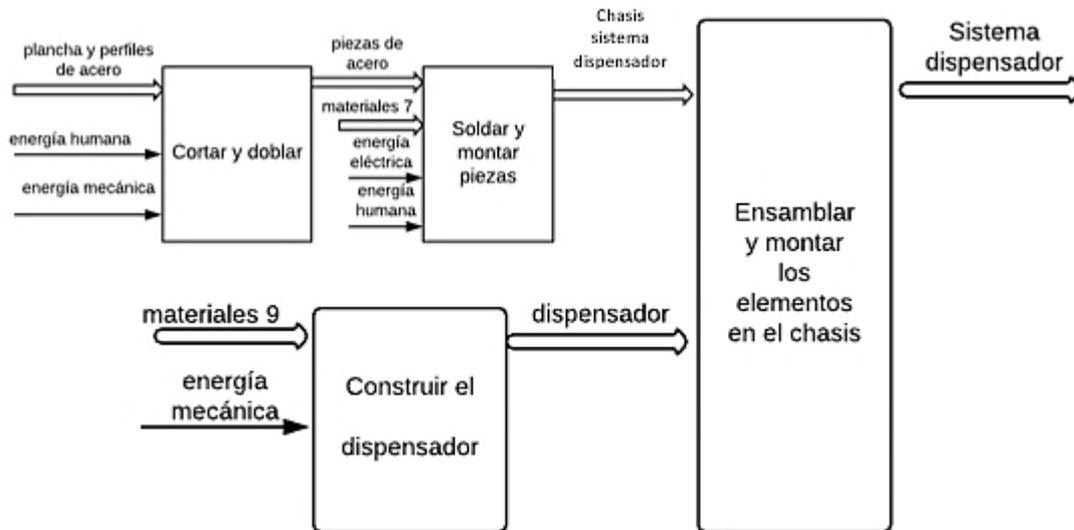


Figura 2.4. Diagrama de bloques del sistema dispensador

### Módulo 4: Circuito electrónico

La implementación del circuito electrónico se observa en la Figura 2.5.

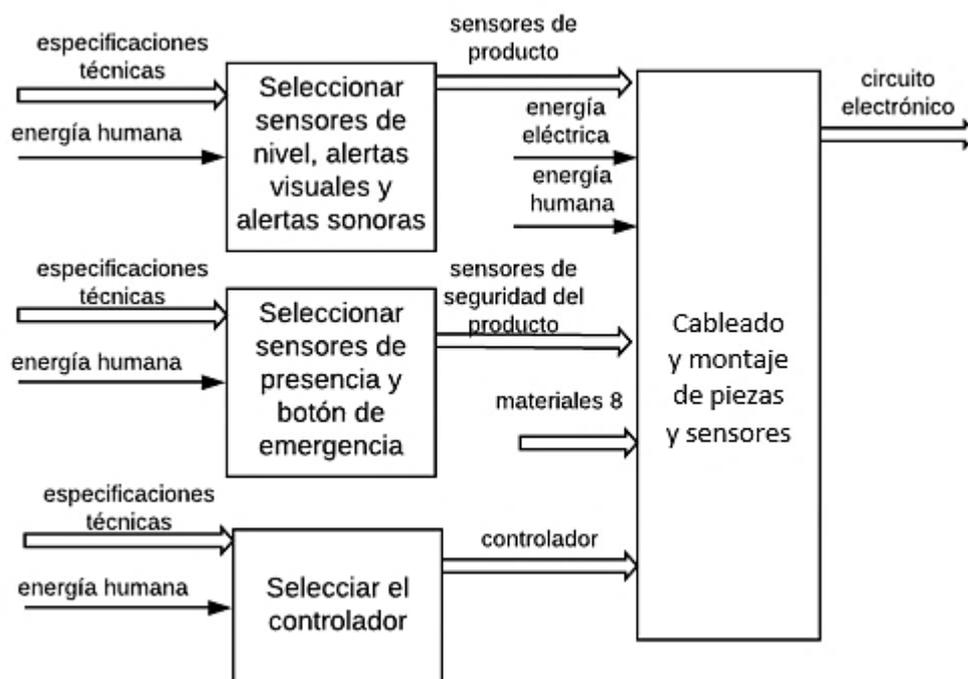


Figura 2.5. Diagrama de bloques del circuito electrónico

## Módulo 6: Programación del controlador

En la parte de la programación de la máquina se observa el funcionamiento de la misma en la Figura 2.6. Este diagrama tiene como entradas los módulos 2, 3, 4 y 5 especificados en el nivel 1 y la salida será la máquina coctelera semiautomática en funcionamiento.

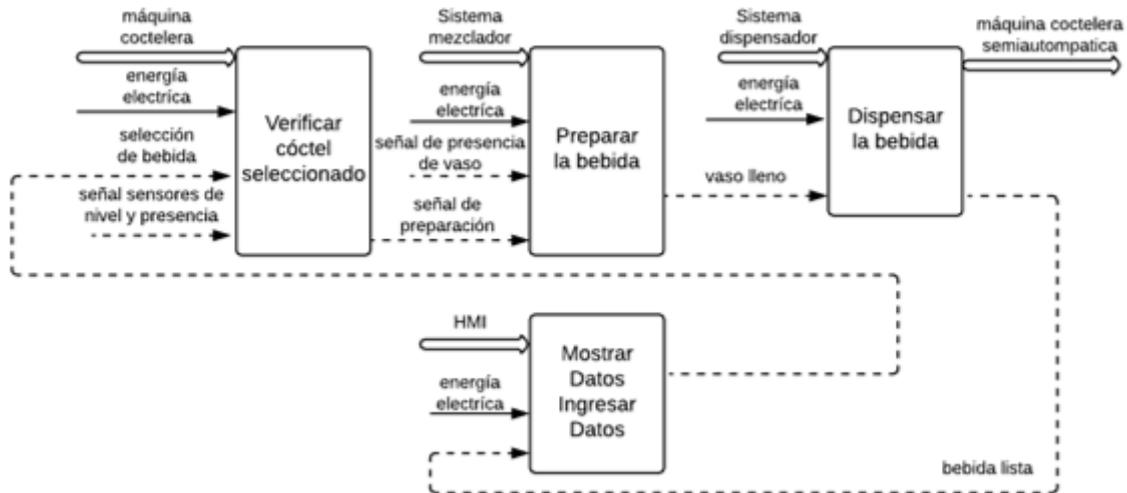


Figura 2.6. Diagrama de bloques del controlador

Se tiene en la Tabla 2.7 los materiales desglosados para una mejor comprensión del diagrama.

Tabla 2.7. Materiales del nivel Dos

	Descripción
Materiales 5	Planchas, perfiles, pernos, tornillos.
Materiales 6	Pernos, tornillos.
Materiales 7	Pernos, tornillos.
Materiales 8	Baquelita, estaño, cables, taípe, conectores, borneras.
Materiales 9	Motores, mecanismos, sujetadores, tornillos, tuercas.

### 2.4.2 DEFINICIÓN DE MÓDULOS FUNCIONALES

Una parte muy importante del diseño es la definición de cada uno de los módulos que forman parte de este sistema. Como se encuentran definidos en la sección anterior, los módulos a diseñar son:

- **Módulo 1: Chasis de la máquina**

Se fabrica el chasis de la máquina mediante energía tanto humana como mecánica. Este módulo es la estructura que requiere la máquina para mantener juntos todos los componentes.

- **Módulo 2: Sistema mezclador**

Para el sistema mezclador se necesita construir el chasis del sistema mezclador, los tanques de almacenamiento y el sistema que controla los fluidos para posteriormente ensamblarlos y obtener como producto el sistema mezclador de bebidas.

- **Módulo 3: Sistema dispensador**

Para el sistema dispensador es necesario la fabricación del chasis del sistema y las partes mecánicas que permiten al cliente colocar y extraer el vaso de la máquina y al mismo tiempo el drenaje de líquido en caso de que parte de la bebida llegue a derramarse.

- **Módulo 4: Circuito electrónico**

Este módulo consta de los sensores de nivel de cada ingrediente, sensores de presencia, botón de emergencia, alertas visuales, sonoras y el controlador de la máquina. Mediante el montaje y cableado de estos componentes se forma el circuito eléctrico.

- **Módulo 5: Ensamblaje**

Este módulo contiene a los módulos anteriores y se los ensambla para de esta manera obtener la máquina coctelera.

- **Módulo 6: Programación del controlador**

La función de este módulo es controlar el comportamiento de la máquina. Como primera instancia se tiene el ingreso de datos mediante una HMI el cual verifica en la base de datos del controlador si es posible preparar el coctel seleccionado. Si el coctel puede ser elaborado se procede a enviar la señal hacia el sistema mezclador para empiece a prepararlo siempre y cuando se encuentre un vaso presente. Se dará una señal de alerta y se mostrará en pantalla que la bebida se encuentra lista para que el cliente proceda a retirarlo.

### 2.4.3 SOLUCIONES PARA CADA MÓDULO

Luego de la definición de los módulos es necesario analizar cuáles serán las soluciones de cada uno de estos para cumplir los requerimientos de la máquina. Las soluciones para cada módulo se observan a continuación.

#### 2.4.3.1 Módulo 1: Chasis de la máquina

La única opción para solucionar este módulo es la construcción del chasis en un taller mecánico.

#### 2.4.3.2 Módulo 2: Sistema mezclador

Para este módulo se tienen las soluciones para los tanques de almacenamiento, sistema de control de fluidos y el sistema de mezcla de la bebida como se observa en la Tabla 2.8, Tabla 2.9 y Tabla 2.10. De acuerdo con la norma UNE-EN 1672-2 sección 5.2, los materiales para los tanques de almacenamiento deben ser resistentes a la corrosión, no tóxicos, no absorbentes, no deben transferir olores ni sabores a los alimentos y no deben contaminar el alimento.

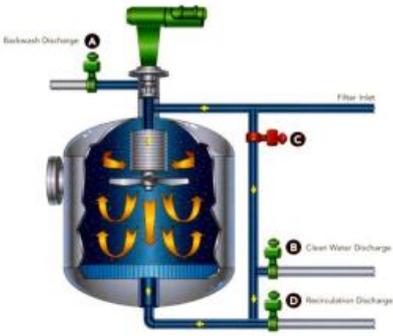
**Tabla 2.8.** Opciones de materiales para la construcción de los tanques de almacenamiento

Tanques de almacenamiento	
Acero inoxidable – AISI 304	Acero inoxidable – AISI 310
Este acero es recomendado para construcciones ligeras soldadas que deben tener una buena resistencia a la corrosión y excelente resistencia a la oxidación. Posee buenas propiedades mecánicas.	Se usa generalmente cuando se trabaja con altas temperaturas. Tiene excelente resistencia a la oxidación y a altas temperaturas. Es más costoso que el acero AISI 304.
 <p><b>Figura 2.7.</b> Acero inoxidable AISI 304 <b>Fuente:</b> Mecanizados SINC [9]</p>	 <p><b>Figura 2.8.</b> Acero inoxidable AISI 304 <b>Fuente:</b> QuimiNet [10]</p>

**Tabla 2.9.** Opciones de sistemas de control de fluidos

Control de fluidos	
Bombas peristálticas	Electroválvulas
El rotor con un número de rodillos comprime un tubo flexible para forzar el bombeo del fluido a través del tubo. El líquido no tiene contacto con la bomba. Estas bombas son usadas para bombear fluidos limpios o estériles porque la bomba no puede contaminar el líquido.	Controla el paso del fluido abriendo o cerrando la válvula. Puede usarse para regular la caída del líquido por gravedad o también para controlar el paso del mismo si se tiene un sistema a una cierta presión.
 <p><b>Figura 2.9.</b> Bomba peristáltica <b>Fuente:</b> Bombas [11]</p>	 <p><b>Figura 2.10.</b> Electroválvulas <b>Fuente:</b> Vuototécnica [12]</p>

**Tabla 2.10.** Opciones de sistemas de mezcla de fluidos

Mezcla de fluidos	
Por gravedad	Agitación
Los líquidos caen directamente en el vaso y se mezclan por acción de la gravedad.	Agita la mezcla por medio de paletas hasta su homogenización.
 <p><b>Figura 2.11.</b> Mezcla por gravedad <b>Fuente:</b> La gran cervecería [13]</p>	 <p><b>Figura 2.12.</b> Mezcla por agitación <b>Fuente:</b> Agitadores [14]</p>

### 2.4.3.3 Módulo 3: Sistema dispensador

Se soluciona en este paso el ingreso y la salida de los vasos de la máquina, es decir, antes y después del llenado del mismo. Se observan las soluciones en la Tabla 2.11.

*Tabla 2.11. Opciones de soluciones para el sistema de dispensar el vaso*

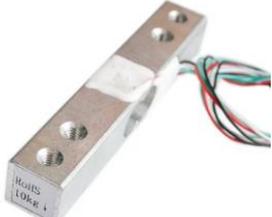
Sistemas para dispensar el vaso	
Sistema móvil	Sistema fijo
Este sistema posee mecanismos para trasladar los vasos y de esta manera ubicar al vaso en el área de llenado y de vuelta al área de despacho hacia el cliente.	Consta de una rejilla sobre la cual se coloca el vaso en una posición estática debajo de la cual estará ubicada la mezcladora. No contiene elementos móviles.
 <p><b>Figura 2.13.</b> Sistema dispensador móvil circular Fuente: 22mm [15]</p>	 <p><b>Figura 2.14.</b> Sistema dispensador fijo Fuente: 22mm [16]</p>

### 2.4.3.4 Módulo 4: Circuito electrónico

Para el módulo eléctrico se observan las soluciones de sensores de nivel en la Tabla 2.12, de alertas visuales en la Tabla 2.13 y de sensores de presencia en la Tabla 2.14

*Tabla 2.12. Opciones de soluciones para los sensores de nivel de tanque*

Sensores de nivel de tanque		
Ultrasonido	De peso	Flotadores
Detecta el nivel del líquido en el tanque con una precisión de +- 1 a 3%. Es sensible a la densidad del fluido y	Al conocer la geometría del tanque y un líquido de densidades conocidas se puede conocer el nivel del	Método sencillo. Se usa un flotador en contacto con el líquido para determinar el cambio de posición en

causa erróneas cuando existe espuma.	señales	líquido restando el peso del tanque vacío.	el líquido. Precisión de +-1 a 3%. Existe la desventaja de traba mecánica o desgastes.
			
<b>Figura 2.15.</b> Sensor ultrasónico <b>Fuente:</b> Naylamp Mechatronics[17]		<b>Figura 2.16.</b> Sensor de peso <b>Fuente:</b> Sensores [18]	<b>Figura 2.17.</b> Flotador <b>Fuente:</b> Fluid [19]

**Tabla 2.13.** Opciones de soluciones para alertas visuales

Alertas visuales	
Luces piloto	Baliza
Emite luz cuando se activa. Indicador visual de distintos colores.	Es un objeto señalizador que da una advertencia lumínica.
	
<b>Figura 2.18.</b> Luces piloto <b>Fuente:</b> Wikipedia [20]	<b>Figura 2.19.</b> Baliza <b>Fuente:</b> Saveline [21]

**Tabla 2.14.** Opciones de soluciones para sensores de presencia

Sensores de presencia		
Ultrasonido	Infrarrojo	Cámara
Detecta la presencia de un objeto con una precisión de +-1 a 3%.	Detecta si existe un objeto delante del sensor siempre y cuando la superficie sea reflectiva.	Adquiere datos y procesa imágenes para reconocer los objetos que se encuentran en el área de visión.



### 2.4.3.5 Módulo 5: Ensamblaje

Para este módulo sólo se tiene una alternativa de solución que es el ensamblaje mediante energía manual.

### 2.4.3.6 Módulo 6: Programación del controlador

Las opciones para el controlador se observan en la Tabla 2.15.

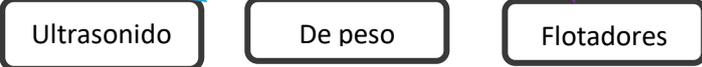
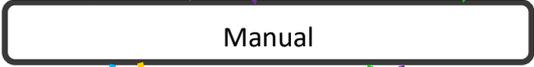
*Tabla 2.15. Opciones de soluciones de controladores*

Controladores	
PLC M-DUINO Arduino	PLC Tengon
Entradas y salidas analógicas y digitales. Comunicación por USB, RS485, I2C, SPI. Programación en software libre. Hasta 58 I/O.	Proporciona un puerto Ethernet 10 / 100M, puerto RS232 y / o RS485, que admiten el protocolo Modbus TCP y Modbus RTU. Con un alto diseño integrado, puede trabajar de -40 a 85 grados centígrados.
 <p><b>Figura 2.23.</b> M-DUINO <b>Fuente:</b> PLC ARDUINO M-DUINO [24]</p>	 <p><b>Figura 2.24.</b> PLC TENGCON <b>Fuente:</b> PLC BEIJING [25]</p>

### 2.4.4 MATRIZ MORFOLÓGICA

En la Tabla 2.16 se observan las posibles combinaciones para dar soluciones a todo el sistema. Esto se realiza en función de los objetivos y los requerimientos del producto.

Tabla 2.16. Matriz morfológica

Función	Componente
Construcción del chasis de la máquina	
Construcción de los tanques de almacenamiento	
Controlar los fluidos	
Mezclar los fluidos	
Dispensar el vaso	
Determinar el nivel de los tanques	
Dar una alerta visual	
Evitar riesgos	
Ensamblar la estructura	
Programar el controlador	

Alternativa 1, Alternativa 2, Alternativa 3, Alternativa 4

En la Tabla 2.17 se resume cada una de las alternativas posibles generadas en la matriz morfológica.

Tabla 2.17. Resumen de alternativas

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Construcción en taller mecánico	Construcción en taller mecánico	Construcción en taller mecánico	Construcción en taller mecánico
Tanques de acero inoxidable AISI 304	Tanques de acero inoxidable AISI 304	Tanques de acero inoxidable AISI 310	Tanques de acero inoxidable AISI 310
Control de fluidos por electroválvulas	Control de fluidos por bombas peristálticas	Control de fluidos por bombas peristálticas	Control de fluidos por electroválvulas
Mezcla por agitación	Mezcla por gravedad	Mezcla por gravedad	Mezcla por agitación
Sistema de dispensado fijo	Sistema de dispensado fijo	Sistema de dispensado móvil	Sistema de dispensado móvil
Nivel de tanque por flotadores	Nivel de tanque por ultrasonido	Nivel de tanque por peso	Nivel de tanques por ultrasonido
Alerta visual por baliza	Alerta visual por luces piloto	Alerta visual por luces piloto	Alerta visual por baliza
Sensor infrarrojo anti riesgos	Sensor ultrasónico anti riesgos	Sensor infrarrojo anti riesgos	Cámara anti riesgos
Ensamblaje manual de la estructura	Ensamblaje manual de la estructura	Ensamblaje manual de la estructura	Ensamblaje manual de la estructura
PLC Tengen	PLC M-DUINO	PLC M-DUINO	PLC Tengen

#### 2.4.5 MATRIZ DE RESIDUOS PONDERADOS

Se analizan las diferentes alternativas de solución para satisfacer los requerimientos establecidos por el cliente. Mediante el método de residuos criterios ponderados se cuantifican las características de cada alternativa según su efectividad e importancia.

Después de realizar las tablas y el análisis de cada solución se puede obtener la mejor solución a la cual se debe dar mayor prioridad en el esquema de la solución final. [7]

Como primer paso se evalúan los criterios más importantes para el diseño de la máquina. En el caso de la máquina coctelera los criterios más importantes son:

##### a) Peso

Se requiere que la máquina no sea muy pesada porque es necesario su traslado dentro del local hacia distintas ubicaciones.

**b) Tiempo de preparación de un coctel**

Es de gran importancia que la máquina prepare un coctel en el menor tiempo posible porque esto mantiene satisfecho al cliente al evitar líneas de espera.

**c) Seguridad**

La máquina debe ser segura. En caso de que cause algún tipo de accidente hacia un cliente podría incurrir en serias demandas.

**d) Costo**

Los costos de elaboración de la máquina no deben ser muy elevados porque el comprador perdería el interés en la adquisición de la máquina.

**e) Dimensiones**

La máquina no debe excederse en dimensiones porque ocuparía el espacio requerido para la circulación de personas dentro del local.

Para usar esta metodología los valores a asignar en las tablas son los siguientes:

- 1, si el criterio de la fila es mejor que el de la columna
- 0.5, si el criterio de la fila es igual que el de la columna
- 0, si el criterio de la fila es peor que el de la columna

Al conocer los criterios y analizar su importancia se realiza la ponderación de estos 5 criterios en la Tabla 2.18.

*Tabla 2.18. Ponderación de criterios*

Criterios	Peso	Tiempo	Seguridad	Costo	Dimensiones	$\sum+1$	Ponderación
<b>Peso</b>		0	0	0	0	1	0,0667
<b>Tiempo</b>	1		0	1	1	4	0,2667
<b>Seguridad</b>	1	1		1	1	5	0,3333
<b>Costo</b>	1	0	0		0	2	0,1333
<b>Dimensiones</b>	1	0	0	1		3	0,2
<b>Suma</b>						<b>15</b>	<b>1</b>
<b>Seguridad&gt;Tiempo&gt;Dimensiones&gt;Costo&gt;Peso</b>							

Desde la Tabla 2.19 a la Tabla 2.23 se evalúan cada una de las alternativas de solución en función a cada criterio.

**Peso:** Este criterio tiene relación directa con el material del cual estarán contruidos los tanques de almacenamiento. Mientras más pesada sea la estructura menor ponderación tendrá. La ponderación se encuentra en la Tabla 2.19.

**Tabla 2.19.** Análisis del peso en las diferentes alternativas

Peso	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	0,5	1,5	0,1500
Alternativa 2	1		0,5	1	3,5	0,3500
Alternativa 3	1	0,5		1	3,5	0,3500
Alternativa 4	0,5	0	0		1,5	0,1500
<b>Suma</b>					<b>10</b>	<b>1</b>
<b>Alternativa 2 = Alternativa 3 &gt; Alternativa 1 = Alternativa 4</b>						

Tiempo: En este parámetro se identifica el tiempo de preparación de un coctel, el cual, tendrá mayor ponderación si el tiempo es menor. Uno de los factores más influyentes en este parámetro es el sistema de mezcla del coctel, si se realiza por agitación el proceso demora más que al realizarlo mediante caída por gravedad. La ponderación se observa en la Tabla 2.20.

**Tabla 2.20.** Análisis del tiempo en las diferentes alternativas

Tiempo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	0,5	1,5	0,1500
Alternativa 2	1		0,5	1	3,5	0,3500
Alternativa 3	1	0,5		1	3,5	0,3500
Alternativa 4	0,5	0	0		1,5	0,1500
<b>Suma</b>					<b>10</b>	<b>1</b>
<b>Alternativa 2 = Alternativa 3 &gt; Alternativa 4 = Alternativa 1</b>						

Seguridad: En este caso se identifican los posibles riesgos que podría tener el usuario y como dar una respuesta rápida a los mismos. El principal factor que influye en esta ponderación es la cantidad de mecanismos que posea la máquina, mientras más partes móviles se encuentre presentes, existe un mayor riesgo. El sistema tendrá mejor ponderación si es más seguro como se observa en la Tabla 2.21.

**Tabla 2.21.** Análisis de la seguridad en las diferentes alternativas

Seguridad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	2	0,2000
Alternativa 2	1		1	1	4	0,4000
Alternativa 3	1	0		1	3	0,3000
Alternativa 4	0	0	0		1	0,1000
<b>Suma</b>					<b>10</b>	<b>1</b>
<b>Alternativa 2 &gt; Alternativa 3 &gt; Alternativa 1 &gt; Alternativa 4</b>						

Costo: La construcción de la máquina plantea economizar gastos para que el comprador muestre más interés en la adquisición del producto, si la máquina es menos costosa poseerá una mejor ponderación como muestra la Tabla 2.22. El principal factor de influencia aquí es el material de construcción de los tanques de almacenamiento porque el acero inoxidable AISI 310 es más costoso que el AISI 304, mas sin embargo, también influye el número de componentes usados en la máquina.

**Tabla 2.22.** Análisis del costo en las diferentes alternativas

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\sum+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	2	0,2000
Alternativa 2	1		1	1	4	0,4000
Alternativa 3	1	0		1	3	0,3000
Alternativa 4	0	0	0		1	0,1000
<b>Suma</b>					<b>10</b>	<b>1</b>
<b>Alternativa 2 &gt; Alternativa 3 &gt; Alternativa 1 &gt; Alternativa 4</b>						

Dimensiones: La máquina debe ser lo más compacta posible para de esta manera ahorrar espacio de circulación de clientes dentro del local. El factor principal que influye en el tamaño de la coctelera es la implementación de la menor cantidad de sistemas en la misma. Al utilizar un sistema de mezcla por gravedad se ahorra el espacio que ocuparía un sistema de agitación en la máquina. Si las dimensiones son más pequeñas la ponderación es mayor como se observa en la Tabla 2.23.

**Tabla 2.23.** Análisis de las dimensiones en las diferentes alternativas

Dimensiones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\sum+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	0,5	1,5	0,1500
Alternativa 2	1		0,5	1	3,5	0,3500
Alternativa 3	1	0,5		1	3,5	0,3500
Alternativa 4	0,5	0	0		1,5	0,1500
<b>Suma</b>					<b>10</b>	<b>1</b>
<b>Alternativa 2 = Alternativa 3 &gt; Alternativa 4 = Alternativa 1</b>						

En la Tabla 2.24 se identifica la alternativa a dar prioridad en los criterios analizados anteriormente.

**Tabla 2.24.** Evaluación de alternativas

Peso	Tiempo	Seguridad	Costo	Dimensiones	$\Sigma$	Prioridad
0,010	0,04	0,067	0,0267	0,03	0,173	3
0,023	0,107	0,133	0,053	0,07	0,387	1
0,023	0,08	0,1	0,040	0,07	0,313	2
0,010	0,04	0,033	0,013	0,03	0,127	4

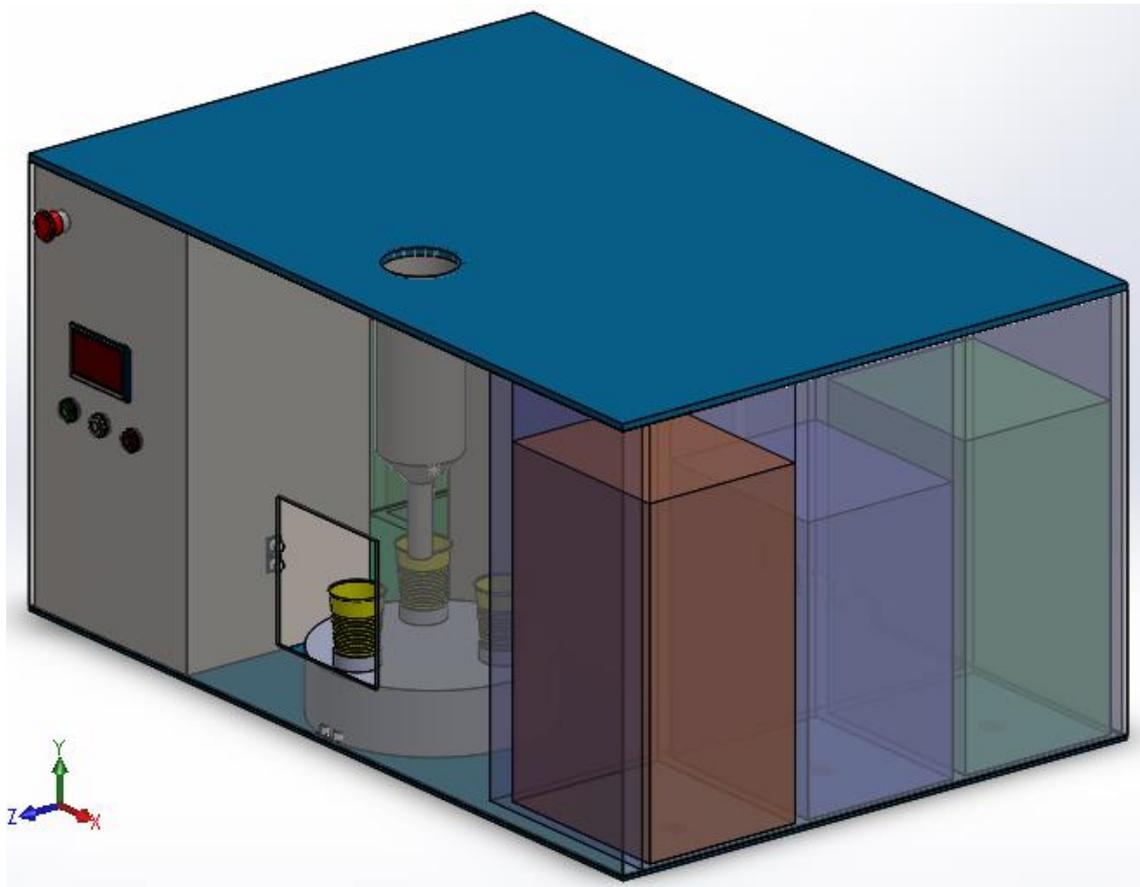
Como conclusión de este análisis se identifica que la mejor solución es la alternativa 2, la cual plantea la construcción del chasis en un taller mecánico, sus tanques deben ser de acero inoxidable AISI 304, el control de fluidos se realiza mediante bombas peristálticas, la mezcla de ingredientes por gravedad, se usa un sistema fijo para dispensar el coctel hacia el usuario, los sensores de nivel de tanques son por peso, la alerta visual es implementada mediante luces piloto, un sensor ultrasónico evita los riesgos del ingreso de algún tipo de cuerpo hacia la máquina y controla que el vaso se encuentre en posición correcta antes de iniciar el proceso, el ensamblaje se lo realiza de forma manual y el sistema se lo controla mediante un PLC M-DUINO.

## CAPITULO III

### DISEÑO DE LA PROPUESTA

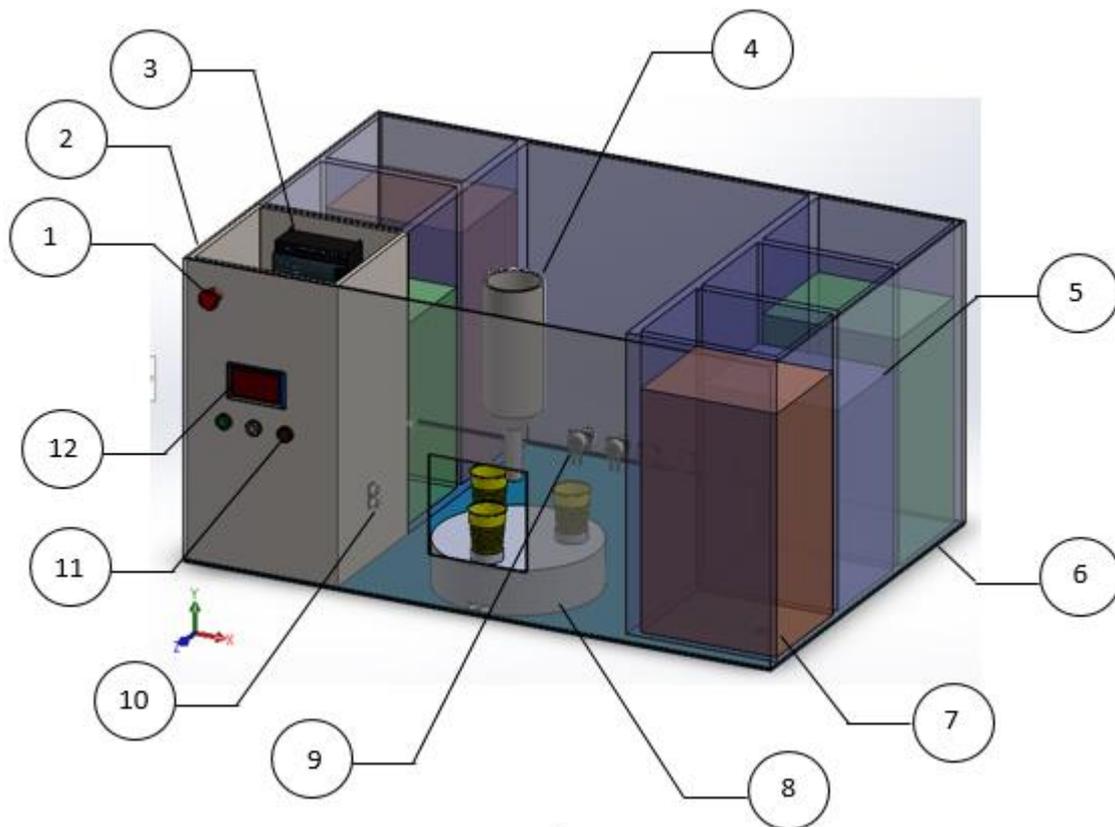
#### 3.1 ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN

Con la alternativa seleccionada en la Tabla 2.24 se realiza el esquema de la solución que se observa en la Figura 3.1, el cual posee todos los componentes considerados en dicha alternativa.



*Figura 3.1. Esquema de solución en SOLIDWORKS*

Para una mejor visualización del esquema y de los componentes que lo integran, se retira la parte superior de la máquina. En la Figura 3.2 se observan los componentes de la máquina.



**Figura 3.2.** Esquema de solución con sus componentes en SOLIDWORKS

Los componentes que se observan en la Figura 3.2 son los siguientes:

1. Botón de emergencia
2. Switch de encendido
3. PLC
4. Mezcladora
5. Tanques de almacenamiento
6. Chasis de la máquina
7. Sensor nivel de líquido
8. Sistema dispensador
9. Bombas peristálticas
10. Sensores de seguridad
11. Luces piloto
12. HMI

## 3.2 DISEÑO MECÁNICO

Los componentes de la Figura 3.2 que requieren un diseño mecánico son la mezcladora (4), los tanques de almacenamiento (5), el chasis de la máquina (6), el sistema dispensador (8) y las bombas peristálticas (9).

El diseño debe comenzarse desde el producto, por lo que lo primero que se dimensiona son los tanques de almacenamiento que van a contener los ingredientes de cada uno de los cocteles, los cuales según la Figura 3.3 pertenecen al área de comida.

### 3.2.1 DISEÑO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Para el diseño de los tanques se deben considerar los siguientes aspectos:

- Volumen de los tanques
- Parámetros de diseño
  - Tipo de servicio
  - Temperatura de diseño
  - Presión de diseño
- Selección del tipo de tanque

#### 3.2.1.1 Cálculo del volumen de los tanques

Para realizar el dimensionamiento de los tanques se usa el estudio obtenido en la Vieja Guardia PUB & GRILL como se ve observa en el anexo A.2 que indica que en las noches con más afluencia de personas se han llegado a consumir hasta 36 botellas de ron y 30 de vodka en el plazo de 6 horas.

Cada botella es de 750 ml con lo que se calcula la cantidad total consumida para cada uno de estos licores (1).

$$V = n \times v \quad (1)$$

Donde:

$V$  es el volumen total consumido, en ml

$n$  es el número de botellas consumidas

$v$  es el volumen de una botella, en ml

##### 3.2.1.1.1 Volumen del tanque de ron ( $V_r$ )

Primero se realiza el cálculo para el tanque de ron con la ecuación (1)

$$V_r = n_r \times v_r$$

$$V_r = 36 \times 750ml$$

$$V_r = 27000ml = 27 \text{ Litros}$$

A esto se le adiciona un 5% como factor de seguridad y se obtiene el volumen final del ron ( $V_{fr}$ )

$$V_{fr} = V_r * 105\%$$

$$V_{fr} = 27L * 105\%$$

$$V_{fr} = 28.35L$$

### 3.2.1.1.2 Volumen del tanque de vodka ( $V_v$ )

Posteriormente se realiza para el volumen total del vodka con la ecuación (1).

$$V_v = n_v \times v_v$$

$$V_v = 30 \times 750ml$$

$$V_v = 22500ml = 22.5 \text{ Litros}$$

A esto se le adiciona un 5% como factor de seguridad y se obtiene el volumen final del vodka ( $V_{fv}$ )

$$V_{fv} = V_v * 105\%$$

$$V_{fv} = 22.5L * 105\%$$

$$V_{fv} = 23.625L$$

### 3.2.1.1.3 Volumen del tanque de Coca-Cola ( $V_c$ )

Posteriormente se calcula el volumen ocupado por los otros ingredientes complementarios de cada coctel (Coca-Cola y jugo de naranja).

La receta del bar Vieja Guardia PUB & GRILL establece que para preparar el CubaLibre se necesita una tercera parte de ron y dos terceras partes de Coca-Cola (2). Con esto se obtiene (3) y (4):

$$V_{tl} = V_r + V_c \quad (2)$$

$$V_r = \frac{1}{3} V_{tl} \quad (3)$$

$$V_c = \frac{2}{3} V_{tl} \quad (4)$$

Donde:

$V_{tl}$  es el volumen total del Cuba libre, en litros

$V_r$  es el volumen total del ron, en litros

$V_c$  es el volumen total de la Coca-Cola, en litros

Usando (3)

$$V_r = \frac{1}{3} V_{tl}$$

$$27 L = \frac{1}{3} V_{tl}$$

$$V_{tl} = 81 L$$

Usando (4)

$$V_c = \frac{2}{3} V_{tl}$$

$$V_c = \frac{2}{3} (81 L)$$

$$V_c = 54 L$$

A esto se le adiciona un 5% como factor de seguridad y se obtiene el volumen final de la Coca-Cola ( $V_{fc}$ )

$$V_{fc} = V_c * 105\%$$

$$V_{fc} = 54 L * 105\%$$

$$V_{fc} = 56.7 L$$

#### 3.2.1.1.4 Volumen del tanque de jugo de naranja ( $V_j$ )

La receta para preparar un ScrewDriver establece que es necesario una tercera parte de vodka y dos terceras partes de jugo de naranja (5), (6) y (7).

$$V_{ts} = V_v + V_j \quad (5)$$

$$V_v = \frac{1}{3} V_{ts} \quad (6)$$

$$V_j = \frac{2}{3} V_{ts} \quad (7)$$

Donde:

$V_{ts}$  es el volumen total del ScrewDriver, en litros

$V_v$  es el volumen total del vodka, en litros

$V_j$  es el volumen total del jugo de naranja, en litros

Usando (6)

$$V_v = \frac{1}{3} V_{ts}$$

$$22.5 L = \frac{1}{3} V_{ts}$$

$$V_{ts} = 67.5 L$$

Usando (4)

$$V_j = \frac{2}{3} V_{ts}$$

$$V_j = \frac{2}{3} (67.5 L)$$

$$V_j = 45 L$$

A esto se le adiciona un 5% como factor de seguridad y se obtiene el volumen final del jugo de naranja ( $V_{fj}$ )

$$V_{fj} = V_c * 105\%$$

$$V_{fj} = 45 L * 105\%$$

$$V_{fj} = 47.25 L$$

### 3.2.1.1.5 Volumen del tanque de zumo de limón (VI)

El último tanque para dimensionar es el del zumo de limón que usa una décima parte para ambos cocteles.

$$V_{tc1} = V_{tl} + V_{l1} \quad (8)$$

$$V_{tl} = \frac{9}{10} V_{tc} \quad (9)$$

$$V_{l1} = \frac{1}{10} V_{tc} \quad (10)$$

$$V_{tc2} = V_{ts} + V_{l2} \quad (11)$$

$$V_{ts} = \frac{9}{10} V_{tc2} \quad (12)$$

$$V_{l2} = \frac{1}{10} V_{tc2} \quad (13)$$

Donde:

$V_{tc}$  es el volumen total del coctel 1 preparado, en litros

$V_{tl}$  es el volumen total del CubaLibre, en litros

$V_{l1}$  es el volumen total 1 del zumo de limón, en litros

$V_{tc2}$  es el volumen total del coctel 2 preparado, en litros

$V_{ts}$  es el volumen total del ScrewDriver, en litros

$V_{l2}$  es el volumen total 2 del zumo de limón, en litros

Usando (9)

$$V_{tl} = \frac{9}{10} V_{tc}$$

$$81 L = \frac{9}{10} V_{tc}$$

$$V_{tc} = 90 L$$

Usando (10)

$$V_{l1} = \frac{1}{10} (90 L)$$

$$V_{l1} = 9 L$$

Usando (12)

$$V_{ts} = \frac{9}{10} V_{tc2}$$

$$67.5 L = \frac{9}{10} V_{tc2}$$

$$V_{tc2} = 75 L$$

Usando (13)

$$V_{l2} = \frac{1}{10} V_{tc2}$$

$$V_{l2} = \frac{1}{10} (75 L)$$

$$V_{l2} = 7.5 L$$

Sumando ambos volúmenes y añadiendo el 5% de seguridad se obtiene el volumen final del zumo de limón ( $V_{fl}$ ).

$$V_{fl} = (V_{l2} + V_{l1}) * 105\%$$

$$V_{fl} = (9 L + 7.5 L) * 105\%$$

$$V_{fl} = 17.325 L$$

### 3.2.1.1.6 Resumen del dimensionamiento del volumen de los tanques

El resumen se muestra en la Tabla 3.1

**Tabla 3.1.** Capacidades requeridas para cada ingrediente

Tanque	Capacidad requerida (L)
Ron	28.35
Vodka	23.63
Coca-Cola	56.7
Jugo de naranja	47.25
Zumo de limón	17.33

Estas capacidades se estandarizan como se presenta en la Tabla 3.2

**Tabla 3.2.** Capacidades estandarizadas

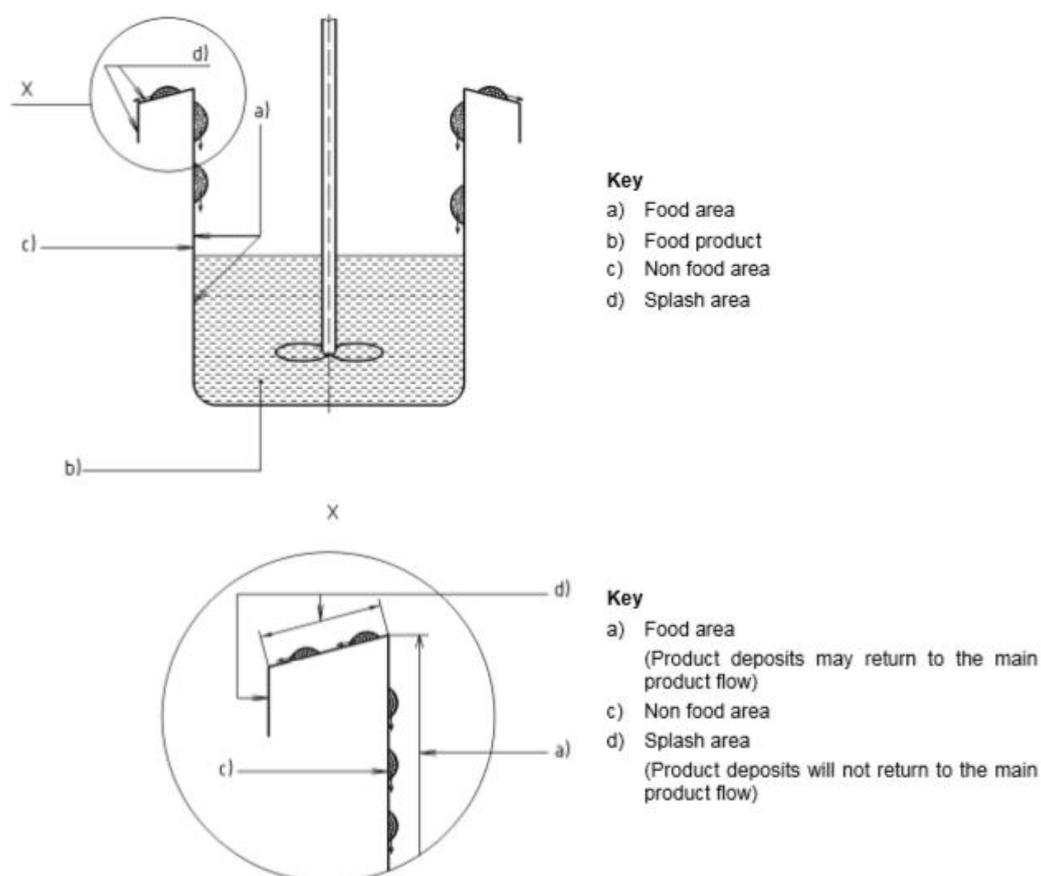
Tanque	Capacidad requerida (L)	Capacidad estandarizada (L)
Ron	28.35	30
Vodka	23.63	30
Coca-Cola	56.7	60
Jugo de naranja	47.25	60
Zumo de limón	17.33	20

### 3.2.1.2 Parámetros de diseño

Se plantean estos parámetros de diseño para posteriormente elegir la mejor opción del tipo de tanque que se va a usar en la máquina.

#### 3.2.1.2.1 Tipo de servicio

Estos tanques son utilizados para el almacenamiento de bebidas de acuerdo a la normativa INEN RTE-131 que hace referencia a la norma española UNE-EN 1672-2 para maquinaria de grado alimenticio, en la cual se indica que para diseño de la máquina deben considerarse 3 áreas principales, cómo se muestra en la Figura 3.3.



**Figura 3.3.** Áreas en las máquinas alimenticias

Fuente: UNE-EN 1672-2 [26]

La norma exige que el área donde se encuentra el alimento o “food area” como señala la Figura 3.3 debe estar construido de un material del cual no se desprenda ningún tipo de partículas o cuerpos extraños se introduzcan en el alimento, es decir que no exista riesgo de contaminación. Lo mismo aplica para el “splash área” o área de salpicaduras. El “non food área” puede estar constituido de cualquier otro material.

### 3.2.1.2.2 Temperatura de diseño

La temperatura a la cual estará expuesta está entre los 8°C hasta los 30°C como se muestra en el anexo A.3.

Estas temperaturas no son altas, por lo que el material con el cual serán construidos los tanques no requiere de ningún tratamiento especial.

### 3.2.1.2.3 Presión de diseño

La presión que deben soportar los tanques de almacenamiento es igual a la presión que ejerza el fluido en el tanque más la presión atmosférica como se muestra en 14.

$$P = P_f + P_a \quad (14)$$

Donde:

$P$  es la presión de diseño, en KPa

$P_f$  es la presión del fluido, en KPa

$P_a$  es la presión atmosférica, en KPa

Las densidades de los ingredientes según [27] se muestran en la Tabla 3.3.

**Tabla 3.3.** Densidades de los ingredientes

Ingrediente	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Jugo de naranja	1056.6
Coca-Cola	1040
Vodka	953
Ron	837
Zumo de limón	1035

Se analiza la presión de diseño para el líquido más denso de la Tabla 3.3.

$$P = \left( \left( 1056.6 \frac{kg}{m^3} \right) \times \left( 9.81 \frac{m}{s^2} \right) \times 0.5m \right) + 0.1 \text{ Pa}$$

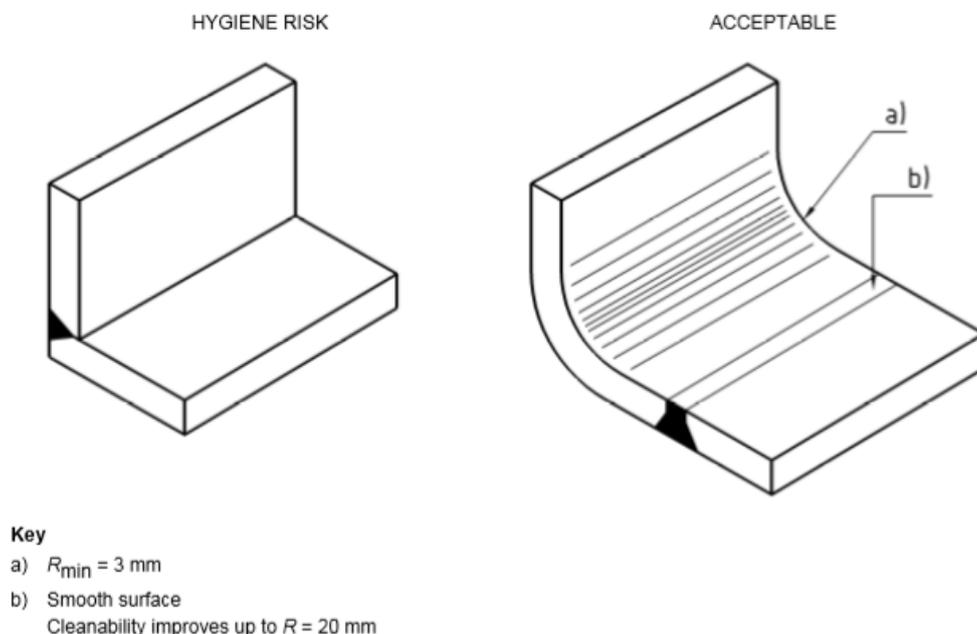
$$P = 5.18\text{KPa} + 0.1 \text{ KPa}$$

$$P = 5.28\text{KPa}$$

Los tanques trabajarán a una presión de hasta 5.28KPa.

### 3.2.1.3 Selección del tipo de tanque

Después de estimar las capacidades, se diseña el tipo de tanque que se construirá, para ser más específicos, la forma del mismo. La norma UNE-EN 1672-2 [26] exige que los líquidos almacenados no se estanquen y puedan ser drenados para evitar riesgos de salud. Por esta razón los tanques se podrán extraer del chasis para drenar los líquidos cuando se requiera realizar una limpieza. La norma también especifica que las juntas de las paredes no deben poseer un ángulo recto porque podría almacenar bacterias, produciendo un riesgo de salud e higiene. La Figura 3.4 muestra que el radio mínimo en cada junta debe ser de 3 mm y se mejora la limpieza hasta un radio de 20 mm.



**Figura 3.4.** Radio mínimo necesario para la limpieza del área de alimentos

**Fuente:** UNE-EN 1672-2 [26]

Entonces la mejor forma de evitar las uniones en ángulo recto, es diseñar los tanques con una forma cilíndrica.

### 3.2.1.4 Cálculo de las dimensiones de los tanques

A continuación, se calcula la altura y el radio de cada uno de los tanques de almacenamiento.

El volumen de un cilindro se obtiene con (15).

$$V = \frac{d^2}{4} \times \pi \times h \quad (15)$$

Donde:

$V$  es el volumen del cilindro, en  $\text{cm}^3$

$d$  es el diámetro de la base, en  $\text{cm}$

$h$  es la altura, en  $\text{cm}$

Se despeja la variable  $d$  de la ecuación

$$V = \frac{d^2}{4} \times \pi \times h$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times h}} \quad (16)$$

Según [28] lo recomendable es que el diámetro del cilindro sea dos tercios la altura del mismo. Con esta relación se realizan las posibles combinaciones de altura-diámetro que más se aproximan a lo recomendado para las capacidades establecidas en la Tabla 3.2. Se usa (16) variando la altura y se muestran las relaciones obtenidas en la Tabla 3.4. Los cinco tanques deben tener una altura estandarizada para que la distribución de los mismos en la máquina se encuentre de manera homogénea.

**Tabla 3.4.** Relación altura-diámetro de los tanques de almacenamiento

Altura h (cm)	60 litros		30 litros		20 litros	
	Diámetro d (cm)	Relación d-h	Diámetro d(cm)	Relación d-h	Diámetro d (cm)	Relación d-h
44	41.668	1	29.464	2/3	24.057	5/9
45	41.203	1	29.135	2/3	23.788	1/2
46	40.752	8/9	28.816	5/8	23.528	1/2
47	40.316	6/7	28.508	3/5	23.277	1/2
48	39.894	5/6	28.209	3/5	23.033	1/2
49	39.485	4/5	27.920	4/7	22.797	1/2
50	39.088	7/9	27.640	5/9	22.568	4/9
51	38.703	3/4	27.367	1/2	22.345	4/9
52	38.329	3/4	27.103	1/2	22.129	3/7
53	37.966	5/7	26.846	1/2	21.920	2/5

54	37.613	2/3	26.596	1/2	21.716	2/5
55	37.269	2/3	26.353	1/2	21.517	2/5
56	36.935	2/3	26.117	1/2	21.324	3/8

Posibles combinaciones
Combinaciones recomendadas
Mejor combinación

Las dimensiones finales de los tanques se muestran en la Tabla 3.5. También se muestra la capacidad de los tanques y se comprueba que sean iguales o mayores a las capacidades obtenidas en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.5.** Dimensiones de los tanques de almacenamiento

	60 litros		30 litros		20 litros	
Altura h (cm)	Diámetro (cm)	Capacidad (cm <sup>3</sup> )	Diámetro (cm)	Capacidad (cm <sup>3</sup> )	Diámetro (cm)	Capacidad (cm <sup>3</sup> )
50	38	56705.75	27	28627.76	21	17318.03

### 3.2.1.5 Selección de materiales

Después del análisis de las alternativas, se determina que el mejor material para la construcción de los tanques de almacenamiento es el acero inoxidable AISI 304, porque cumple con las especificaciones de la norma UNE-EN 1672-2, los requisitos establecidos anteriormente y es el acero más usado para máquinas de grado alimenticio.

### 3.2.1.6 Cálculo del espesor del material

Según [28] para obtener el espesor de la lámina de acero inoxidable para la construcción de los tanques, como se observa en la Figura 3.5, se usa (17).

$$e = \frac{P \times r}{\sigma_m}$$

$$e = \frac{\delta \times g \times h \times r}{\sigma_m} \quad (17)$$

Donde:

$e$  es el espesor de la lámina del cilindro

$P$  es la presión, en MPa

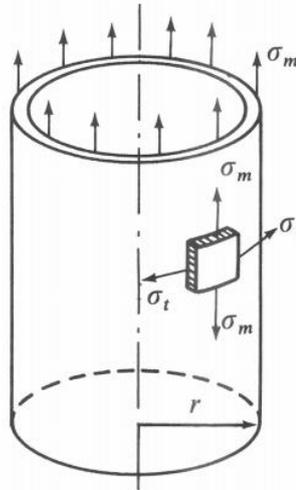
$\delta$  es la densidad del fluido, en kg/m<sup>3</sup>

$g$  es la gravedad, 9.81 m/s<sup>2</sup>

$h$  es el nivel máximo del producto almacenado, en m

$r$  es el radio del cilindro, en m

$\sigma_m$  es la resistencia a la tracción del material, en MPa



**Figura 3.5.** Fuerzas en el tanque de almacenamiento

El cálculo para el tanque más grande de jugo de naranja y Coca-Cola que tienen la densidad muy similar, para el cual  $\gamma = 1056.6 \text{ kg/m}^3$ ,  $h = 0.50\text{m}$ ,  $r = 0.19\text{m}$  y  $\sigma_m = 510 \text{ MPa}$ . Se reemplaza en (17).

$$e = \frac{\delta \times g \times h \times r}{\sigma_t}$$

$$e = \frac{\left(1056.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \times \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \times 0.5\text{m} \times 0.19\text{m}}{510 \text{ MPa}}$$

$$e = \frac{984.7 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}}{510\,000\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}}$$

$$e = 1.93 \times 10^{-6} \text{ m} = 0.00193 \text{ mm}$$

Como el espesor calculado es muy pequeño, se usa un espesor de lámina comercial de 2 mm porque es el espesor más usado en este tipo de tanques y también en ollas de dimensiones similares.

Para estandarizar, el resto de tanques también se construyen con un espesor de 2 mm.

### 3.2.1.7 Resumen del diseño de tanques

En resumen, los tanques serán fabricados en acero inoxidable AISI 304 con las especificaciones que se muestran en la Tabla 3.6.

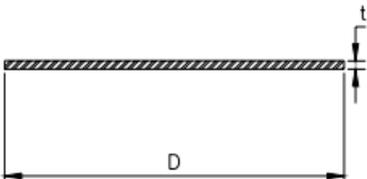
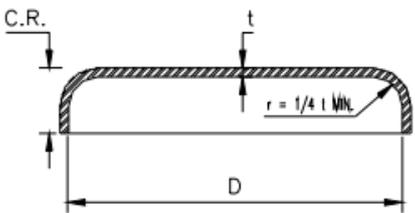
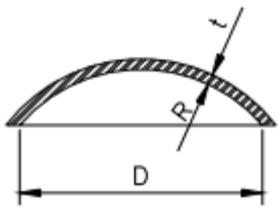
**Tabla 3.6.** Resumen del diseño de los tanques de almacenamiento

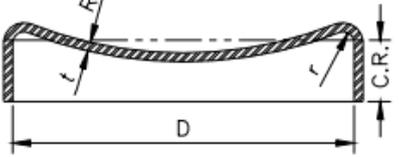
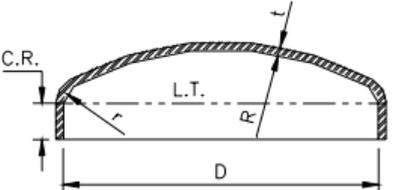
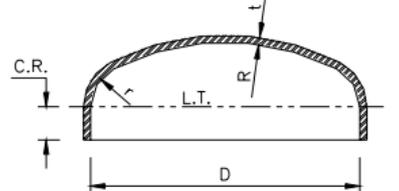
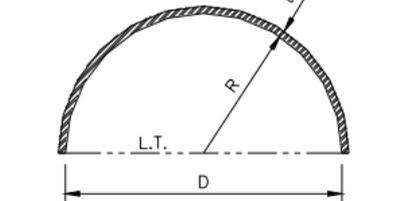
Ingrediente	Capacidad requerida (cm <sup>3</sup> )	Capacidad actual (cm <sup>3</sup> )	Altura (cm)	Radio (cm)	Temperatura de diseño (°C)	Presión de diseño (KPa)	Espesor (cm)
Jugo de Naranja	47250	56710	50	19	8-30	5.28	0.2
Coca-Cola	56700	56710	50	19	8-30	5.2	0.2
Vodka	23630	28630	50	13.5	8-30	4.77	0.2
Ron	28350	28630	50	13.5	8-30	4.21	0.2
Zumo de limón	17320	17320	50	10.5	8-30	5.17	0.2

### 3.2.2 DISEÑO DE LAS TAPAS DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Es necesario que cada uno de los tanques disponga de una tapa para evitar el ingreso de partículas hacia los líquidos almacenados. Existen varios tipos de tapas. En la Tabla 3.7 se resumen los principales tipos de tapas existentes.

**Tabla 3.7.** Tipos de tapas para los tanques

Tipo de tapa	Descripción	Imagen
Tapa plana	Usada para cerrar recipientes a presión atmosférica. Costo más bajo comparado con el resto de las tapas.	 <p><b>Figura 3.6.</b> Tapa plana Fuente: Inglesa [29]</p>
Tapa plana con ceja	Usada para presiones atmosféricas. Costo bajo.	 <p><b>Figura 3.7.</b> Tapa plana con ceja Fuente: Inglesa [29]</p>
Tapas únicamente abombadas	Presiones manométricas relativamente bajas. Costo bajo	 <p><b>Figura 3.8.</b> Tapa únicamente abombada Fuente: Inglesa [29]</p>

Tapas abombadas con ceja invertida	Difícil fabricación y costo alto.	 <p><b>Figura 3.9.</b> Tapa abombada con ceja invertida <b>Fuente:</b> Inglesa [29]</p>
Tapas toriesféricas	De mayor aceptación en la industria. Bajo costo. Presiones altas.	 <p><b>Figura 3.10.</b> Tapa toriesférica <b>Fuente:</b> Inglesa [29]</p>
Tapas semielípticas	Soportan mayor presión que las toriesféricas. Costo alto.	 <p><b>Figura 3.11.</b> Tapas semielípticas <b>Fuente:</b> Inglesa [29]</p>
Tapas semiesféricas	Para presiones críticas. Costo alto.	 <p><b>Figura 3.12.</b> Tapa semiesférica <b>Fuente:</b> Inglesa [29]</p>

De entre los tipos de tapas presentados en la Tabla 3.7 se opta por el diseño de la tapa plana con ceja, debido a que se encuentra a presión atmosférica, es de bajo costo y la ceja ayuda a que la tapa se mantenga en posición centrada y posee un mejor cierre que la tapa plana sin ceja.

Para el diseño de la tapa plana con ceja se deben considerar los siguientes aspectos:

- Presión de diseño
- Tipo de unión
- Cálculo de las dimensiones de la tapa

### 3.2.2.1 Presión de diseño

Es la presión que se considera para el diseño de la tapa. Esta depende de la presión de operación ( $P_o$ ) que es la presión manométrica a la que trabaja el equipo en condiciones normales que, en este caso, es a presión atmosférica ( $14.7 \text{ lb/pulg}^2$ ).

El valor de la presión de diseño ( $P$ ) se calcula según las siguientes condiciones:

- Si  $P_o > 300 \text{ lb/pulg}^2 \rightarrow P = 1.1 P_o$  (18)

- Si  $P_o \leq 300 \text{ lb/pulg}^2 \rightarrow P = P_o + 30 \text{ lb/pulg}^2$  (19)

Donde:

$P$  es la presión de diseño, en  $\text{lb/pulg}^2$

$P_o$  es la presión de operación, en  $\text{lb/pulg}^2$

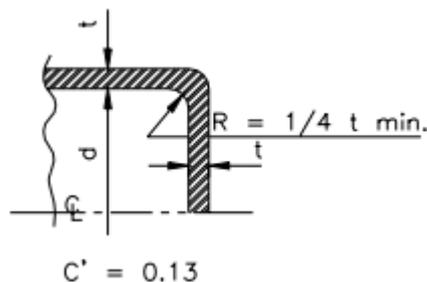
Se usa el segundo caso (19) y se obtiene  $P$ .

$$P = 14.7 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} + 30 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}$$

$$P = 47.7 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}$$

### 3.2.2.2 Tipo de unión

Se define si la ceja será un solo cuerpo con la tapa o si será soldada. En este caso se mecaniza la pieza para formar la ceja de la tapa, por lo que se considera un solo cuerpo como se muestra en la Figura 3.13.



**Figura 3.13.** Tapa con ceja

Fuente: Inglesa [29]

### 3.2.2.3 Cálculo de las dimensiones de la tapa

Se calcula el espesor del material a utilizar y el radio de la ceja con (20).

$$t = d \sqrt{\frac{C' P}{S E}} \quad (20)$$

Donde:

$t$  es el espesor mínimo, en mm

$d$  es el diámetro de la tapa, en lb/pulg<sup>2</sup>

$C'$  es la constante que depende de la de unión entre la tapa y el cilindro

$P$  es la presión de diseño, en KPa

$S$  es el esfuerzo máximo permisible del material, en KPa

$E$  es la eficiencia de la soldadura

$$t = (380mm + 4mm) \sqrt{\frac{0.13 \times 2.28KPa}{460000KPa \times 1}}$$

$$t = 0.31mm$$

Como el espesor es muy pequeño, la construcción de las tapas se la realiza del mismo espesor que del cuerpo de los tanques, es decir, de 2mm.

$$R = \frac{1}{4} t_{min}$$

$$R = \frac{1}{4} (0.31mm)$$

$$R = 0.0775mm$$

Este radio es muy pequeño, y la norma UNE-EN 1672-2 establece que por cuestiones de higiene el radio mínimo debe ser de 3 mm, por lo que se establece este radio a 5mm.

Estas dimensiones se aplican a las tapas más pequeñas ya que los cálculos fueron realizados con las dimensiones de las tapas más grandes.

### 3.2.2.4 Resumen

En la Tabla 3.8 se resume el diseño de las tapas de los tanques

**Tabla 3.8.** Resumen de las tapas de los tanques de almacenamiento

Ingrediente	Tipo de tapa	Presión de diseño (kPa)	Tipo de unión	Radio (cm)	Espesor (cm)	Radio de pliegue (cm)
Jugo de Naranja	Plana con ceja	328.88	Sin soldadura	19.2	0.2	0.5
Coca-Cola	Plana con ceja	328.88	Sin soldadura	19.2	0.2	0.5
Vodka	Plana con ceja	328.88	Sin soldadura	13.7	0.2	0.5
Ron	Plana con ceja	328.88	Sin soldadura	13.7	0.2	0.5
Zumo de limón	Plana con ceja	328.88	Sin soldadura	10.7	0.2	0.5

### 3.2.3 DISEÑO DE LA MEZCLADORA

La mezcladora se diseña en torno al vaso donde será bombeado cada uno de los ingredientes. En este caso la Vieja Guardia PUB & GRILL tiene como estándar vasos plásticos de 7 oz cada uno como se muestra en la Figura 3.14.



*Figura 3.14. Vaso plástico de 7 oz*

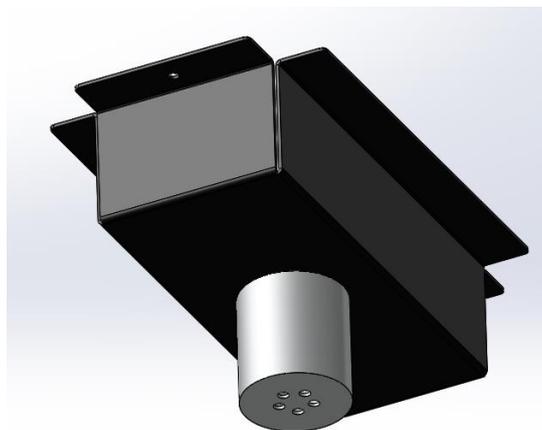
*Fuente: ONEROM [30]*

La medida de la parte superior del vaso es de 65 mm, por lo que el diseño de la boquilla de la mezcladora de ingredientes debe ser igual o inferior a esta medida para que no exista derramamiento de líquidos.

Para lograr una mezcla homogénea de los ingredientes se debe crear turbulencia en el vaso en el cual se coloca cada uno de los ingredientes, para esto se usa la acción de la fuerza de la gravedad [31].

La mezcladora está compuesta de 5 agujeros en la boquilla, correspondiente a cada uno de los ingredientes a dispensar. Basándose en máquinas similares, la altura de la mezcladora debe ser de 6 cm por encima de donde se encontrará la boca del vaso. Cada uno de los agujeros de la boquilla de la mezcladora es de 3/8" que corresponde al diámetro exterior de la tubería seleccionada en la sección 3.2.5.6.

El esquema de la mezcladora se muestra en la Figura 3.15.



*Figura 3.15. Esquema de la mezcladora en SOLIDWORKS STUDENT*

### 3.2.4 DIMENSIONAMIENTO DEL CHASIS DE LA MÁQUINA

El chasis de la máquina consta de 2 partes principales que son:

1. La estructura de soporte de los tanques de almacenamiento
2. La estructura que contiene hielo

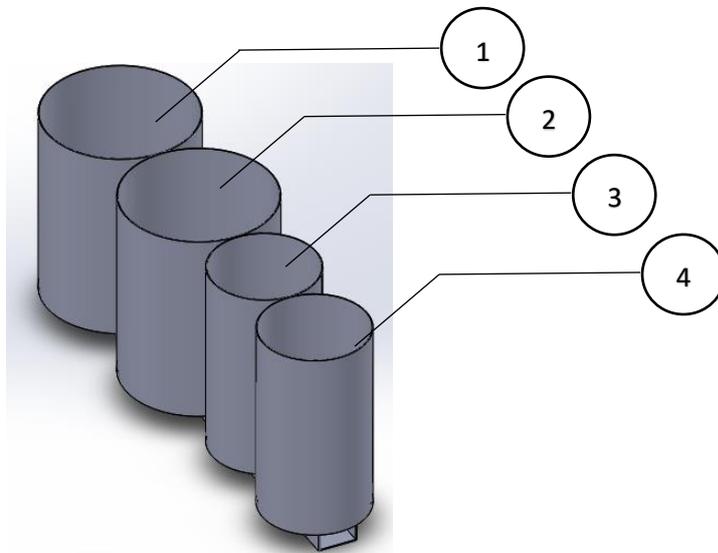
#### 3.2.4.1 Diseño de la estructura de soporte de los tanques de almacenamiento

La estructura que se encarga de soportar el peso de los tanques y de mantenerlos fijos en su lugar consta de los siguientes componentes:

- La base que soporta el peso de los tanques
- Las platinas de soporte lateral de los tanques
- El perfil de soporte de las platinas laterales
- Los pernos de sujeción de los perfiles a la base

##### 3.2.4.1.1 Base de soporte de los tanques

Al dimensionar la base que soporta el peso de los tanques de almacenamiento, se considera una viga en la cual se encuentran apoyados los tanques llenos de los cuatro ingredientes principales como se observa en la Figura 3.16 y la Figura 3.17.



**Figura 3.16.** Viga principal de soporte de tanques en SOLIDWORKS STUDENT

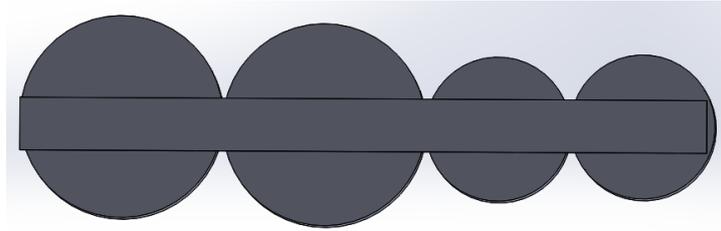


Figura 3.17. Vista inferior de la viga principal en SOLIDWORKS STUDENT

Los componentes de la Figura 3.16 son:

1. Tanque de 60 litros de jugo de naranja
2. Tanque de 60 litros de Coca-Cola
3. Tanque de 30 litros de vodka
4. Tanque de 30 litros de ron

En el peor de los casos se comportaría como una viga con dos apoyos a ambos lados, eso ocurriría cuando sea cargada o transportada desde los extremos de la máquina como se muestra en la Figura 3.18.

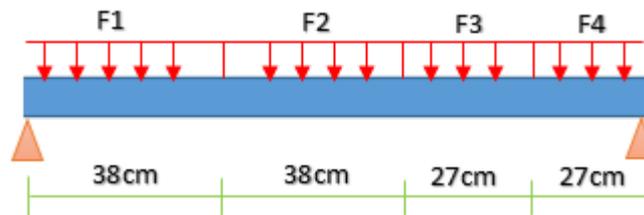


Figura 3.18. Diagrama de fuerzas en la viga principal

Para el cálculo de la masa en cada recipiente se usa (21).

$$m = \delta \times V \quad (21)$$

Donde:

$m$  es la masa del ingrediente, en kg

$\delta$  es la densidad del ingrediente, en  $\text{kg}/\text{cm}^3$

$V$  es el volumen del recipiente, en  $\text{cm}^3$

Usando las capacidades de la Tabla 3.5 y densidades de la Tabla 3.3 para el tanque de 60 litros de jugo de naranja en (18).

$$m_j = \delta \times V$$

$$m_j = \left( 1056.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1\text{m}^3}{(100\text{cm})^3} \right) \times 56705.747\text{cm}^3$$

$$m_j = 59.92\text{kg}$$

Para el tanque de 60 litros de Coca-Cola:

$$m_c = \delta \times V$$

$$m_c = \left( 1040 \frac{kg}{m^3} \times \frac{1m^3}{(100cm)^3} \right) \times 56705.747cm^3$$

$$m_c = 58.98kg$$

Para el vodka:

$$m_v = \delta \times V$$

$$m_v = \left( 953 \frac{kg}{m^3} \times \frac{1m^3}{(100cm)^3} \right) \times 28627.763cm^3$$

$$m_v = 27.28kg$$

Para el ron:

$$m_r = \delta \times V$$

$$m_r = \left( 837 \frac{kg}{m^3} \times \frac{1m^3}{(100cm)^3} \right) \times 28627.763cm^3$$

$$m_r = 23.96kg$$

Para el zumo de limón;

$$m_l = \delta \times V$$

$$m_l = \left( 1035 \frac{kg}{m^3} \times \frac{1m^3}{(100cm)^3} \right) \times 17318.029cm^3$$

$$m_l = 17.92kg$$

Luego se aplica (22) para obtener F1, F2, F3 y F4 que es el peso de un metro de ingrediente.

$$W = (m \times g) \quad (22)$$

Donde:

$W$  es el peso del ingrediente, en N

$m$  es la masa del ingrediente, en kg

$g$  es la gravedad, 9.81 m/s<sup>2</sup>

Transformando el peso a kgf

$$W = \left( m \times 9.81 \frac{m}{s^2} \right) \times \frac{1 kgf}{9.81 kg * \frac{m}{s^2}}$$

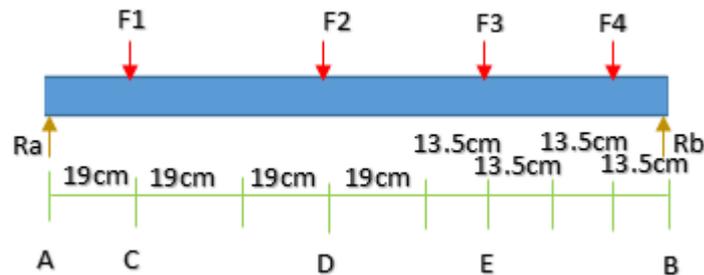
$$W = m \times 1 kgf \quad (23)$$

Con (23) se obtiene los valores mostrados en la Tabla 3.9.

**Tabla 3.9.** Peso de los ingredientes y peso total

Ingrediente	Peso W (kgf)
Jugo de naranja	59.92
Coca-Cola	58.98
Vodka	27.28
Ron	23.96
Zumo de limón	17.92
Total	188.06

Las fuerzas F1, F2, F3 y F4 se convierten en cargas puntuales, las mismas que se ubican en el centro de cada una de las longitudes, como se muestra en la Figura 3.19.



**Figura 3.19.** Diagrama de fuerza en la viga principal

Se calcula el momento en la viga con (25), a partir de (24)

$$\sum M_i = 0 \quad (24)$$

$$\sum F_i \times d_i = 0 \quad (25)$$

Donde:

$M$  es el momento, en kgf.m

$F$  es la fuerza, en kgf

$d$  es la distancia, en m

Analizando los momentos desde el punto A:

$$\sum F_i \times d_i = 0$$

$$F1 \times 0.19m + F2 \times 0.57m + F3 \times 0.895m + F4 \times 1.165m - Rb \times 1.30m = 0$$

$$59.92kgf \times 0.19m + 58.98kgf \times 0.57m + 27.28kgf \times 0.895m + 23.96kgf \times 1.165m$$

$$= Rb \times 1.30m$$

$$\frac{97.3324kgf \cdot m}{1.30m} = Rb$$

$$Rb = 74.87 \text{ kgf}$$

Analizando los momentos desde el punto B:

$$\sum F_i \times d_i = 0$$

$$F1 \times 0.111m + F2 \times 0.73m + F3 \times 0.405m + F4 \times 0.135m - Ra \times 1.30m = 0$$

$$59.92kgf \times 1.11m + 58.98kgf \times 0.73m + 27.28kgf \times 0.405m + 23.96kgf \times 0.135m$$

$$= Ra \times 1.30m$$

$$\frac{123.8496kgf \cdot m}{1.30m} = Ra$$

$$Ra = 95.27 kgf$$

En la Figura 3.20 se muestra el diagrama de esfuerzos cortantes de la viga.

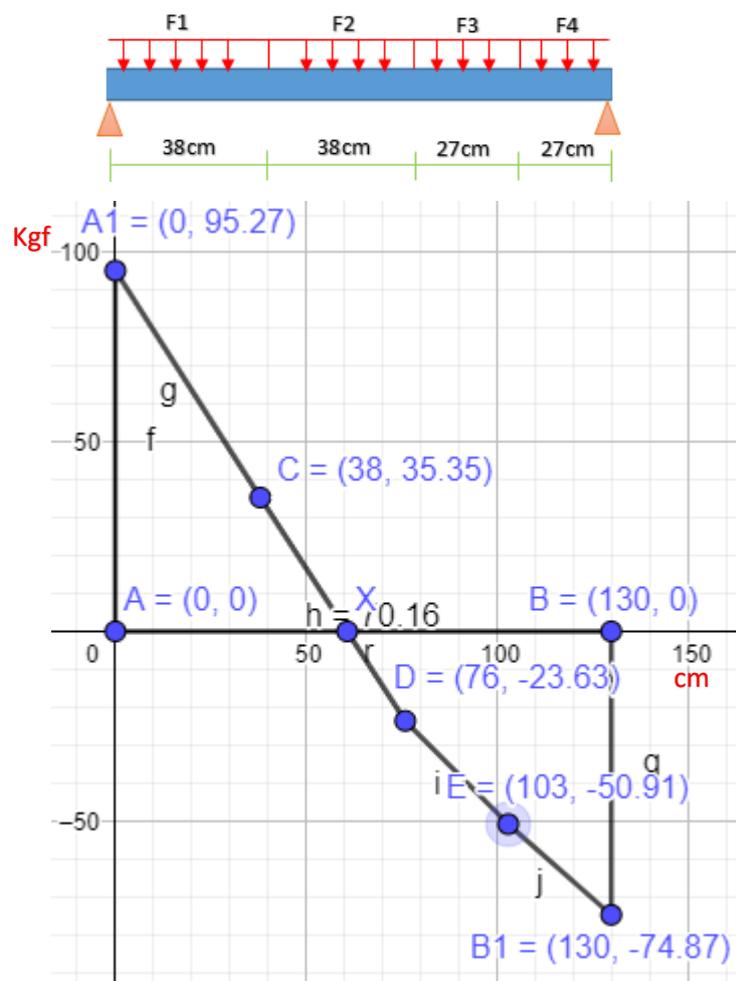


Figura 3.20. Diagrama de esfuerzos cortantes en software Geogebra

En la Figura 3.21 se muestra el diagrama de momentos de la viga.

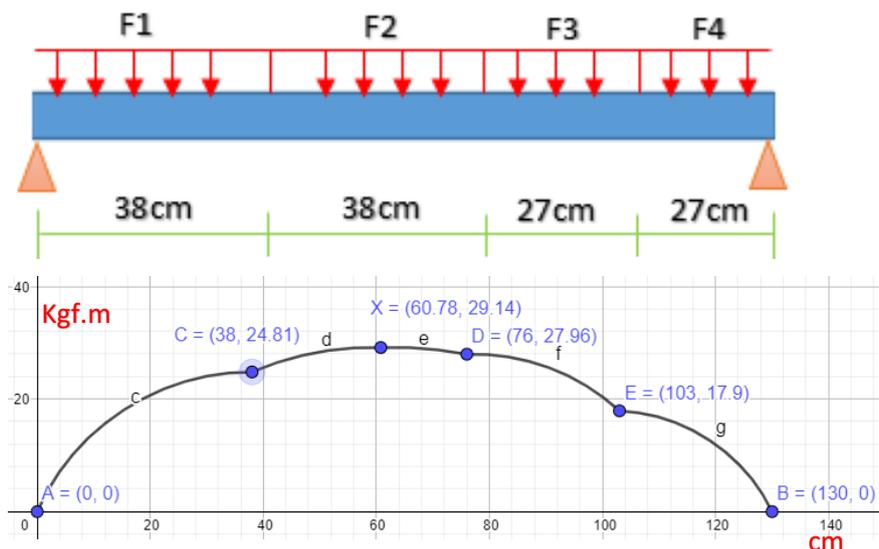


Figura 3.21. Diagrama de momentos en software Geogebra

Con el mayor momento (en el punto X) se calcula el esfuerzo cortante para la viga y se comprueba que sea menor al límite de fluencia del perfil.

$$\sigma = \frac{M \times C}{I} \quad (26)$$

Para un perfil cuadrado de 100mm con espesor 2mm

$$\sigma = \frac{2914 \text{kgf} \cdot \text{cm} \times 5 \text{cm}}{122.99 \text{cm}^4}$$

$$\sigma = 118.465 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 1,685 \text{KPsi} = 11.62 \text{MPa} \rightarrow \text{tracción y compresión}$$

El límite de la fluencia del acero inoxidable AISI 304 es 205 MPa.

$$n = \frac{205 \text{MPa}}{11.62 \text{MPa}} = 17.64 \rightarrow \text{Sobredimensionado}$$

Se realizan los mismos cálculos para diferentes perfiles comerciales hasta hallar un perfil que proporcione un factor de seguridad entre 1.3 y 1.5 como se muestra en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10. Selección de perfiles para la estructura

Tipo de perfil	Base (mm)	Altura (mm)	Espesor (mm)	C (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	$\sigma$ (MPa)	n	Conclusión
Cuadrado	20	20	2	1	0.69	413.87	0.50	No soporta la carga
Cuadrado	30	30	1.5	1.5	2.19	195.60	1.05	No cumple factor de seguridad
Cuadrado	30	30	2	1.5	2.71	158.07	1.30	Si cumple
Cuadrado	40	40	1.2	2	4.38	130.40	1.57	Sobredimensionado

Rectangular	40	20	2	1	4.04	70.69	2.90	Sobre-dimensionado
Rectangular	40	20	1.2	1	2.61	109.41	1.87	Sobre-dimensionado
Tipo G	60	30	2	1.5	5.28	81.13	2.53	Sobre-dimensionado
Tipo U	50	25	2	1.25	1.13	315.90	0.65	No soporta la carga
Tipo U	50	25	3	1.25	1.57	227.37	0.90	No soporta la carga
Tipo U	60	30	2	1.5	2	214.18	0.96	No soporta la carga
Tipo U	60	30	3	1.5	2.84	150.83	1.36	Si cumple

El perfil cuadrado de 30mm con espesor de 2mm si cumple con la función de soportar la carga de los tanques, con un factor de seguridad de 1.3; y también el perfil tipo U de 60x30mm es válido para la estructura. Entre estos dos tipos de perfiles, se usa el perfil cuadrado, ya que es el de menor costo para la construcción de la estructura y ocupa menos espacio. Esto se observa en la Figura 3.22.

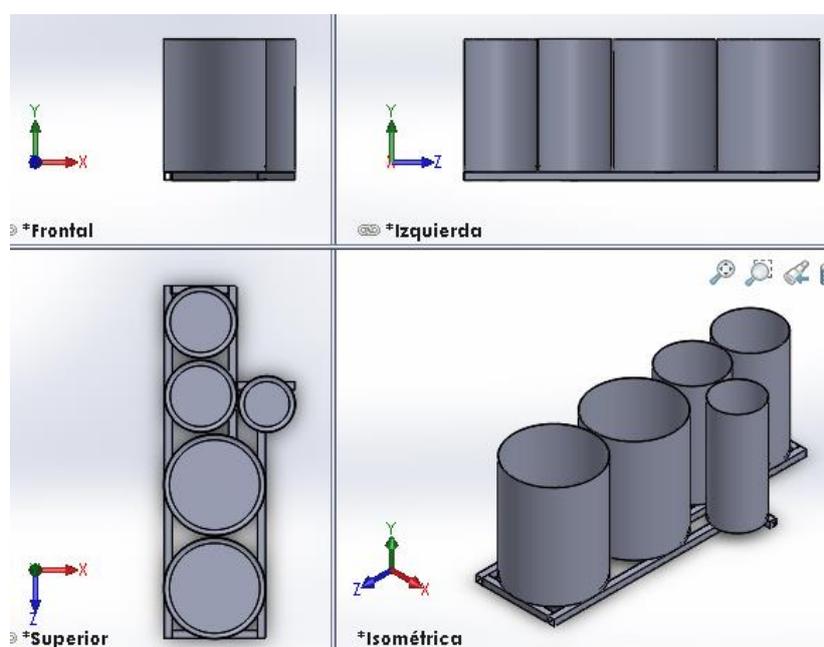


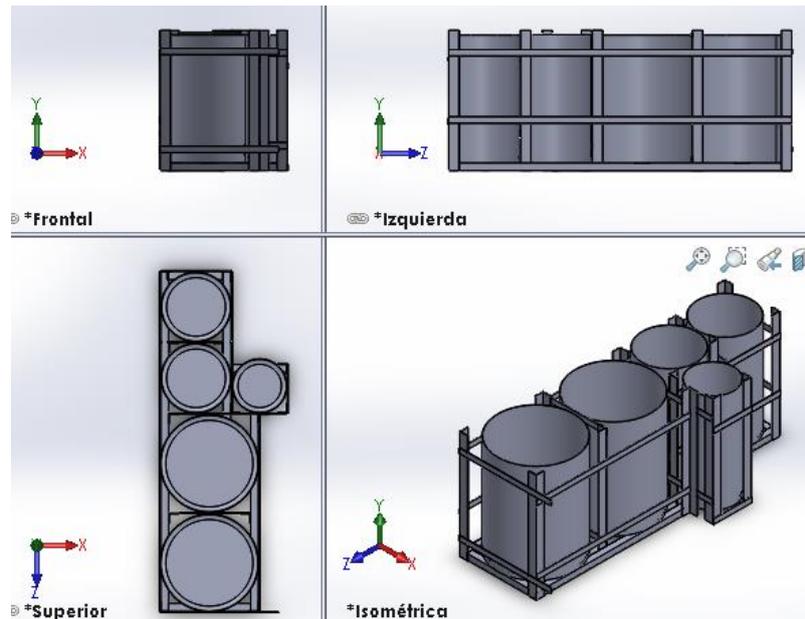
Figura 3.22. Soporte de los tanques de almacenamiento en SOLIDWORKS STUDENT

La unión de los perfiles de lo realiza mediante soldadura.

#### 3.2.4.1.2 Platinas de soporte lateral de los tanques

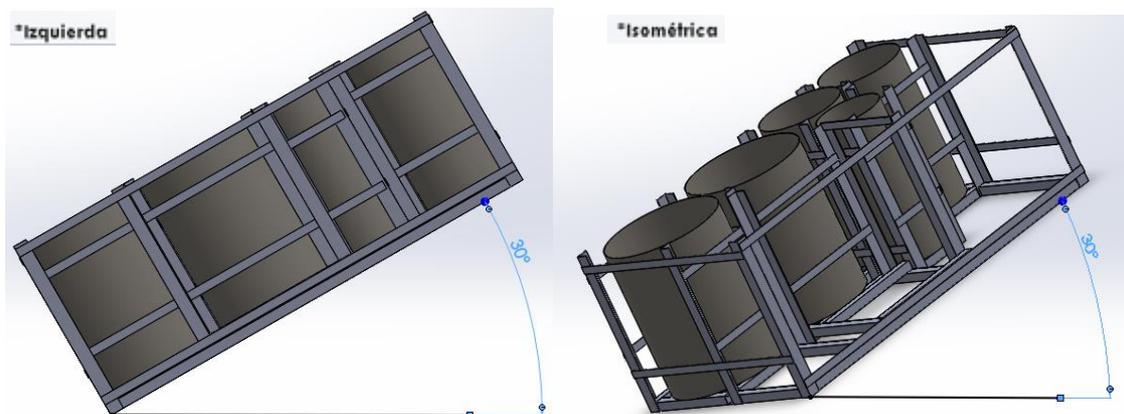
Para evitar el desplazamiento de los tanques en caso de que la base sea inclinada, se colocan pletinas laterales en cada uno de los tanques. Estos se encargan de mantener a cada uno de los tanques en su posición establecida.

En la Figura 3.23 se observan los perfiles en L ubicados en las esquinas y las pletinas en las paredes de cada tanque de almacenamiento formando la estructura de almacenamiento de ingredientes.



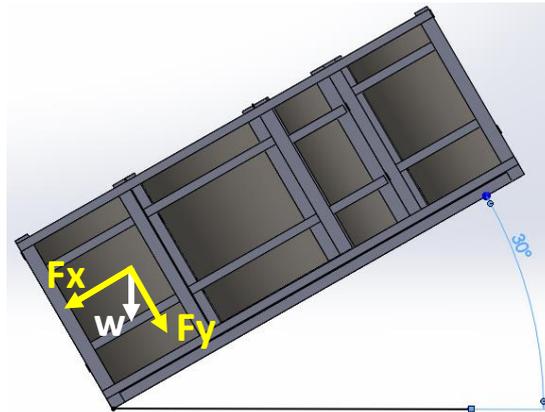
**Figura 3.23.** Estructura soporte de los tanques de almacenamiento en SOLIDWORKS STUDENT

El diseño de las pletinas horizontales en los costados de cada tanque se lo realiza para soportar el peso del mismo cuando la máquina es inclinada a un ángulo máximo de  $30^\circ$  como se presenta en la Figura 3.24.



**Figura 3.24.** Tanques inclinados a  $30^\circ$  en SOLIDWORKS STUDENT

Se usa el peso del ingrediente más denso, que ejerce fuerza sobre la pletina, para obtener la componente en el eje x, es decir, se obtiene  $F_x$  como se muestra en la Figura 3.25.



**Figura 3.25.** Fuerzas generadas por los tanques inclinados a 30° en SOLIDWORKS STUDENT

El valor del peso del ingrediente más denso obtenido de la Tabla 3.9 es 59.92 kgf. Al descomponer en el eje X y Y se tiene:

$$F_x = W \times \text{sen}30$$

$$F_x = 59.92\text{kgf} \times \text{sen}30$$

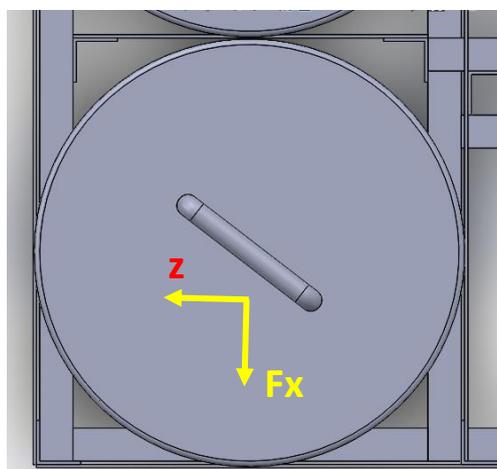
$$F_x = 29.96 \text{ kgf}$$

$$F_y = W \times \text{cos}30$$

$$F_y = 59.92 \times \text{cos}30$$

$$F_y = 51.89$$

Se puede observar la fuerza Fx desde una vista superior en la Figura 3.26 que representa el plano ZX. La platina por dimensionar se encuentra en la parte inferior.



**Figura 3.26.** Vista superior de Fx en el plano ZX en SOLIDWORKS STUDENT

La pletina se muestra en la Figura 3.27 con vista del plano ZX.

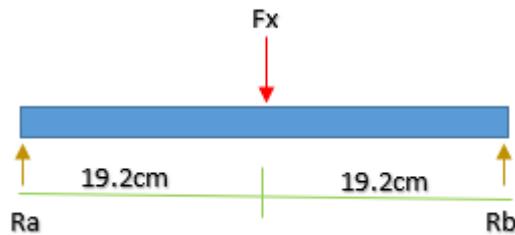


Figura 3.27. Representación de  $F_x$  en el plano ZX

Se obtienen los valores de  $R_a$  y  $R_b$ .

Analizando los momentos desde el punto A:

$$\sum F_i \times d_i = 0$$

$$F_x \times 0.192\text{m} - R_b \times 0.384\text{m} = 0$$

$$29.96\text{ kgf} \times 0.192\text{m} = R_b \times 0.384\text{m}$$

$$\frac{5.75\text{ kgf}\cdot\text{m}}{0.384\text{m}} = R_b$$

$$R_b = 14.98\text{kgf}$$

Analizando los momentos desde el punto B:

$$\sum F_i \times d_i = 0$$

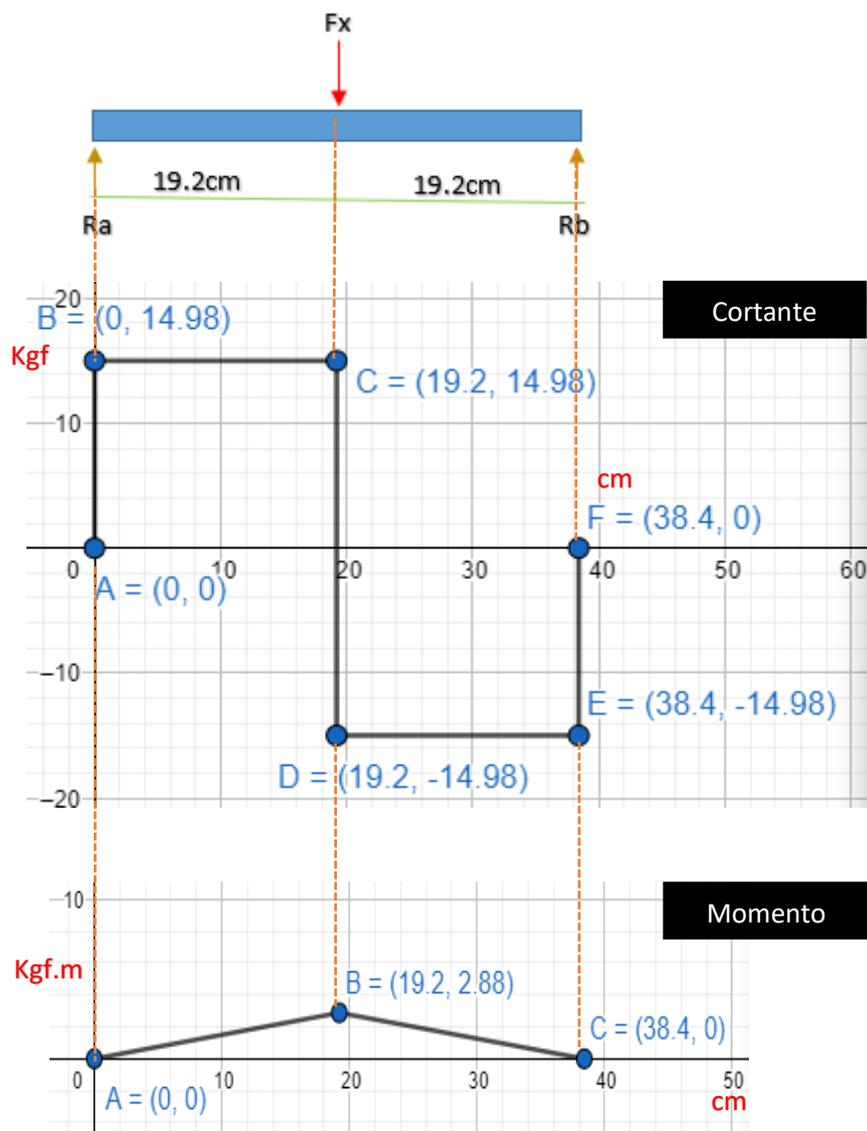
$$F_x \times 0.192\text{m} - R_a \times 0.384\text{m} = 0$$

$$29.96\text{ kgf} \times 0.192\text{m} = R_a \times 0.384\text{m}$$

$$\frac{5.75\text{ kgf}\cdot\text{m}}{0.384\text{m}} = R_a$$

$$R_a = 14.98\text{kgf}$$

Se realiza el diagrama de cortantes y momentos en la Figura 3.28.



**Figura 3.28.** Diagrama de cortantes y momentos de la pletina en software Geogebra

Con el mayor momento (en el punto B) se calcula el esfuerzo cortante y se comprueba que sea menor al límite de fluencia de la pletina. En la Tabla 3.11 se presentan iteraciones usando las pletinas existentes en el mercado.

**Tabla 3.11.** Selección de pletinas para la estructura

Ancho (mm)	Espesor (mm)	C (cm)	$I$ (cm <sup>4</sup> )	$\sigma$ (MPa)	n	Conclusión
12	3	0.15	0.0027	1568	0.13	No soporta la carga
12	4	0.2	0.0064	882	0.23	No soporta la carga
12	6	0.3	0.0216	392	0.52	No soporta la carga
19	3	0.15	0.004275	990.32	0.21	No soporta la carga
19	4	0.2	0.010133	557.05	0.37	No soporta la carga
19	6	0.3	0.0342	247.58	0.83	No soporta la carga
25	3	0.15	0.005625	752.64	0.27	No soporta la carga

25	4	0.2	0.0133	423.36	0.48	No soporta la carga
25	6	0.3	0.045	188.16	1.09	No cumple con FS
30	3	0.15	0.00675	627.2	0.33	No soporta la carga
30	4	0.2	0.016	352.8	0.58	No soporta la carga
30	6	0.3	0.054	156.8	1.31	Si cumple
30	9	0.45	0.18225	69.69	2.94	Sobredimensionado
38	3	0.15	0.00855	495.16	0.41	No soporta la carga
38	4	0.2	0.020267	278.53	0.74	No soporta la carga
38	6	0.3	0.0684	123.79	1.66	Sobredimensionado
50	3	0.15	0.01125	376.32	0.54	No soporta la carga
50	4	0.2	0.0267	211.68	0.97	No soporta la carga
50	6	0.3	0.09	94.08	2.18	Sobredimensionado
65	6	0.3	0.117	72.37	2.83	Sobredimensionado

Se determina que la platina de 30 mm de ancho con un espesor de 6 mm cumple con las especificaciones del diseño con un factor de seguridad de 1.3.

#### 3.2.4.1.3 Perfil de soporte de las pletinas laterales

Estos perfiles soportan a las platinas horizontales y, de igual manera, deben soportar el peso de los tanques cuando la máquina es inclinada a un ángulo máximo de 30°.

La fuerza  $F_x$  de la Figura 3.25 es distribuida por medio de la pletina a los dos perfiles laterales que lo soportan, por lo que el peso que deben soportar será la mitad de  $F_x$ .

Se puede observar la fuerza que actúa en el perfil lateral denominado como  $F_{x_2}$  desde una vista superior en la Figura 3.29 que representa el plano ZX. Los perfiles a dimensionar se encuentran en la parte inferior.

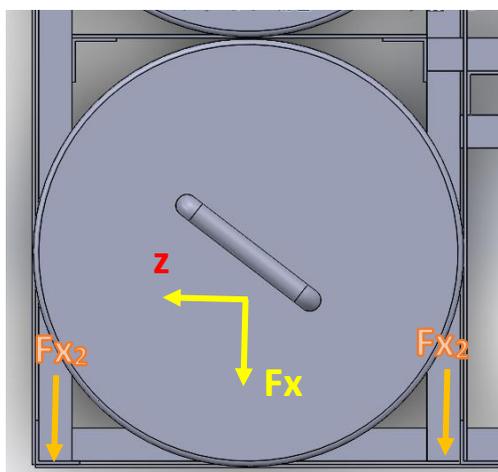
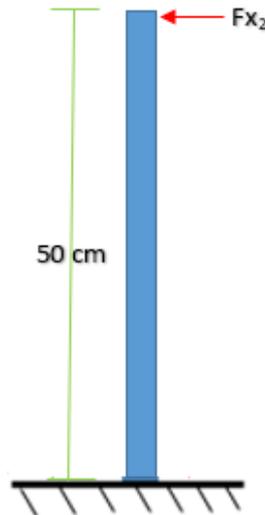


Figura 3.29. Vista superior de  $F_{x_2}$  en el plano ZX en SOLIDWORKS STUDENT

El perfil se muestra en la Figura 3.30 con vista del plano ZX.



**Figura 3.30.** Representación de  $F_{x_2}$  en el plano XY

Se obtiene el valor de  $R_a$ .

Analizando la sumatoria de fuerzas en X:

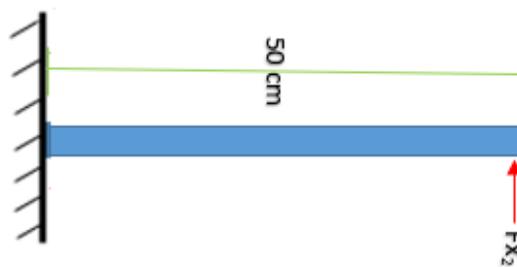
$$\sum F_i = 0$$

$$F_{x_2} - R_a = 0$$

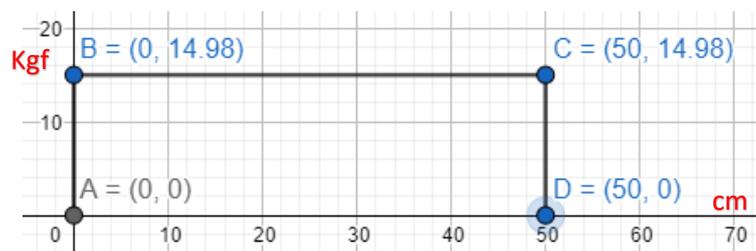
$$F_{x_2} = R_a$$

$$R_a = 14.98 \text{ kgf}$$

Se realiza el diagrama de cortantes en la Figura 3.32 y de momentos en la Figura 3.33 a partir de la representación inclinada del perfil en la Figura 3.31.



**Figura 3.31.** Representación de  $F_{x_2}$  en el plano YX



**Figura 3.32.** Diagrama de cortantes de  $F_{x_2}$  en el plano YX en software GEOGEBRA

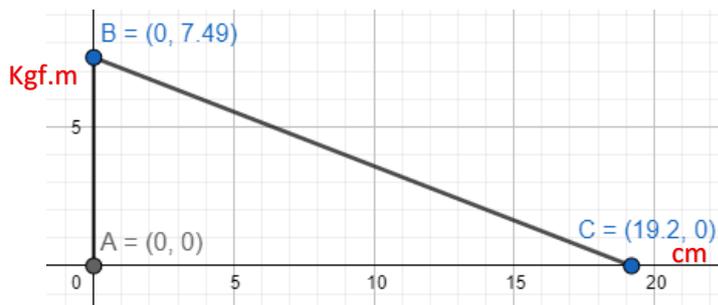


Figura 3.33. Diagrama de momentos de  $Fx_2$  en el plano  $YX$  en software Geogebra

Con el mayor momento (en el punto B) se calcula el esfuerzo cortante y se comprueba que sea menor al límite de fluencia del perfil. En la Tabla 3.12 se presentan iteraciones usando las pletinas existentes en el mercado.

Tabla 3.12. Selección de perfiles L para la estructura

Ancho (mm)	Espesor (mm)	C (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	$\sigma$ (MPa)	n	Conclusión
30	4	0.2	0.016	458.76	0.45	No soporta la carga
40	3	0.15	0.009	611.68	0.34	No soporta la carga
40	4	0.2	0.02133333	344.07	0.60	No soporta la carga
40	6	0.3	0.072	152.92	1.34	Si cumple
50	3	0.15	0.01125	489.35	0.42	No soporta la carga
50	4	0.2	0.02666667	275.26	0.74	No soporta la carga
50	6	0.3	0.09	122.34	1.68	Sobredimensionado
60	6	0.3	0.108	101.95	2.01	Sobredimensionado

Se determina que el perfil en L de 40 mm de ancho con un espesor de 6 mm cumple con las especificaciones del diseño con un factor de seguridad de 1.34.

#### 3.2.4.1.4 Diseño de los pernos de sujeción de la estructura

Se diseñan los pernos que sujetan a los perfiles en L a la base que soporta el peso de los tanques de almacenamiento.

Como se observa en la Figura 3.32 el cortante que soporta el perno es de  $V=19.98$  kgf y en la Figura 3.33 el momento que soporta es de  $M=7.49$  kgf.m.

Según [32] se calcula la carga cortante primaria con (27) y las fuerzas cortantes secundarias con (28).

$$F' = \frac{V}{n} \quad (27)$$

$$F_n'' = \frac{Mr_n}{r_A^2 + r_B^2 + \dots} \quad (28)$$

Donde:

$V$  es la cortante, en N

$n$  es el número de pernos en la unión

$M$  es el momento, en Nm

$r$  es la distancia desde el centroide hasta el centro del perno, en m

Al usar (27) para obtener la cortante primaria

$$F' = \frac{V}{n}$$

$$F' = \frac{195,94 \text{ N}}{2}$$

$$F' = 97.97 \text{ N}$$

Al usar (28) para calcular las cortantes secundarias

$$F_n'' = \frac{Mr_n}{r_A^2 + r_B^2 + \dots}$$

$$F_n'' = \frac{73.4518 \text{ Nm}}{0.009 \text{ m} + 0.009 \text{ m}}$$

$$F_n'' = 4080.66 \text{ N}$$

La fuerza resultante se obtiene al sacar el módulo de ambas cortantes

$$F = \sqrt{F'^2 + F''^2}$$

$$F = \sqrt{(97.97 \text{ N})^2 + (4080.66 \text{ N})^2}$$

$$F = 4081.83 \text{ N}$$

Según [32] el esfuerzo cortante y la restricción para el diseño se calculan con (29) y (30) respectivamente.

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (29)$$

$$\tau \leq \frac{0.577 S_y}{n} \quad (30)$$

Donde:

$F$  es la fuerza máxima en el perno, en N

$A$  es el área de esfuerzo cortante en el perno, en mm<sup>2</sup>

$S_y$  es la resistencia mínima a la fluencia del perno, en MPa

$n$  es el factor de seguridad, igual a 1.44 según [32]

Al igualar ambas ecuaciones se despeja el área y se obtiene el diámetro del tornillo (30).

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{0.577 S_y}{n}$$

$$\frac{F \times n}{0.577 S_y} = A$$

$$\frac{F \times n}{0.577 S_y} = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times F \times n}{0.577 S_y \times \pi}} \quad (30)$$

Reemplazando con los valores especificados anteriormente

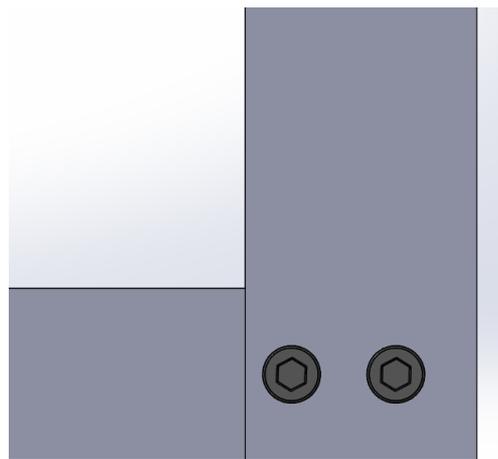
$$D = \sqrt{\frac{4 \times 4081.83 \text{ N} \times 1.44}{0.577 S_y \times \pi}}$$

Se realiza varios cálculos como se muestra en la Tabla 3.13 con varias clases de pernos para obtener varios diámetros.

**Tabla 3.13.** Diámetros de pernos según su clase

CLASE	RESISTENCIA FLUENCIA	DIÁMETRO
4,6	240	7,35
4,8	340	6,18
5,8	420	5,56

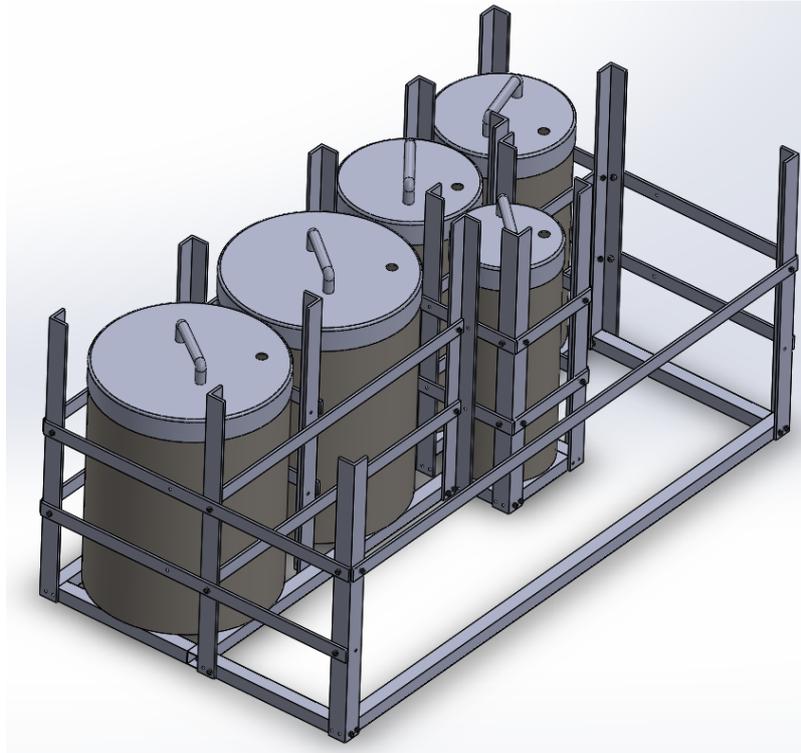
Se selecciona un perno de clase 4.8 de acero de bajo o medio carbono de 6 mm de diámetro de una longitud de 20 mm para las uniones como se muestra en la Figura 3.34.



**Figura 3.34.** Pernos M6 en las uniones de la estructura en SOLIDWORKS STUDENT

#### 3.2.4.1.5 Resumen

La estructura que soporta el peso de los tanques de almacenamiento según lo especificado anteriormente se puede observar en Figura 3.35.



*Figura 3.35. Estructura de soporte de los tanques de almacenamiento en SOLIDWORKS STUDENT*

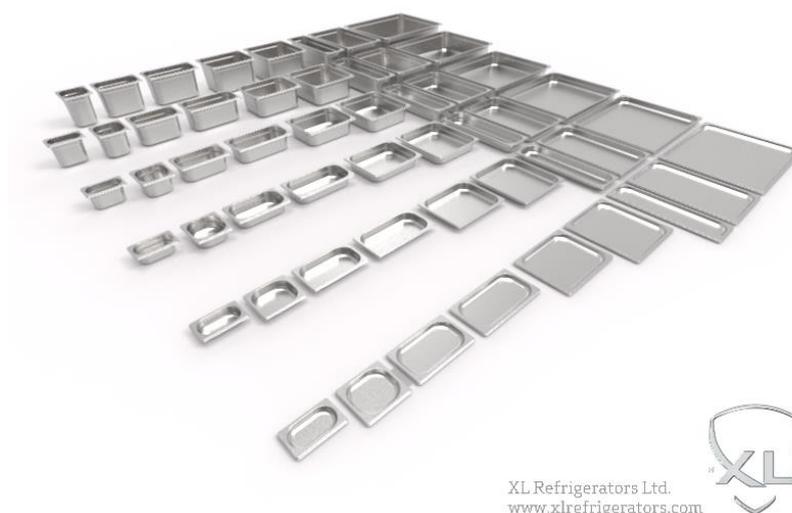
### **3.2.4.2 Diseño la estructura que contiene el hielo**

Para los cocteles es necesario disponer de hielo en la máquina para que cada cliente haga uso del mismo según su necesidad específica.

En la noche de más afluencia de personas en La Vieja Guardia Pub & Grill se llega a consumir hasta 5 fundas de hielo de 1 kg cada una.

El volumen aproximado que ocupa 5 kg de hielo es de  $9908.9 \text{ cm}^3$ . Al aumentar un 5% de factor de seguridad se tiene que la capacidad de hielo que debe tener la máquina coctelera es de  $10404.25 \text{ cm}^3$  que equivale a 10.4 litros.

En el mercado se encuentran disponibles contenedores específicos para la industria de alimentos de tamaños estandarizados como se muestra en la Figura 3.36.



**Figura 3.36.** Contenedores GN estandarizados

*Fuente:* XLRefrigeretors [33]

De estos recipientes se selecciona en la Tabla 3.14 el que satisfaga la capacidad de 10.4 litros o sea superior a la misma.

**Tabla 3.14.** Contenedores GN

<b>Contenedor</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Capacidad</b>
GN 2/1-20	650x530 mm	4,5 litre
GN 2/3-20	354x325 mm	1,25 litre
GN 2/3-40	354x325 mm	3 litre
GN 2/3-65	354x325 mm	5,25 litre
GN 2/3-100	354x325 mm	8 litre
GN 2/3-150	354x325 mm	11,5 litre
GN 1/1-20	530x325 mm	1,9 litre
GN 1/1-40	530x325 mm	4,5 litre
GN 1/1-65	530x325 mm	7,4 litre
GN 1/1-100	530x325 mm	12,6 litre
GN 1/1-150	530x325 mm	18 litre
GN 1/1-200	530x325 mm	25 litre
GN 1/2-20	325x265 mm	0,85 litre
GN 1/2-40	325x265 mm	1,75 litre
GN 1/2-65	325x265 mm	3,5 litre
GN 1/2-100	325x265 mm	5,5 litre
GN 1/2-150	325x265 mm	8,5 litre
GN 1/2-200	325x265 mm	11 litre
GN 1/3-40	325x176 mm	1,5 litre
GN 1/3-65	325x176 mm	2,25 litre
<b>GN 1/3-100</b>	<b>325x176 mm</b>	<b>3,5 litre</b>
GN 1/3-150	325x176 mm	5,5 litre
GN 1/3-200	325x176 mm	7,25 litre
GN 1/4-65	265x162 mm	1,5 litre
GN 1/4-100	265x162 mm	2,5 litre
GN 1/4-150	265x162 mm	3,75 litre
GN 1/4-200	265x162 mm	5,25 litre
GN 2/4-65	530x162 mm	3,5 litre
GN 2/4-100	530x162 mm	5,5 litre
GN 1/6-65	176x162 mm	1 litre
GN 1/6-100	176x162 mm	1,5 litre
GN 1/6-150	176x162 mm	2,25 litre
GN 1/6-200	176x162 mm	3 litre
GN 1/9-65	176x108 mm	0,5 litre
GN 1/9-100	176x108 mm	0,8 litre

Se seleccionan 3 recipientes GN 1/3-100 de forma que el hielo se encuentre distribuido de mejor manera en la parte frontal de la máquina y el transporte de los mismos se facilite cuando se los necesite extraer de la máquina o volver a colocarlos en la misma.

### 3.2.5 BOMBAS PERISTÁLTICAS

Las bombas peristálticas se dimensionan según el voltaje a utilizar, el caudal necesario, la potencia y el tipo de aplicación en la que se utilice.

#### 3.2.5.1 Caudal necesario

Como primera instancia se calcula al caudal necesario para que se cumpla el objetivo planteado que es dispensar 12 cocteles cada 10 minutos.

Como se especificó anteriormente, los vasos a ocupar son de 7 oz que equivale a 207.02 ml, y las proporciones para la preparación de cada coctel son: 3/10 de la bebida fuerte, 6/10 de la bebida suave y 1/10 de zumo de limón, por lo tanto, por cada coctel son necesarios 62.1 ml de la bebida fuerte, 124.21 ml de la bebida suave y 20.7 ml del zumo de limón.

Al dispensar los 12 cocteles se necesitan 745.27 ml de la bebida fuerte, 1491 ml de la bebida suave y 248.42 ml del zumo de limón.

Si se estima preparar 12 cocteles en 10 minutos significa que para preparar uno solo se requiere de un tiempo de 50 segundos o menor. Se deben considerar los tiempos de todo el proceso de preparación, esto incluye: El tiempo que tarda la persona en elegir el coctel, el tiempo que tarda en colocar el vaso en el área de ingreso a la máquina, el tiempo de llenado del vaso, el tiempo para retirar el producto y por último el tiempo en el que llega un nuevo cliente al área de selección de cocteles.

En la Tabla 3.15 se observan los tiempos estimados en el proceso de preparación de un solo coctel.

*Tabla 3.15. Tiempos del proceso de preparación de un coctel*

Proceso	Tiempo promedio (s)
Selección del coctel	8
Colocación del vaso en la ranura de ingreso a la máquina	3
Tiempo de llenado del vaso	Dato a calcular
Retiro del producto	3
Ubicación del nuevo cliente	5
TOTAL	50 segundos

El proceso total debe tardar 50 s, por lo que se le restan los tiempos promedios para obtener el tiempo de llenado del vaso.

$$t_{llenado} = 50s - 8s - 3s - 3s - 5s$$

$$t_{llenado} = 31s$$

El vaso se debe llenar en 31 segundos o menos. Con este tiempo se calcula el caudal que necesita cada bomba peristáltica.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (31)$$

Donde:

$Q$  es el caudal necesario, en ml/min

$V$  es el volumen del fluido, en ml

$t$  es el tiempo, en min

Usando (31) con el tiempo de llenado y el volumen del vaso.

$$Q = \frac{207.02 \text{ ml}}{0.52 \text{ min}}$$

$$Q = 398.12 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$$

Considerando un factor de seguridad de un 10% para asegurar que el vaso siempre se llene en un tiempo menor a 31 segundos.

$$Q_f = 398.12 \frac{\text{ml}}{\text{min}} \times 1.1$$

$$Q_f = 437.93 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$$

Entonces la bomba peristáltica debe poseer un caudal de 437.93 ml/min o superior.

### 3.2.5.2 Tipo de aplicación

Es de gran importancia tener en cuenta que las bombas peristálticas deben cumplir con la norma RTE INEN 131, es decir, deben ser de grado alimenticio, evitando que el líquido que circula por ellas llegue a contaminarse con algún tipo de partícula o elemento que cause corrosión.

### 3.2.5.3 Altura de impulsión

La impulsión de las bombas debe ser suficiente para alcanzar la altura a la que se desea elevar el líquido. En este caso, se desea enviar desde el fondo de los tanques de almacenamiento hasta la mezcladora, esta altura es de 620 mm. A esta altura se le agrega un 10% como seguridad para asegurar pérdidas de presión, es decir, la bomba debe impulsar a una altura mínima de 682 mm.

### 3.2.5.4 Resumen de las bombas peristálticas

El resumen para el dimensionamiento de las bombas peristálticas se presenta en la Tabla 3.16.

*Tabla 3.16. Resumen del dimensionamiento de las bombas peristálticas*

Caudal (ml/min)	Tipo de aplicación	Altura de impulsión
$\geq 437.93$	Grado alimenticio	$\geq 682\text{mm}$

### 3.2.5.5 Selección de las bombas peristálticas

Con los parámetros mencionados anteriormente se seleccionan las bombas peristálticas existentes en el mercado. El modelo seleccionado es HPP-24-500-ZB-2-P

que se muestra en la Figura 3.37.



*Figura 3.37. Bomba peristáltica HPP-12-500-ZB-2-P*

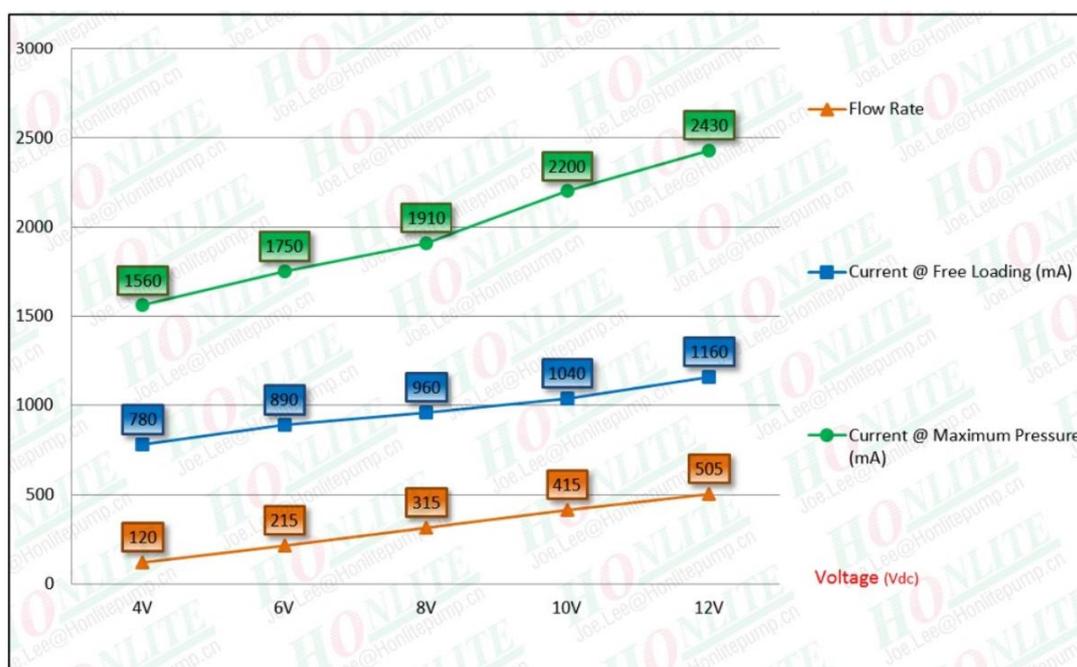
*Fuente: Amazon [34]*

Características de la bomba:

- DC 12 V
- Grado alimenticio con aprobación USP (U.S. Pharmacopoeia) ClassIV (Aprobación de toxicidad), FDA (Food and Drug Administration) y la NSF (National Sanitation Foundation).

- Caudal hasta 500 ml/min
- Altura de impulsión hasta 1,83 metros
- Conexión para tubería de 1/4"
- Costo de \$35

El gráfico de las curvas características de esta bomba peristálticas se muestra en la Figura 3.38 donde especifica los datos de voltaje vs flujo, voltaje vs corriente cuando no hay carga y voltaje vs corriente cuando se encuentra a máxima presión.



**Figura 3.38.** Curvas características de la bomba peristáltica HPP-12-500-ZB-2-P

**Fuente:** Amazon [34]

### 3.2.5.6 Tubería

Para el flujo del líquido desde los tanques de almacenamiento hacia el vaso, es necesario utilizar tubería de grado alimenticio que no contamine ni altere el ingrediente que pase por el mismo.

Como se muestra en la sección 3.2.5.5, la conexión de la tubería es de 1/4". La tubería PVC14-38ANA cumple con los requisitos anteriormente mencionados y se muestra en la Figura 3.39.



**Figura 3.39.** Tubería PVC14-38ANA

**Fuente:** Amazon [35]

Las especificaciones de esta tubería son las siguientes:

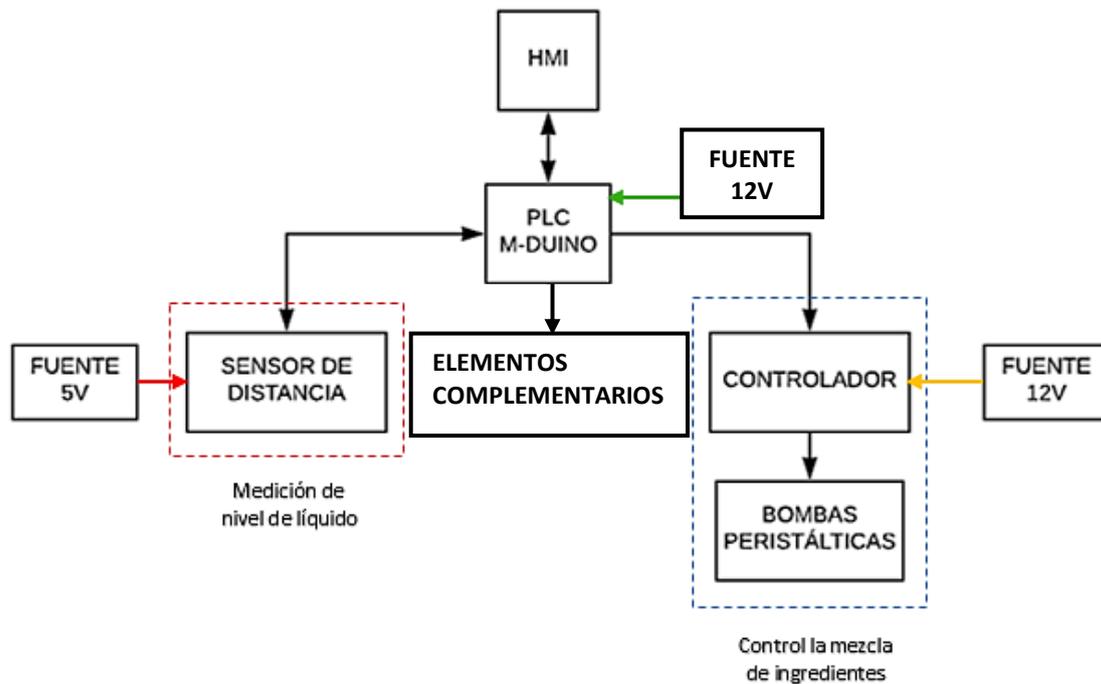
- Tubería ligera de PVC de vinilo flexible de color transparente
- Certificada para el contacto directo con agua potable, alimentos y bebidas. Aprobado por la FDA, certificado NSF 61, cumple con la ROHS (Restriction of Hazardous Substances), ASTM F930-03, EN-71 y PAHS
- Libre de Ftalato
- Diseñada para usos generales de presiones bajas y aplicaciones industriales
- Provee una buena resistencia química
- Diámetro interior 1/4"
- Diámetro exterior 3/8"
- Precio \$24 los 100 pies

### 3.3 DISEÑO ELECTRÓNICO

El sistema electrónico de la máquina se divide en 4 partes principales:

- Módulo de medición de nivel de líquidos
- Módulo de mezcla de ingredientes
- Módulo central de control (PLC)
- Elementos complementarios.

En Figura 3.40 se muestra el diagrama del sistema electrónico generalizado que se usa para la mezcla de cocteles.



**Figura 3.40.** Diagrama general del sistema electrónico

### 3.3.1 MÓDULO DE CONTROL CENTRAL PLC

Para el control de la máquina se usa un PLC de software libre M-DUINO de la empresa IndustrialShields que se muestra en la Figura 3.41. Este PLC posee 36 entradas (16 analógicas y 20 digitales) y 22 salidas (8 analógicas y 14 digitales). Tiene además comunicación por medio de USB, RS485 Half-Full Duplex (modbus), I2C, SPI, RS-232 y un consumo máximo de 1.2A [24].



**Figura 3.41.** M-DUINO

Fuente: PLC ARDUINO M-DUINO [24]

Este PLC se encargará de:

- Recibir los datos que el usuario envíe a través de la HMI
- Recibir los datos del nivel de líquido en los tanques
- Interpretar los datos recibidos y procesarlos

- Enviar señales de control a los drivers para controlar la velocidad, en sentido y el flujo de las bombas peristálticas
- Controlar las señales que ingresan por parte de los botones de encendido y de emergencia y realizar la acción correspondiente se estos son activados.

### 3.3.2 MÓDULO DE MEDICIÓN DE NIVEL DE LÍQUIDOS

Para este módulo se necesita un sensor de distancia para cada uno de los tanques de almacenamiento, cuyo propósito es determinar el nivel actual del líquido. De esta forma la máquina envía una alerta cuando la cantidad de líquido esté próximo a acabarse.

Se usa un sensor ultrasónico el cual se conecta al controlador para poder interpretar las señales recibidas. Este sensor se basa en la ecolocalización que mide la distancia por medio de ondas de ultrasonido. Para dimensionar este elemento es necesario determinar la precisión con la cual se realiza la lectura y también la distancia máxima que debe ser capaz de leer el sensor. En este caso la precisión debe ser de  $\pm 1\text{cm}$  y la distancia capaz de medir debe ser de 650 mm o superior que es la profundidad que posee el tanque. Adicionalmente debe ser impermeable para evitar corto circuitos.

Se selecciona el sensor ultrasónico JSN-SR04T como se observa en la Figura 3.42.



*Figura 3.42. Sensor ultrasónico JSN-SR04T*

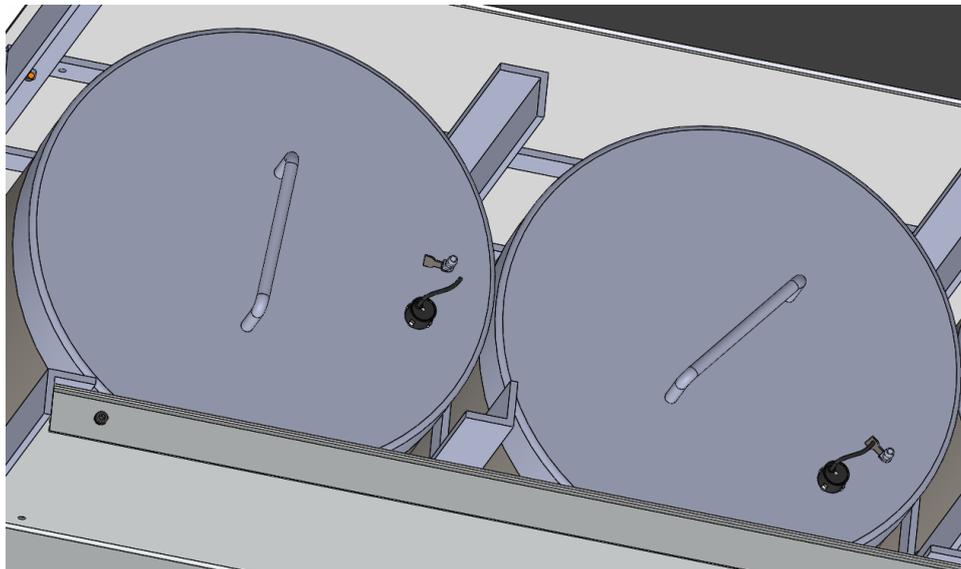
*Fuente: Bigtrónica [36]*

Características:

- Voltaje de Operación: 5 VDC

- Corriente de Operación: 30 mA
- Distancia máxima de medición: 4.5 m
- Resolución aproximada: 0.5 cm
- Frecuencia de Emisión: 40 kHz
- A prueba de agua

El sensor se lo coloca en la parte superior del tanque de almacenamiento, sujeto a la tapa de cada uno de los tanques como se muestra en la Figura 3.43.



*Figura 3.43. Sensor JSN-SR04T ubicado en las tapas de los tanques*

### 3.3.3 MÓDULO DE MEZCLA DE INGREDIENTES

Este módulo es el que se encarga de la extracción de líquido de los tanques de almacenamiento para su posterior mezcla en el vaso del consumidor.

Los elementos que lo constituyen son:

- Bombas peristálticas
- Controlador de las bombas peristálticas
- Tubería para las bombas peristálticas

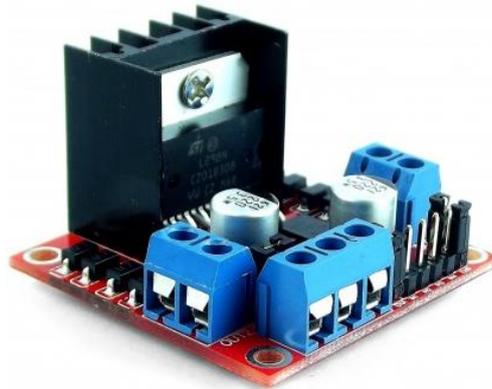
De los cuales falta el dimensionamiento del controlador de las bombas peristálticas

#### 3.3.3.1 Controlador de las bombas peristálticas

El controlador de las bombas peristálticas debe ser capaz de regular la velocidad y por ende el caudal que pasa por la bomba, y de la misma manera el sentido de giro del motor que controla el sentido del flujo del líquido.

El elemento principal de la bomba peristáltica es un motor de 12Vdc con una  $I_{max}$  de 3A, se establece usar como controlador el driver L298n que se muestra en la Figura 3.44 que posee las siguientes especificaciones:

- Chip L298N
- Soporta 2 motores Dc
- Voltaje lógico de 5V
- Voltaje de Operación entre 5V-35V
- Consumo de corriente (Digital) de 0 a 36mA
- Capacidad de corriente de 3A
- Potencia máxima de 25W
- Peso: 30g
- Dimensiones: 43 \* 43 \* 27 mm



**Figura 3.44.** Driver L298N

*Fuente:* Naylamp [37]

### 3.3.4 ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

Dentro de estos elementos se considera:

- Luces piloto
- Botones de encendido y emergencia
- Fuente de alimentación

#### 3.3.4.1 Luces piloto

Son tres luces indicadoras de colores: verde, naranja y rojo, que cumplen con la función de indicar visualmente al usuario el estado de la máquina según la Tabla 3.17.

**Tabla 3.17.** Estado de la máquina según las luces piloto

Luz activada	Estado de la máquina
Verde	Todos los ingredientes se encuentran a más del 50% del nivel máximo (Ingredientes llenos)
Naranja	Alerta, uno o más ingredientes se encuentran entre el 5 y 50% de su capacidad máxima (Revisión de ingredientes)
Roja	Emergencia, uno o más ingredientes se encuentra por debajo del 5% de su capacidad máxima (Revisión emergente de ingredientes)

Las luces piloto que se implementan deben trabajar con un voltaje de 12Vdc que es el voltaje con el cual funciona el PLC y las bombas peristálticas.

Las luces seleccionadas son luces LED Baomain AD16-22D/S31 con ahorro de energía que se muestran en la Figura 3.45.



**Figura 3.45.** Luces piloto Baomain AD16-22D/S31

*Fuente:* Amazon [35]

Características de las luces:

- 12 Vdc
- 20 mA
- Color verde, naranja y rojo

### 3.3.4.2 Fuentes de alimentación

Para el dimensionamiento de la fuente de alimentación del sistema, se define el consumo que posee cada uno de los elementos mencionados anteriormente. En la Tabla 3.18 se observa el consumo de cada uno de los componentes. Hay que tomar en cuenta que como máximo se activarán 1 bomba peristáltica a la vez.

**Tabla 3.18.** Consumo de los componentes electrónicos

Elemento	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)
PLC M-DUINO	1	12	1.2
Sensor ultrasónico JSN-SR04T	5	5	0.03
Bombas peristálticas HPP-12-500-ZB-2-P	5	12	2.4
Driver L298n	3	12	0.036
Luces piloto	3	12	0.02

Se estima un factor de seguridad de 2 a estos valores de corriente para el dimensionamiento de la fuente. En la Tabla 3.19 se observa el resumen de las fuentes con su factor de seguridad respectivo.

**Tabla 3.19.** Características de las fuentes

Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de seguridad	Potencia (W)
12	3.77	2	90.44
5	0.15	2	1.5

Son necesarias dos fuentes de alimentación, una de 5V y otra de 12V.

Para la fuente de 5V se usa una fuente de alimentación MEAN WELL MDR 120-5, 3 A y 15W como se observa en la Figura 3.46.

**Figura 3.46.** Fuente Maen Well MDR de 5V

**Fuente:** Amazon 109 [35]

Para la fuente de 12 V se selecciona la fuente MEAN WELL EDR-120-12 de 10 Amp y 120W como se observa en la Figura 3.47.



**Figura 3.47.** Fuente Mean Well EDR de 12V

**Fuente:** Amazon 109 [35]

Las fuentes ya poseen seguridades internas, pero como protección extra se dimensionan fusibles externos a las mismas. Para el dimensionamiento de los mismos se usa (32).

$$V_{en} \times I_{en} \times f_p = W_{sal} \quad (32)$$

Donde:

$V_{en}$  es el voltaje RMS de entrada de la fuente, en V

$I_{en}$  es la corriente RMS, de entrada de la fuente, en A

$f_p$  es el factor de potencia

$W_{sal}$  es la potencia de salida de la fuente, en W

Se realiza este cálculo para las dos fuentes de alimentación. Se empieza con la fuente de 5V.

$$I_{en} = \frac{W_{sal}}{V_{en} \times f_p}$$

$$I_{en} = \frac{1.5W}{110V \times 1}$$

$$I_{en} = 0.014 A$$

Con este valor de corriente RMS se obtiene la corriente pico con (33).

$$I_{pico} = I_{en} \times \sqrt{2} \quad (33)$$

Donde:

$I_{pico}$  es la corriente pico a la entrada de la fuente, en A

$I_{en}$  es la corriente RMS de entrada de la fuente, en A

$$I_{pico} = 0.014 A \times \sqrt{2}$$

$$I_{pico} = 0.02 A$$

De la misma manera se aplican los cálculos para la fuente de 12 V. Primero usando (32).

$$I_{en} = \frac{W_{sal}}{V_{en} \times f_p}$$

$$I_{en} = \frac{90.44W}{110V \times 1}$$

$$I_{en} = 0.82 A$$

Y reemplazando este valor en (33).

$$I_{pico} = I_{en} \times \sqrt{2}$$

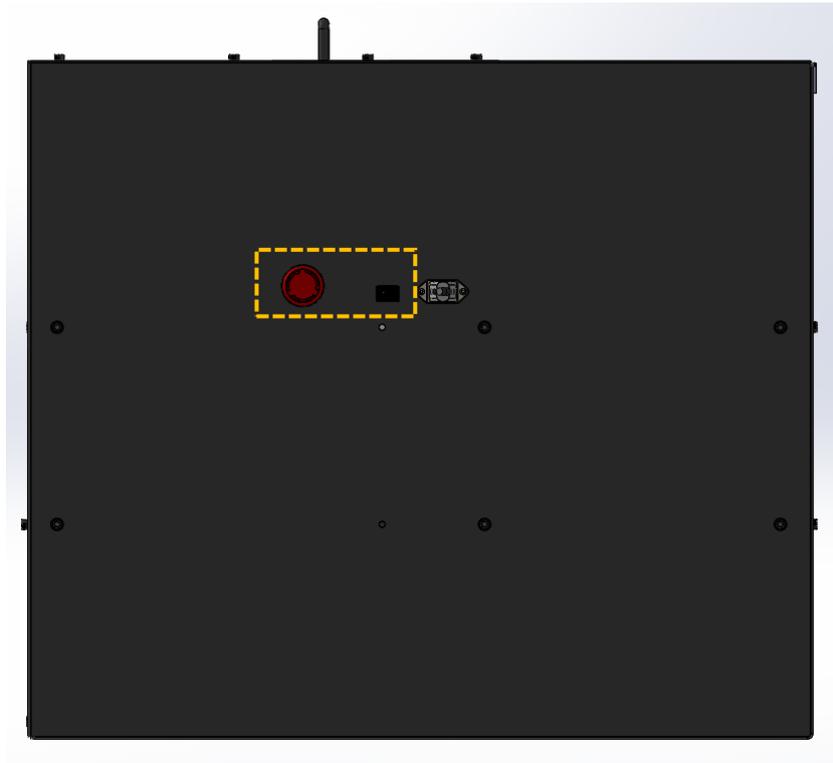
$$I_{pico} = 0.82 A \times \sqrt{2}$$

$$I_{pico} = 1.16 A$$

Se requieren dos fusibles iguales o mayores a 0.02 A y 1.16 A respectivamente que soporten un voltaje de mínimo el doble de la entrada, es decir deben ser de 220 V. Ajustando el valor de los fusibles a los comerciales se concluye que se usa un fusible de 2 A y 220 V para la fuente de 12V y un fusible de 1 A y 220 V para la fuente de 5 V.

### 3.3.4.3 Botones de encendido y emergencia

La máquina posee dos botones principales que sirven para el encendido y para el paro de la máquina en caso de emergencia. Estos botones se pueden ver ubicados en la cara lateral derecha de la máquina, junto al cable de conexión de la misma, como se observa en la Figura 3.48.



*Figura 3.48. Ubicación del botón de encendido y de emergencia en la máquina*

#### **3.3.4.4 Cableado**

Para las conexiones se utiliza la norma AWG como se muestra en la Figura 3.49. Se selecciona para la fuente de 5V el cable AWG 29 porque la corriente máxima que circula por el circuito es de 0.15A.

Para la fuente de 12V se selecciona el cable AWG 16 porque la corriente máxima que circula por el mismo es de 2.4 A.

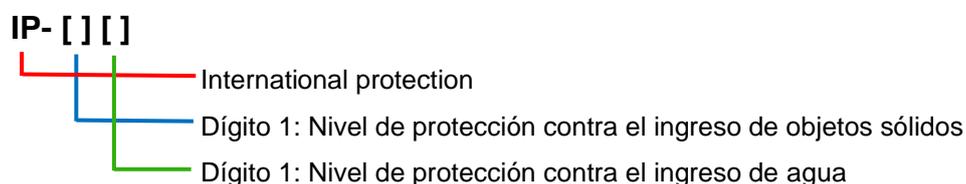
AWG	Dia mm	SWG	Dia mm	Max Amps	Ohms / 100 m
11	2.30	13	2.34	12	0.47
12	2.05	14	2.03	9.3	0.67
13	1.83	15	1.83	7.4	0.85
14	1.63	16	1.63	5.9	1.07
15	1.45	17	1.42	4.7	1.35
16	1.29	18	1.219	3.7	1.48
18	1.024	19	1.016	2.3	2.04
19	0.912	20	0.914	1.8	2.6
20	0.812	21	0.813	1.5	3.5
21	0.723	22	0.711	1.2	4.3
22	0.644	23	0.610	0.92	5.6
23	0.573	24	0.559	0.729	7.0
24	0.511	25	0.508	0.577	8.7
25	0.455	26	0.457	0.457	10.5
26	0.405	27	0.417	0.361	13.0
27	0.361	28	0.376	0.288	15.5
28	0.321	30	0.315	0.226	22.1
29	0.286	32	0.274	0.182	29.2
30	0.255	33	0.254	0.142	34.7
31	0.226	34	0.234	0.113	40.2
32	0.203	36	0.193	0.091	58.9
33	0.180	37	0.173	0.072	76.7
34	0.160	38	0.152	0.056	94.5
35	0.142	39	0.132	0.044	121.2

Figura 3.49. Valores normalizados de cables según la norma AWG

Fuente: Pepegreen [38]

### 3.3.5 NORMATIVA

Las clases de protección IP son las protecciones contra el ingreso de cuerpos extraños en los dispositivos electrónicos. El código de protección se lee de la siguiente manera:



En este caso, la norma INEN RTE-131 establece que los dispositivos eléctricos de mando deben poseer una protección IP54 según la norma IEC 60529 vigente. La Tabla 3.20 muestra el nivel de protección del primer dígito, en la cual se resalta el nivel 5 que, en este caso, es el que exige la norma.

Tabla 3.20. Nivel de protección IP para el primer dígito

Nivel	Tamaño del objeto entrante	Efectivo contra
0	-	Sin protección
1	<50 mm	Una esfera de 50 mm de diámetro no debe llegar a entrar por completo.

2	<12.5 mm	Una esfera de 12.5 mm de diámetro no debe llegar a entrar por completo.
3	<2.5 mm	Una esfera de 2.5 mm de diámetro no debe entrar en lo más mínimo.
4	<1 mm	Una esfera de 1 mm de diámetro no debe entrar en lo más mínimo.
5	Protección contra polvo	La entrada de polvo no puede evitarse, pero no debe entrar en cantidades grandes que interfieran con el correcto funcionamiento del equipo.
6	Protección fuerte contra polvo	El polvo no entra bajo ninguna circunstancia.

Fuente: IEC 60529 [39]

La Tabla 3.21 muestra el nivel de protección del segundo dígito, en la cual se resalta el nivel 4 que, en este caso, es el que exige la norma.

Tabla 3.21. Nivel de protección IP para el segundo dígito

Nivel	Protección frente a	Método de prueba	Resultados
0	Sin protección.	Ninguno	El agua entrará en el equipamiento en poco tiempo.
1	Goteo de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, desde 200 mm de altura respecto del equipo, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm <sup>3</sup> por minuto)
2	Goteo de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm <sup>3</sup> por minuto). Dicha prueba se realizará cuatro veces a razón de una por cada giro de 15° tanto en sentido vertical como horizontal, partiendo cada vez de la posición normal de trabajo.
3	Agua nebulizada. (spray)	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua nebulizada en un ángulo de hasta 60° a derecha e izquierda de la vertical a un promedio de 11 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
4	Chorros de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada desde cualquier ángulo a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
5	Chorros de agua.	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 6,3 mm de diámetro, a un promedio de 12,5 litros por minuto y a una presión de 30 kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 3 minutos y a una distancia no menor de 3 metros.
6	Chorros muy potentes de agua.	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada a chorros (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 12,5 mm de diámetro, a un promedio de 100 litros por minuto y a una presión de 100 kN/m <sup>2</sup> durante no menos de 3 minutos y a una distancia que no sea menor de 3 metros.

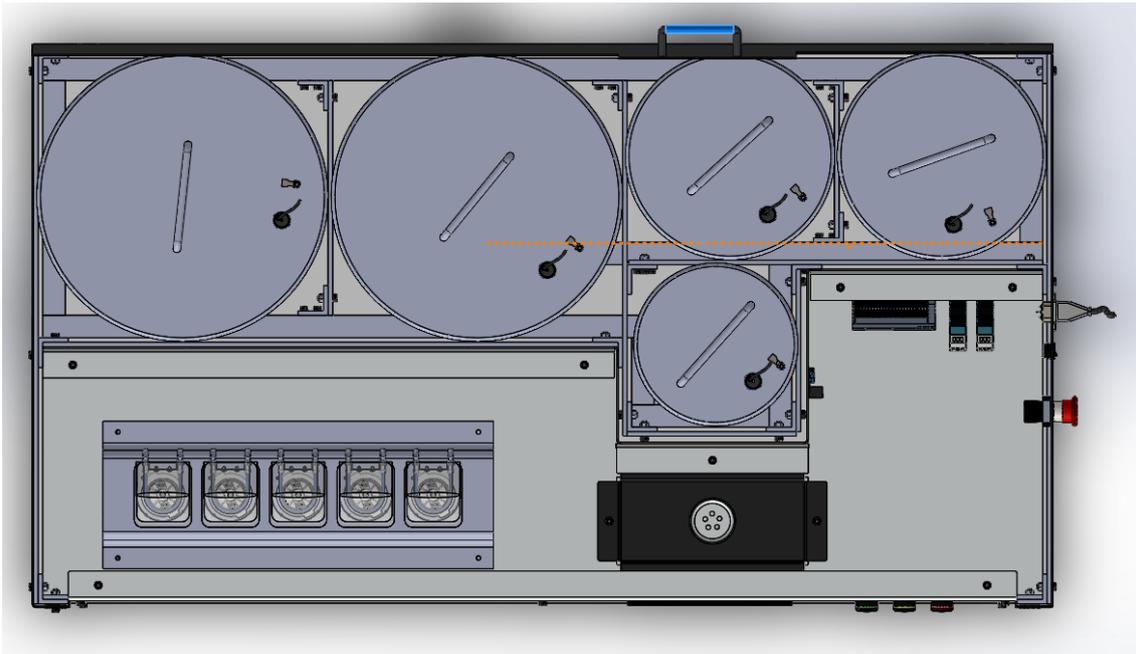
7	Inmersión completa en agua.	El objeto debe soportar sin filtración alguna la inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos.	No debe entrar agua.
8	Inmersión completa y continua en agua.	El equipamiento eléctrico / electrónico debe soportar (sin filtración alguna) la inmersión completa y continua a la profundidad y durante el tiempo que especifique el fabricante del producto con el acuerdo del cliente, pero siempre que resulten condiciones más severas que las especificadas para el valor 7.	No debe entrar agua.
9K	Potentes chorros de agua a alta temperatura	Protegido en contra de chorros de corto alcance a alta presión y de alta temperatura.	Duración del Test: Volumen de agua: 14–16 litros por minuto Presión: [8000–10000 kPa / 80–100 Bar] distancia de 0.1–0.15 m Temperatura del agua: 80 °C

*Fuente: UNE-EN 1672-2 [26]*

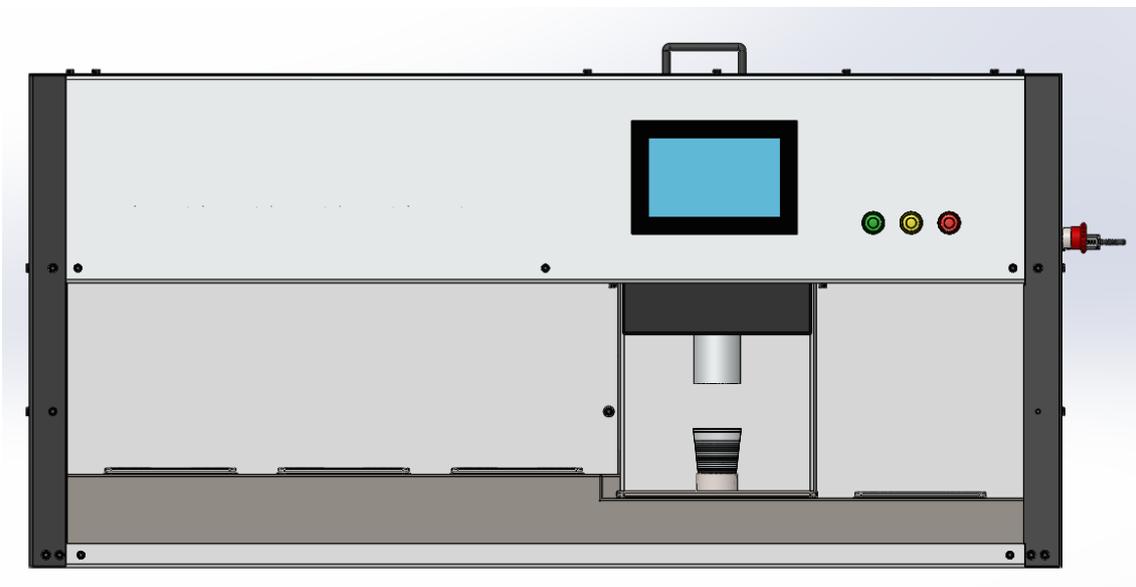
Como resumen, la protección de los dispositivos eléctricos de mando IP54 indica que se debe evitar el ingreso de polvo en cantidades que interfieran con el correcto funcionamiento del dispositivo y además se debe evitar el ingreso de chorros de agua en todas direcciones.

### 3.3.6 LISTA DE MATERIALES

Al finalizar tanto el dimensionamiento mecánico como electrónico, se realiza la lista de materiales necesaria para la construcción de la máquina, de la cual se muestra el esquema final en la Figura 3.50 y en la Figura 3.51. Dicha lista de materiales se presenta en el anexo A.4.



*Figura 3.50. Vista superior de la máquina dimensionada en SOLIDWORKS STUDENT*



*Figura 3.51. Vista frontal de la máquina dimensionada en SOLIDWORKS STUDENT*

### 3.3.7 PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

Los planos mecánicos de la máquina se presentan en el anexo B.3.

## 3.4 DISEÑO DE LA INTERFAZ

Esta etapa del diseño es la que permite al usuario controlar tanto el software como el hardware a través de una interfaz de usuario. Según las necesidades esta puede ser de texto, de gráficos o auditivo.

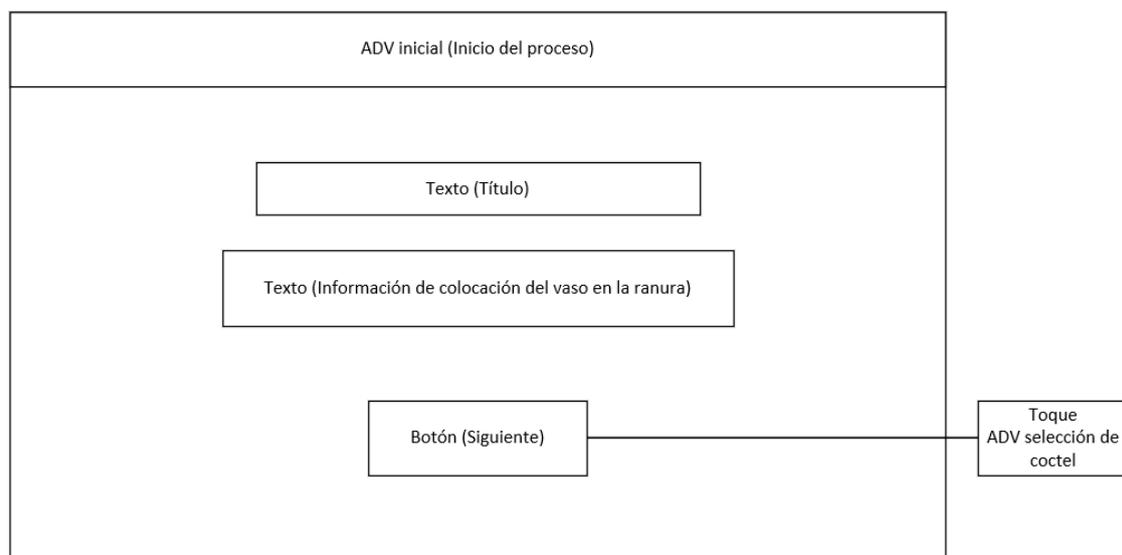
Los requisitos principales que se debe cumplir en una interfaz deben ser los siguientes:

- De fácil uso para el usuario
- De respuesta rápida
- Estético

Este tipo de interfaces se dividen en dos grupos: las de líneas de comando y las interfaces gráficas [40]. En este caso se usará la interfaz gráfica por su facilidad de uso y un mayor atractivo para la máquina porque la mayoría de usuarios están acostumbrados a este tipo de interfaz hoy en día.

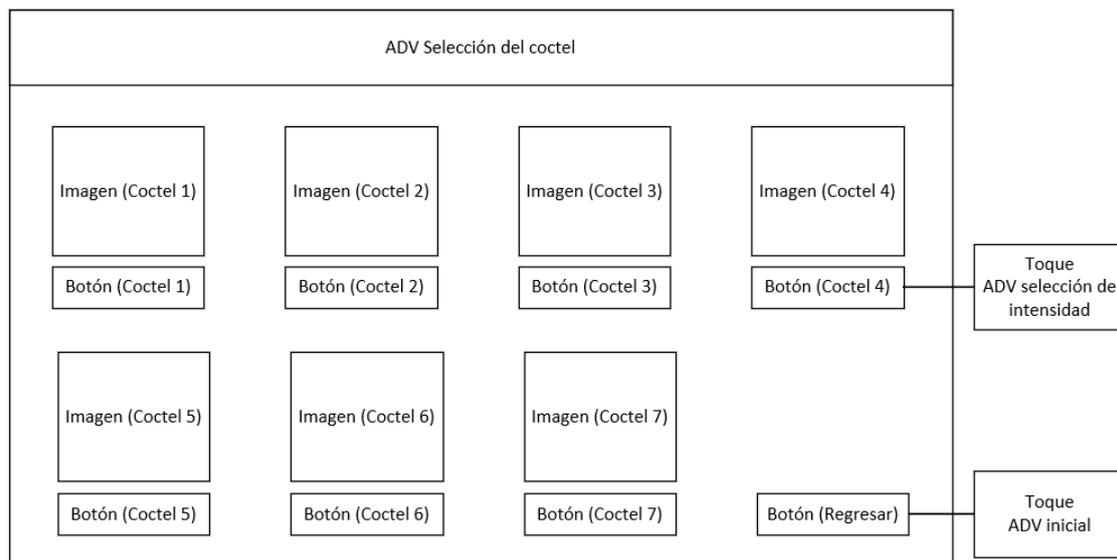
Para la representación de esta interfaz se usa lo que se conoce como ADV (Vista de Datos Abstracta) que especifica el comportamiento y como está organizada la interfaz.

El ADV inicial se muestra en la Figura 3.52 en la que inicia el proceso de preparación del coctel. En esta pantalla se especifica que antes de continuar con el proceso el usuario debe colocar el vaso en la ranura de llenado. Una vez realizada esta acción el usuario presiona el botón “Siguiente”.



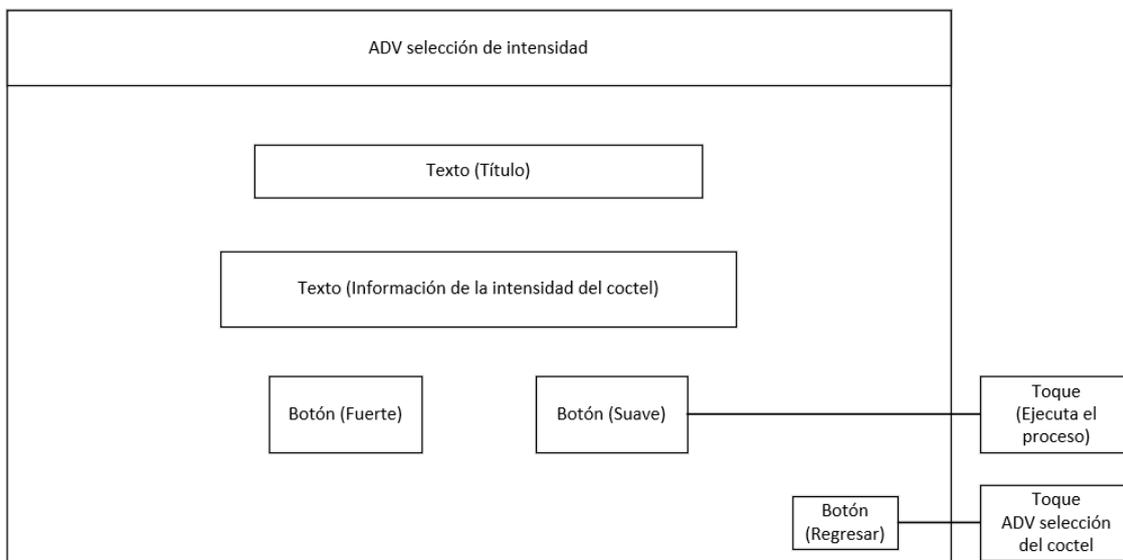
**Figura 3.52.** ADV inicial

Como siguiente ADV se tiene en la Figura 3.53 los tipos de cocteles que se pueden seleccionar, priorizando como coctel 1 y coctel 2 el Screwdriver y el Cuba Libre que son los más consumidos por los clientes. Según el coctel seleccionado se activarán las bombas peristálticas para la selección de los ingredientes para la elaboración del mismo.



**Figura 3.53.** ADV selección de coctel

Después de seleccionar el tipo de coctel a elaborar, se presenta el ADV de la Figura 3.54 en la que se puede seleccionar el tipo de intensidad con el que se preparará el coctel, es decir, la cantidad de la bebida fuerte. Si se selecciona el botón “fuerte” la máquina preparará el coctel con las recetas establecidas en la sección 3.2.1.1.5, es decir, 3/10 de bebida fuerte, 6/10 de bebida suave y 1/10 de zumo de limón. Si se selecciona el botón “suave”, la receta cambia a 1/5 de bebida fuerte, 7/10 de bebida suave y 1/10 de zumo de limón.



**Figura 3.54.** ADV Selección de intensidad

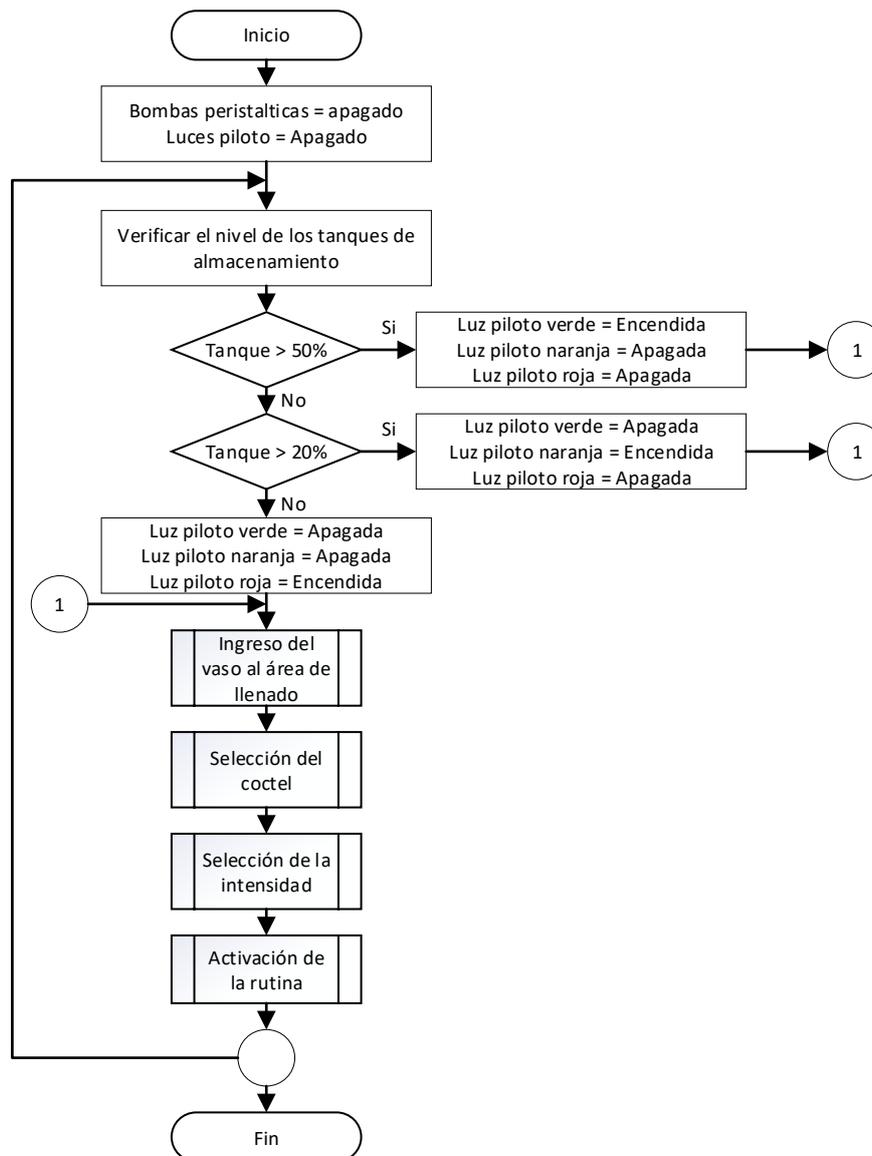
Al finalizar el proceso de llenado del vaso, la máquina volverá al ADV inicial de la Figura 3.52.

### **3.5 ALGORITMO DE PROGRAMACIÓN**

La máquina posee algoritmos que permiten la ejecución de los procesos programados, los cuales van a ser descritos a continuación.

#### **3.5.1 ALGORITMO GENERAL**

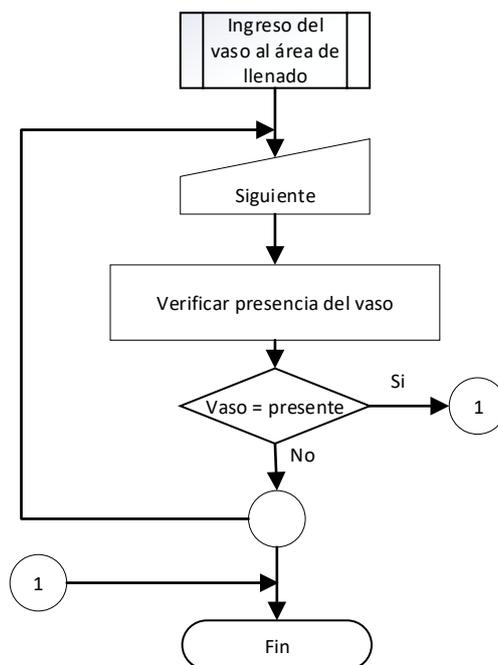
Al encender la máquina, empieza el proceso de inicialización de la máquina, es decir, establece todos los valores a apagado (bombas peristálticas, luces piloto), luego verifica el nivel de líquido en los tanques y procede a encender la luz piloto correspondiente. Cuando la máquina se encuentra completamente inicializada, se procede con la rutina de preparación de cocteles que consta del ingreso del vaso al área de llenado, la selección del coctel y la selección de la intensidad del mismo para posteriormente activar la rutina de elaboración de cocteles hasta su finalización. Este proceso se observa en la Figura 3.55.



*Figura 3.55. Algoritmo general*

### 3.5.2 ALGORITMO DE INGRESO DEL VASO AL ÁREA DE LLENADO

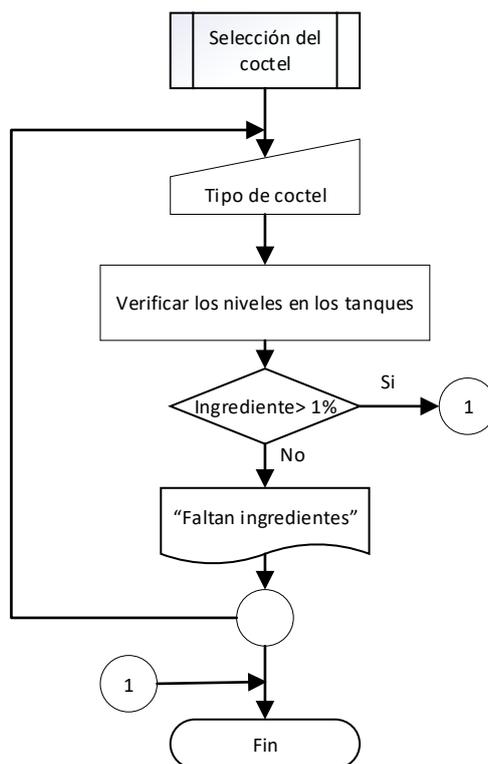
El algoritmo de la Figura 3.56 se encarga de verificar que el vaso se encuentre en el área de llenado para evitar que el proceso de llenado se active sin la presencia del mismo y se causen derramamientos innecesarios.



**Figura 3.56.** Algoritmo de detección de presencia de vaso

### 3.5.3 ALGORITMO DE SELECCIÓN DE COCTEL

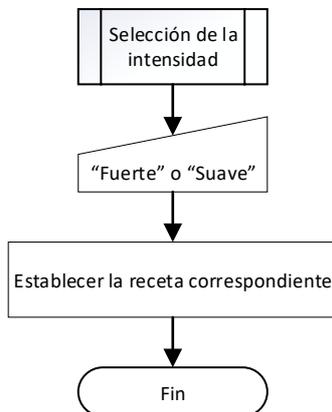
El algoritmo presentado en la Figura 3.57 permite al cliente seleccionar el coctel deseado para su posterior preparación. Luego de la selección del coctel, se realiza la verificación de los niveles en los tanques para comprobar que es factible preparar el coctel.



**Figura 3.57.** Algoritmo de selección de coctel

### 3.5.4 ALGORITMO DE SELECCIÓN DE INTENSIDAD

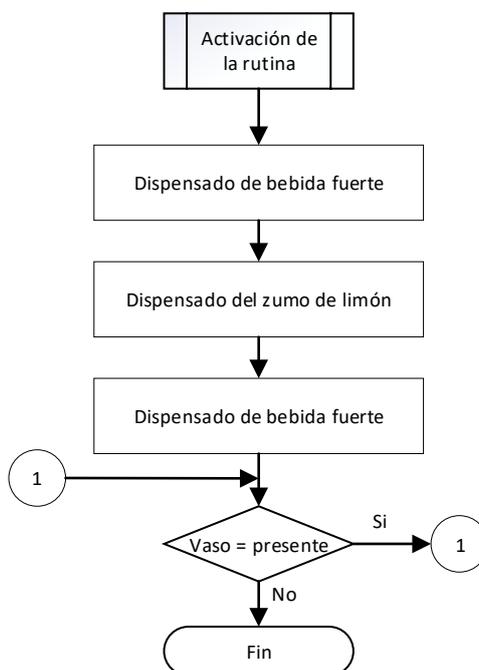
Este algoritmo se encarga de seleccionar si el coctel va a ser “fuerte” o “suave” y dependiendo de la selección la receta cambiará sus proporciones. El algoritmo se muestra en la Figura 3.58.



*Figura 3.58. Algoritmo de selección de intensidad*

### 3.5.5 ALGORITMO DE ACTIVACIÓN DE RUTINA

Después del proceso de selección de la intensidad del coctel la máquina procede a inicializar su rutina de preparación de coctel. Primero comienza dispensando la bebida fuerte, posteriormente el zumo de limón y como último paso, la bebida suave que es la que gracias a la gravedad mezclará los ingredientes anteriormente mencionados. La rutina finaliza cuando el vaso es retirado del área de llenado. Este algoritmo se presenta en la Figura 3.59.



*Figura 3.59. Algoritmo de activación de rutina*

## CAPITULO IV

### PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PROTOTIPO Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

#### 4.1 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

Se realiza un análisis de la escalabilidad de la máquina dimensionada para conocer si al escalar la misma, cada uno de sus componentes también se puede escalar o no. Dicho análisis permite visualizar cuales son los componentes de la máquina dimensionada que pueden ser usados en el prototipo. En la Tabla 4.1 se muestra este análisis.

*Tabla 4.1. Escalabilidad de la máquina diseñada*

	Escalabilidad
Chasis	No es escalable. La máquina se encuentra diseñada para soportar 200 litros de peso de los tanques de almacenamiento y al escalar el tamaño de la máquina se debe volver a realizar el cálculo de los tubos estructurales.
Tanques de almacenamiento	No es escalable. Al igual que la estructura, al cambiar el tamaño de los tanques se debe volver a realizar los cálculos para el diseño de los mismos.
Tubería	Si es escalable. La misma tubería que se usa en la máquina se puede usar en prototipos de diferentes tamaños.
Controlador	Si es escalable. El PLC usado en la máquina se puede usar en prototipos de diferentes tamaños porque realiza las mismas funciones en cualquiera de los casos. En el caso del prototipo se decide cambiar el PLC por un controlador de tipo Arduino por la disminución de complejidad en el sistema y reducción de entradas y salidas.

HMI	Si es escalable. La HMI cumple con la función de realizar la selección de cocteles por lo que se puede usar en máquinas de diferentes tamaños. En el caso del prototipo a construir se cambia esta opción por una interfaz gráfica vía celular
Sensor de presencia de vaso	Si es escalable. A cualquier tamaño de la máquina, el sensor de presencia del vaso será el mismo. En la construcción del prototipo se decide retirar este sensor para hacer menos complejo al sistema.
Sensor de nivel de ingredientes	Si es escalable. A cualquier tamaño de la máquina, el sensor de nivel de ingredientes será el mismo. En la construcción del prototipo se decide retirar este sensor para hacer menos complejo al sistema.
Mezcladora	Si es escalable. A cualquier tamaño de la máquina, la mezcladora se ubicará siempre por encima del vaso y tendrá las mismas dimensiones, realizando la mezcla de los ingredientes.
Portavasos	Si es escalable. A cualquier tamaño de la máquina, el portavasos tendrá la misma dimensión porque el vaso siempre es un vaso desechable de 7 oz.
Drenaje	No es escalable. Al cambiar el tamaño de la máquina, se debe dimensionar el drenaje según la cantidad de líquido que se pueda derramar debajo de los vasos. Esto depende de la cantidad de cocteles dispensados que dependen del volumen de los tanques de almacenamiento.
Contenedor de hielos	No es escalable. Al cambiar el tamaño de la máquina se debe dimensionar el volumen de hielo para el número de cocteles que preparará la máquina.
Vaso	Si es escalable. El vaso para el cual esta diseñada la máquina es para un vaso desechable de 7 oz. Por lo que este vaso siempre será el mismo.

Variedad de ingredientes	Si es escalable. A cualquier tamaño de la máquina se pueden colocar el mismo número de ingredientes, solo que a diferentes cantidades.
Bombas peristálticas	Si es escalable. Al cambiar el tamaño de la máquina, las bombas peristálticas son las mismas. La única cuestión a considerar es verificar que la altura de la tubería no sea mayor a la altura de impulsión de las bombas, caso contrario se debería volver a dimensionar las mismas.
Drivers	Si es escalable. Al usar las mismas bombas peristálticas en los diferentes tamaños de máquinas, se usan los mismos drivers para controlarlas.
Switch de encendido	Si es escalable. A cualquier tamaño de máquina, el switch de encendido será el mismo porque la corriente no cambia.
Fuente de alimentación	Si es escalable. A cualquier tamaño de máquina, si posee los mismos elementos electrónicos entonces las fuentes de alimentación serán las mismas.
Luces piloto	Si son escalables. Estas luces indicadoras serán las mismas para cualquier tamaño de la máquina.
Botón de emergencia	Si es escalable. A cualquier tamaño de máquina este botón seguirá siendo el mismo.
Variedad de cocteles a preparar	Si es escalable. Al tener la misma variedad de ingredientes, se pueden preparar la misma variedad de cocteles.

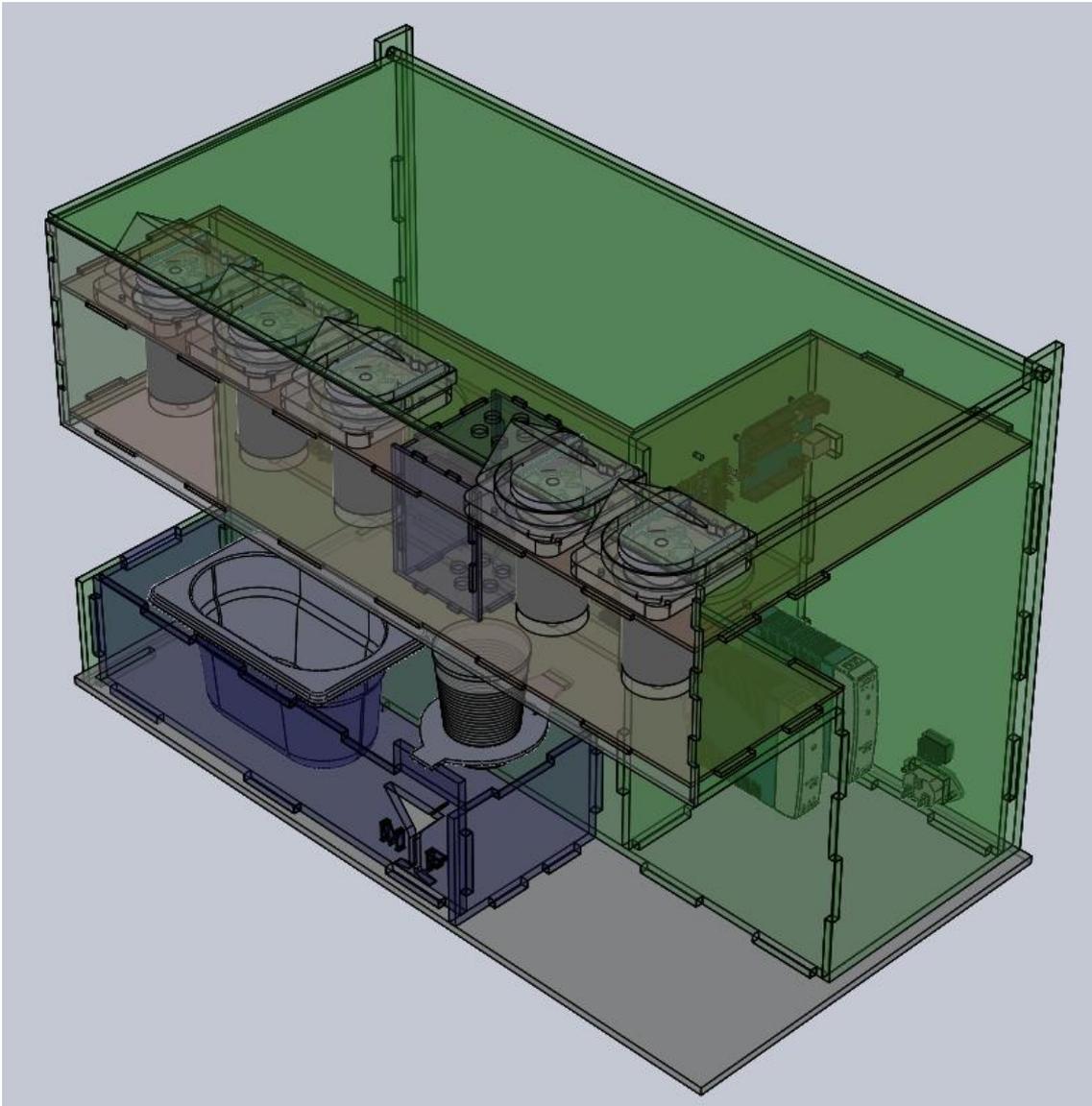
Para visualizar de una mejor manera las diferencias que tiene el prototipo a construir con respecto a la máquina diseñada en el capítulo 3, se realiza una tabla comparativa entre ambas. Estas diferencias se observan en la Tabla 4.2.

**Tabla 4.2.** Tabla comparativa entre la máquina diseñada y el prototipo a construir

	Máquina	Prototipo
Chasis	Estructura de acero inoxidable	Estructura de acrílico transparente de 6mm

Tanques de almacenamiento	Tanques de acero inoxidable de 60, 30 y 20 litros	Botellas de vidrio de 750 ml de capacidad
Tubería	PVC14-38ANA	PVC14-38ANA
Controlador	PLC M-DUINO	Arduino UNO
HMI	Pantalla táctil Nextion Enhanced NX8048K070-011C	Aplicación celular vía bluetooth
Sensor de presencia de vaso	Si	No
Sensor de nivel de ingredientes	Si	No
Mezcladora	Si	Si
Portavasos	Si	Si
Drenaje	Si	No
Contenedor de hielos	Si	Si
Vaso	Desechable de 7oz	Desechable de 7oz
Variedad de ingredientes	5 ingredientes	5 ingredientes
Bombas peristálticas	500 ml / min	500 ml / min
Drivers	L298N	L298N
Switch de encendido	Si	Si
Fuente de alimentación	Mean Well EDR de 12V Mean Well MDR de 5V	Mean Well EDR de 12V
Luces piloto	Si	No
Botón de emergencia	Si	No
Variedad de cocteles a preparar	7	7

Con las especificaciones dadas en la Tabla 4.2 se diseña y construye un prototipo más pequeño que la máquina original, como se muestra en la Figura 4.1.



*Figura 4.1. Diseño del prototipo en Solidworks Student*

Cada una de las piezas del prototipo es cortada a láser y posteriormente ensamblada, como se observa en la Figura 4.2.



*Figura 4.2. Piezas de acrílico del prototipo ensambladas*

Se realiza el montaje del resto de componentes a esta estructura: bombas peristálticas, tubería, hielera, circuito electrónico y cableado, resultando el prototipo que se observa en la Figura 4.3.



*Figura 4.3. Prototipo de la máquina coctelera*

## 4.2 HMI DEL PROTOTIPO

El prototipo recibe instrucciones por medio de un módulo bluetooth conectado a la placa Arduino, el cual se comunica con una aplicación celular.

La aplicación tiene las siguientes funciones:

- Enviar el comando de carga de ingredientes hacia la mezcladora
- Enviar el comando de descarga o vaciado de la mezcladora

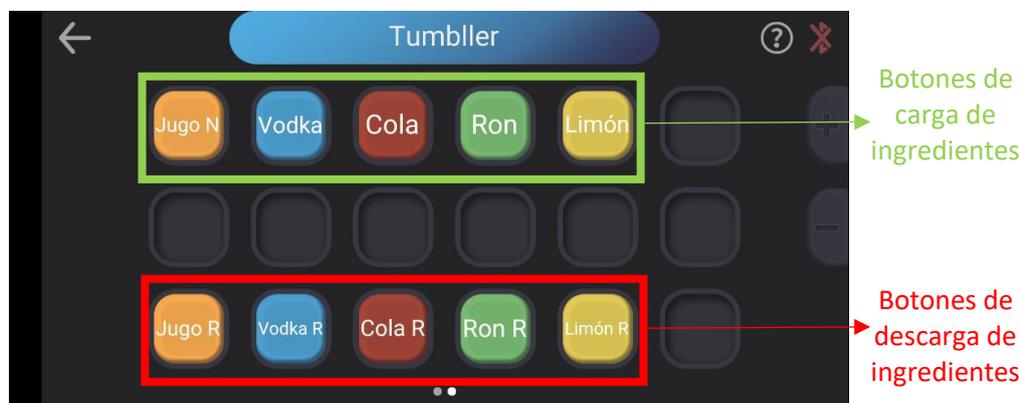
- Enviar cada uno de los comandos para preparar cualquiera de los 7 cocteles preestablecidos

#### 4.2.1 COMANDO DE CARGA DE INGREDIENTES

Al inicializar la máquina, se deben colocar las botellas llenas con cada uno de los ingredientes en el área de almacenaje e insertar el tubo correspondiente en cada una de las botellas. Después de esto, como los tubos se encuentran vacíos, es necesario cargar cada ingrediente hasta el área de la mezcladora en donde cae directamente al vaso. Para esto, la aplicación tiene 5 botones que permiten realizar esta función, como se muestra de color verde en la Figura 4.4.

#### 4.2.2 COMANDO DE DESCARGA O VACIADO DE INGREDIENTES

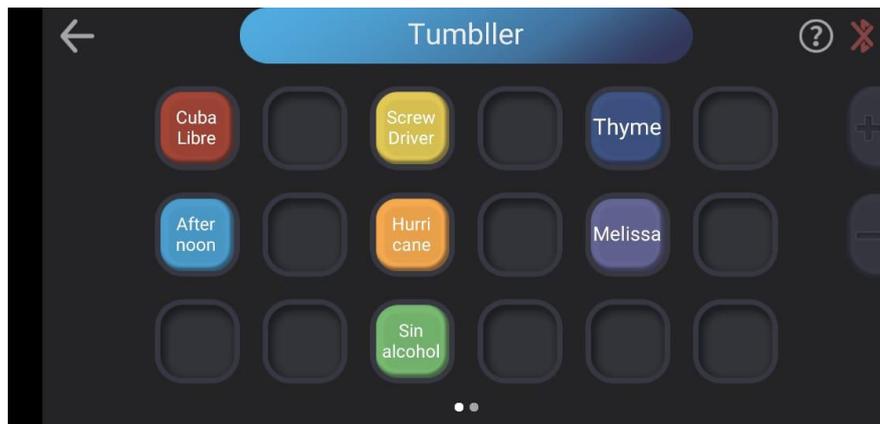
Cuando ya no se requiera la presencia de los ingredientes en la mezcladora, se devuelve cada uno de estos a sus respectivas botellas. Para realizar esta función, la aplicación consta de 5 botones para la descarga o vaciado, como se presenta de color rojo en la Figura 4.4.



**Figura 4.4.** Botones de carga y descarga de ingredientes

#### 4.2.3 COMANDO DE PREPARACIÓN DE COCTELES

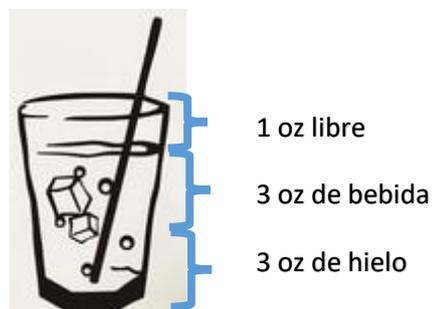
La pantalla principal muestra los 7 cocteles que puede preparar la máquina. Las recetas de estos cocteles se presentan en el Anexo C.1. Al presionar cualquiera de estos botones, la máquina inicia de manera inmediata con la preparación del coctel seleccionado.



*Figura 4.5. Botones de los cocteles a ser preparados*

### 4.3 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DEL PROTOTIPO

Para el funcionamiento del prototipo, en primera instancia, el usuario debe aproximarse a la máquina con un vaso desechable de 7 oz. El usuario tiene la opción de tomar la cantidad de hielo que considere pertinente, el mismo que se encuentra ubicado dentro del contenedor de acero inoxidable. Posterior a esto, el usuario coloca el vaso en la ranura de llenado. Tras realizar estas operaciones, se selecciona el tipo de coctel a preparar de entre las 7 opciones disponibles que se muestran en la Figura 4.5. La máquina procede a dispensar el coctel en el vaso. Después de la preparación, el vaso se encuentra lleno con aproximadamente 3 oz de hielo, 3 oz de coctel y 1 oz de espacio libre para evitar derrames de líquido como se muestra en la Figura 4.6.



*Figura 4.6. Proporciones del coctel preparado en el vaso desechable de 7 oz*

Como último paso el cliente retira el vaso y el siguiente cliente toma posición en la máquina para repetir el proceso.

## 4.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Se realizaron pruebas de prototipo para medir:

- El tiempo que tarda el prototipo en la preparación individual de cada uno de los cocteles
- El tiempo en atender a 12 clientes
- El peso resultante de cada coctel
- Los cocteles más consumidos

### 4.4.1 PRUEBAS DE TIEMPO INDIVIDUAL DE PREPARACIÓN DE CADA COCTEL

Para conocer el número de pruebas a realizar, se debe primero calcular la cantidad de cocteles que puede preparar el prototipo al tener cada uno de sus ingredientes llenos. Este cálculo se realiza para las bebidas suaves considerando que serán los primeros ingredientes en acabarse por ocupar los 3/5 de cada coctel.

Como se muestra en la Figura 4.6, para cada coctel se necesita 3 oz de líquido (88.72 ml), de los cuales 3/5 son de bebida suave. Al conocer que cada botella es de 750 ml (de los cuales solo se llenan 700 ml para evitar derrames al introducir la manguera en la botella), se puede conocer el número de cocteles que pueden ser preparados antes de que la bebida suave se termine.

$$88,72 \text{ ml} \times \frac{3}{5} = 53,23 \text{ ml}$$

$$\frac{700 \text{ ml}}{53,23 \text{ ml}} = 13 \text{ cocteles}$$

También se debe considerar que, al terminarse la bebida suave, en la manguera permanece un remanente de líquido que no puede ser dispensado. Se calcula este volumen multiplicando el área de la sección interna de la tubería por la longitud de la misma.

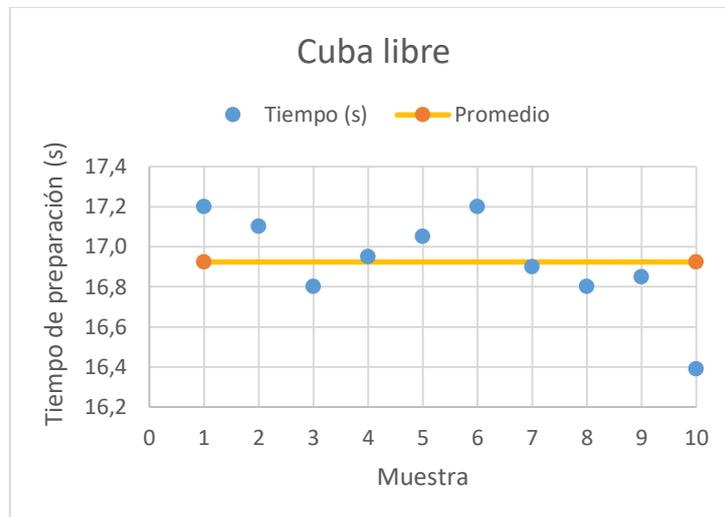
$$\frac{(6,35 \text{ mm})^2 \times \pi}{4} \times 1000 \text{ mm}$$

$$31,67 \times 1000 \text{ mm} = 31670 \text{ mm}^3 = 31,67 \text{ ml}$$

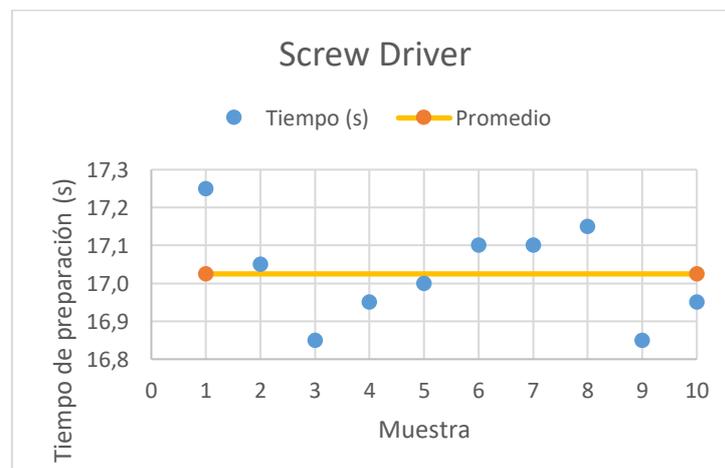
Con este valor se identifica que más de la mitad del último coctel no puede ser dispensado hacia el vaso cuando el ingrediente se haya agotado. Por lo tanto, el

prototipo tiene la capacidad de dispensar 12 cocteles por cada una de las bebidas suaves, es decir, se puede dispensar 12 Cuba libre y 12 Screw driver, teniendo un total de 24 cocteles por cada llenado.

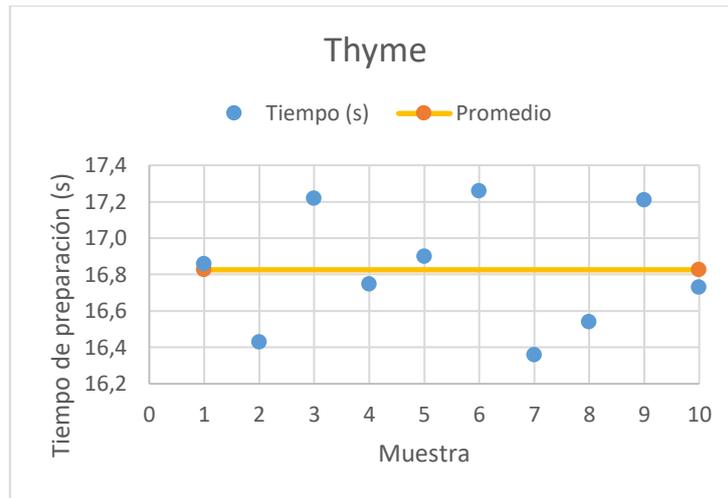
Se toma el tiempo de preparación de cada uno de los cocteles, como se presenta desde la Figura 4.7 hasta la Figura 4.13.



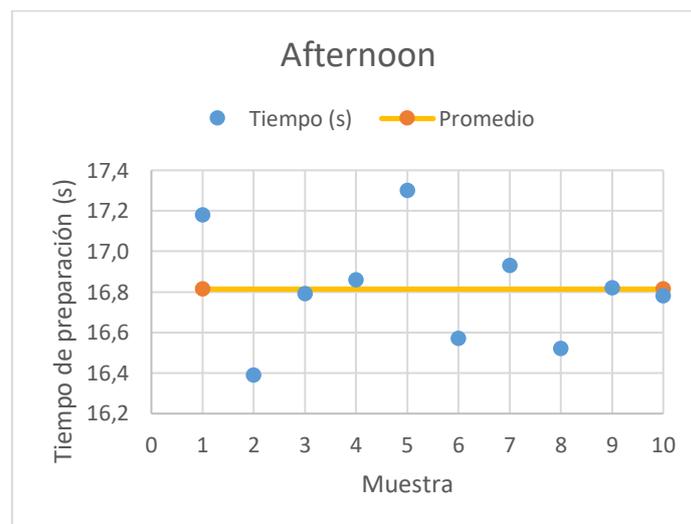
**Figura 4.7.** Tiempo de preparación del Cuba libre



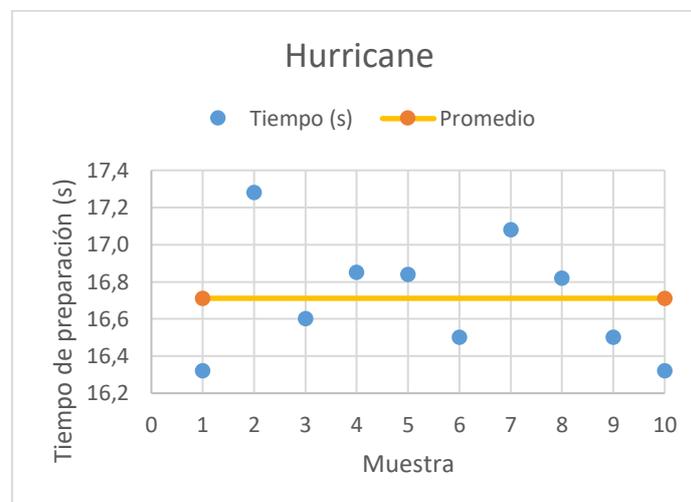
**Figura 4.8.** Tiempo de preparación del Screw driver



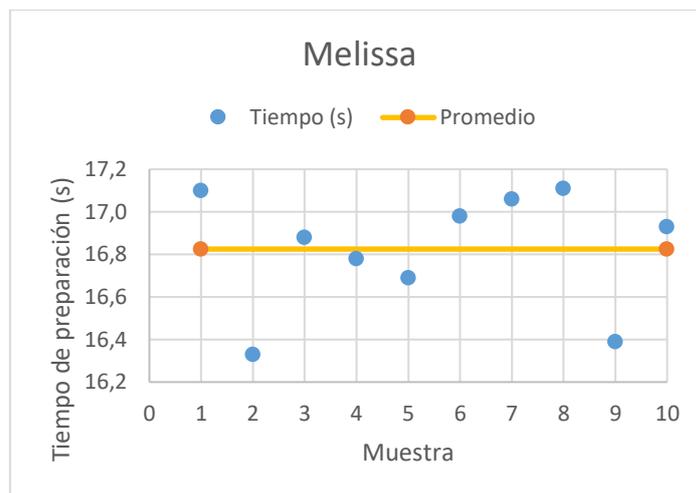
**Figura 4.9.** Tiempo de preparación del Thyme



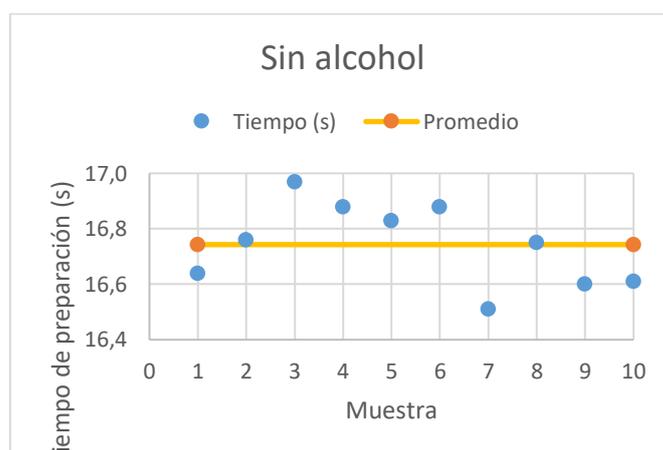
**Figura 4.10.** Tiempo de preparación del Afternoon



**Figura 4.11.** Tiempo de preparación del Hurricane



**Figura 4.12.** Tiempo de preparación del Melissa



**Figura 4.13.** Tiempo de preparación del coctel sin alcohol

Con el tiempo de preparación promedio obtenido para cada coctel se compara con el valor esperado para obtener el porcentaje de error en el tiempo de preparación para cada uno de los cocteles como se muestra en la Tabla 4.3. El valor esperado es el tiempo calculado en el cual se debería llenar el vaso con el caudal que indica la Figura 3.38.

**Tabla 4.3.** Error en el tiempo de preparación de cada coctel

Coctel	Tiempo promedio (s)	Tiempo esperado (s)	Error
<b>Cuba libre</b>	16,92	16,9	0,1%
<b>Screw Driver</b>	17,03	16,9	0,7%
<b>Thyme</b>	16,83	16,9	0,4%
<b>Afternoon</b>	16,81	16,9	0,5%
<b>Hurricane</b>	16,71	16,9	1,1%
<b>Melissa</b>	16,83	16,9	0,4%
<b>Sin alcohol</b>	16,74	16,9	0,9%

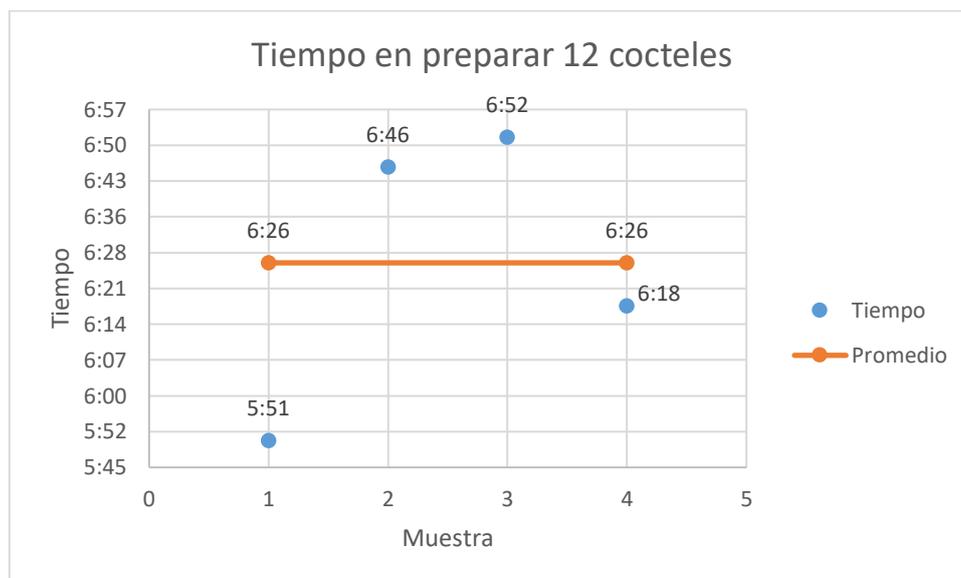
Según la Tabla 4.3 el coctel Hurricane es el que presenta un mayor error en su tiempo de preparación con el 1.1%.

La variabilidad de los datos obtenidos y los errores se deben mayormente a errores humanos en la etapa de medición de tiempos al no ser inmediata ni precisa la toma de tiempos al usar el cronómetro.

#### 4.4.2 PRUEBAS DE TIEMPO NACESARIO PARA DESPACHAR 12 COCTELES

Para esta prueba se colocaron 12 clientes en fila para medir el tiempo que tarda el prototipo en despachar todos los pedidos realizados por los mismos.

Los tiempos obtenidos se muestran en la Figura 4.14.

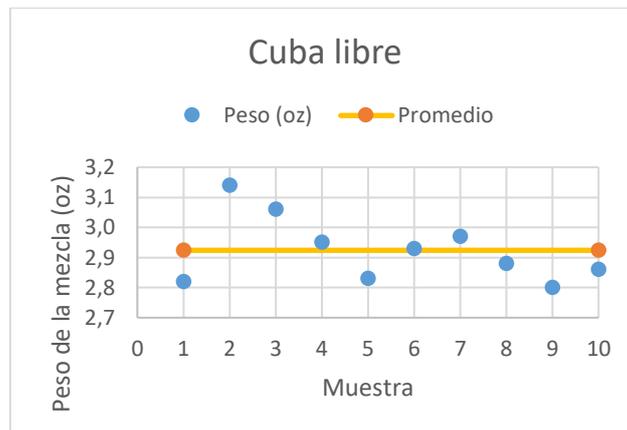


*Figura 4.14. Tiempo que tarda el prototipo en preparar 12 cocteles*

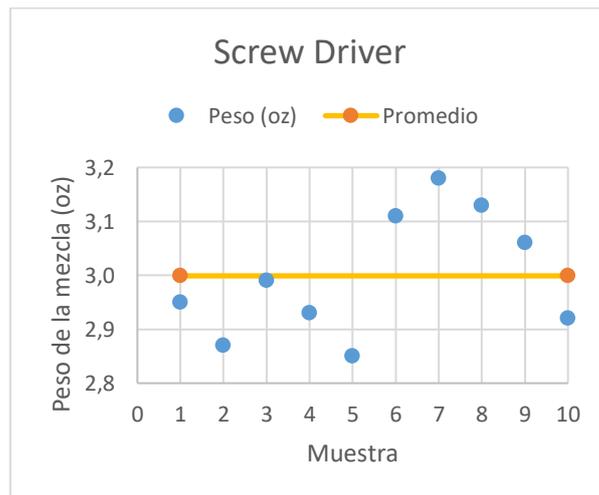
Tanto el tiempo máximo como el tiempo mínimo que tardó la máquina en preparar los 12 cocteles, son inferiores al tiempo planteado inicialmente en la hipótesis que es preparar 12 cocteles en 10 minutos, lo cual indica que la máquina cumple con el tiempo inicial establecido.

#### 4.4.3 PRUEBAS DE PESO DE PREPARACIÓN DE LOS COCTELES

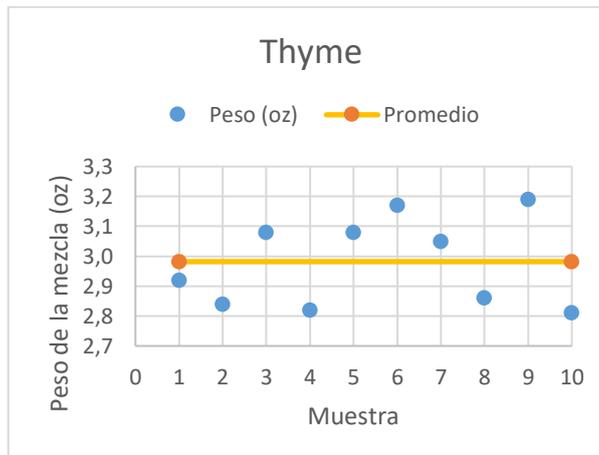
Se realizaron 10 pruebas para la medición del peso de cada uno de los cocteles preparados. El vaso con hielo se coloca en una balanza y se establece este peso como "peso cero". Posterior a esto, la máquina prepara el coctel y se vuelve a pesar el vaso para medir la diferencia. Estas mediciones se presentan de la Figura 4.15 a la Figura 4.21.



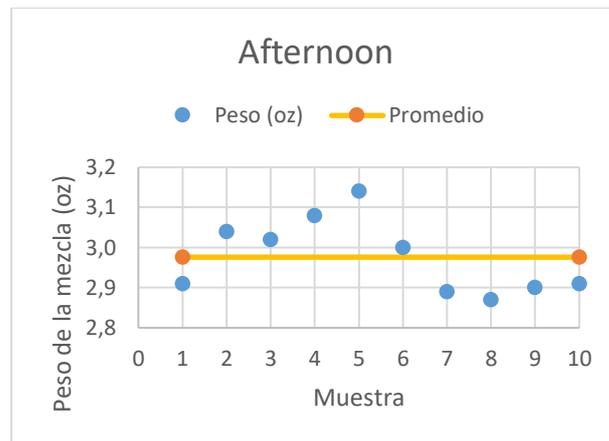
**Figura 4.15.** Peso de la preparación del Cuba libre



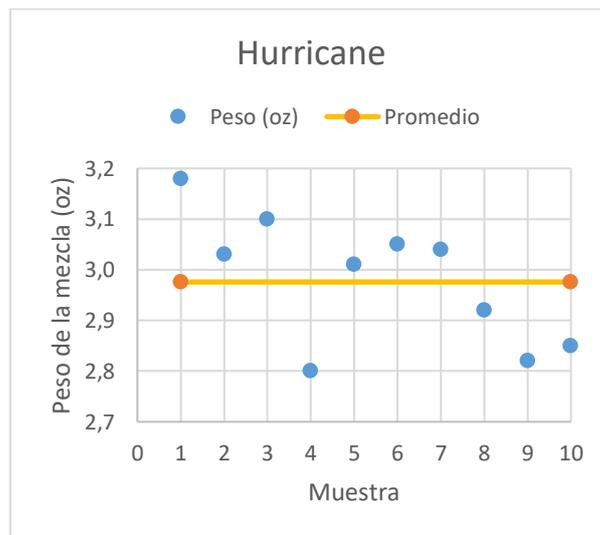
**Figura 4.16.** Peso de la preparación del Screw driver



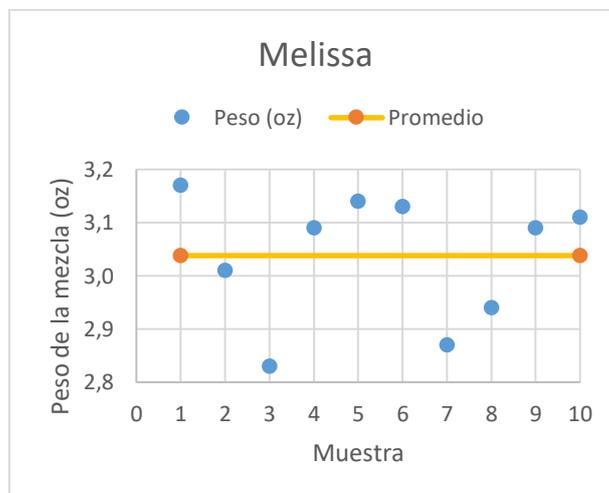
**Figura 4.17.** Peso de la preparación del Thyme



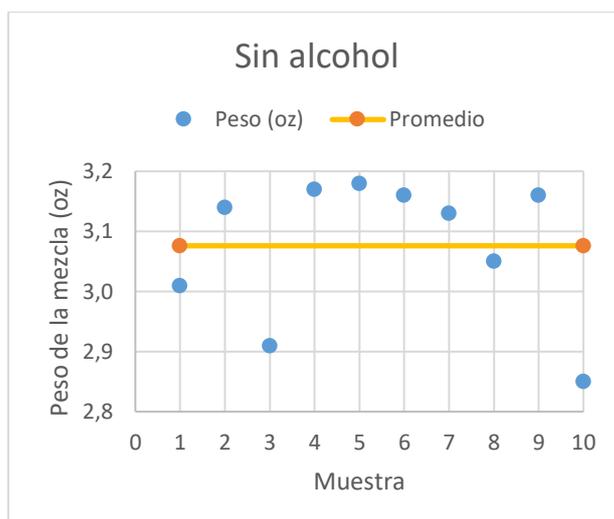
**Figura 4.18.** Peso de la preparación del Afternoon



**Figura 4.19.** Peso de la preparación del Hurricane



**Figura 4.20.** Peso de la preparación del Melissa



**Figura 4.21.** Peso de la preparación del coctel sin alcohol

Los valores promedio son comparados con el valor esperado para calcular el porcentaje de error como se observa en la Tabla 4.4. El valor esperado son las 3 oz que debe pesar la parte líquida del coctel.

**Tabla 4.4.** Error en el peso de cada coctel preparado

Coctel	Peso promedio (oz)	Peso esperado (oz)	Error
<b>Cuba libre</b>	2,92	3	2,5%
<b>Screw Driver</b>	3,00	3	0,0%
<b>Thyme</b>	2,98	3	0,6%
<b>Afternoon</b>	2,98	3	0,8%
<b>Hurricane</b>	2,98	3	0,7%
<b>Melissa</b>	3,04	3	1,3%
<b>Sin alcohol</b>	3,08	3	2,5%

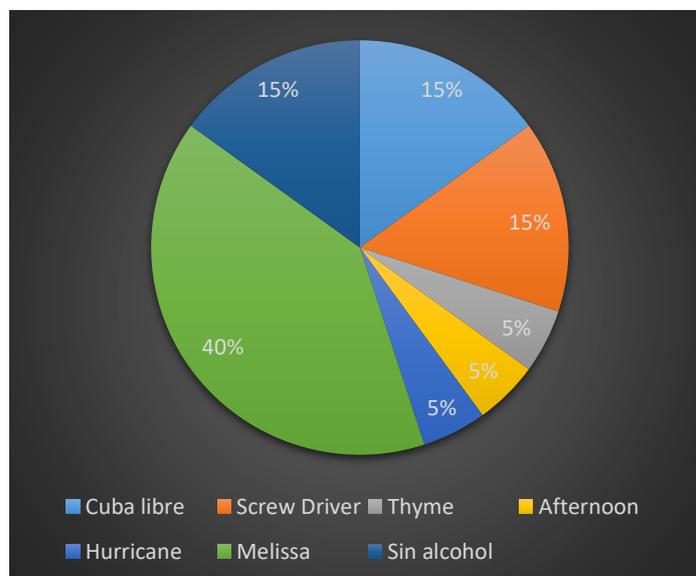
Según la Tabla 4.4 tanto el Cuba libre como el coctel sin alcohol presentan un mayor error en el peso de preparación con el 2.5%.

La variabilidad de los datos obtenidos y los errores se deben principalmente a la entrada de aire en las mangueras, lo que provoca goteo no deseado, haciendo que algunos cocteles posean mayor cantidad de líquido que otros.

#### 4.4.4 PRUEBAS DE COCTELES MÁS CONSUMIDOS

La siguiente prueba se realiza con los clientes degustaron todos los sabores de cocteles que ofrece el prototipo. Otorgando libertad de elección a cada usuario para pedir su coctel favorito, se documenta cada una de las elecciones de cocteles de las 20 personas que formaron parte de esta prueba realizada en

diferentes días, dando como resultado que el de mayor agrado fue el coctel Melissa con el 40% del porcentaje total, como se observa en el diagrama circular de la Figura 4.22. Se ubica en segundo lugar el coctel sin alcohol y los cocteles clásicos: el Cuba libre y el Screw driver.



*Figura 4.22. Diagrama circular de los cocteles favoritos*

## 4.5 CONCLUSIONES

- Para satisfacer la demanda de la barra libre del local Vieja Guardia PUB & GRILL, en donde se consumen 36 botellas de ron y 30 botellas de vodka en un plazo de 6 horas, son necesarios dos tanques para bebidas suaves de 60 litros, dos tanques para bebidas fuertes de 30 litros y un tanque para zumo de limón de 20 litros.
- El prototipo tiene la capacidad de preparar 12 cocteles en un tiempo menor a 7 minutos, es decir, es un 240% más rápido que el barman actual del local.
- El prototipo con todos sus ingredientes recargados prepara 12 cocteles por cada bebida suave, llegando así a preparar 24 cocteles sin tener la necesidad de rellenar ningún ingrediente.
- Existe un error de hasta el 2,5% en la cantidad de líquido en cada bebida debido al ingreso de aire a las mangueras a través de la boquilla mezcladora.

#### **4.6 OBSERVACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS**

- La máquina puede ser usada para otros tipos de coctel que no sean de barra libre, solo es necesario cambiar los ingredientes y la programación de las cantidades dispensadas.
- La máquina al tener gran aceptación social brinda la posibilidad de realizar varias versiones para abrir su paso en el mercado.
- Al prototipo es necesario añadirle sensor de presencia de vaso para evitar riegos accidentales y también el drenaje porque existen salpicaduras en la preparación.
- El corte de las mangueras debe ser totalmente horizontal con respecto al piso para minimizar el riesgo del ingreso de aire por la boquilla y evitar posibles derrames de líquido.

## REFERENCIAS

- [1] "Métodos de Elaboración de Un Coctel", Scribd, 2018. [En Línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/234271865/Metodos-de-Elaboracion-de-Un-Coctel>.
- [2] K. Campbell, "Cocktail Cube: Portable Wi-Fi Beverage Maker - Mechatronics Exercises - Aalto University Wiki", Wiki.aalto.fi, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://wiki.aalto.fi/display/MEX/Cocktail+Cube%3A+Portable+Wi-Fi+Beverage+Maker>.
- [3] F. Terneus, "Diseño e implementación de un sistema automático de dosificación de bebidas para la empresa COMPUENGINE Cía. Ltda.", Ingeniería, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2015.
- [4] "Máquina de cocteles: Ganador del Premio de la Innovación", TenderOne, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.tenderonecocktails.com/es/>.
- [5] "BlendBow - Découvrez la première machine a cocktails", BlendBow, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.blendbow.com/>.
- [6] "Alcohol Dispenser Machine | Liquor Service Station - Easybar", Easybar.com, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.easybar.com/self-serve-liquor-station/>.
- [7] C. Riba, Diseño concurrente, ETSEIB-UPC, 2002.
- [8] "La contaminación sónica, una amenaza de graves consecuencias al medio ambiente", www.diariolibre.com, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.diariolibre.com/medioambiente/la-contaminacion-sonica-una-amenaza-de-graves-consecuencias-al-medio-ambiente-FX9189896>.
- [9] "Mecanizado de acero inoxidable", Mecanizados Sinc, 2018. [EN línea]. Disponible en: <https://www.mecanizadossinc.com/mecanizado-de-acero-inoxidable/>.
- [10] Q. Marketizer.com, "Todo lo que quería saber del PET | QuimiNet.com", Quiminet.com, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/todo-lo-que-queria-saber-del-pet-2806.htm>.

- [11] F. Rico, "bombas hidráulicas.", Franciscotorres4.blogspot.com, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://franciscotorres4.blogspot.com/2010/04/bombas-hidraulicas.html>.
- [12] "Válvulas y electroválvulas de vacío del catálogo de 2018 Vuototecnica", Vuototecnica.es, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.vuototecnica.es/products.php?cat=120>.
- [13] "bebidas alcohólicas Archivos - La Gran Cervecería Pizz Bur", La Gran Cervecería Pizz Bur, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://pizzbur.com/tag/bebidas-alcoholicas>.
- [14] "procesosbio - Agitadores", Procesosbio.wikispaces.com, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://procesosbio.wikispaces.com/Agitadores>.
- [15] "Cinta transportadora", Es.wikipedia.org, 2018. [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Cinta\\_transportadora](https://es.wikipedia.org/wiki/Cinta_transportadora).
- [16] indiamart.com. (2019). *Soda Fountain Dispenser*. [En línea] Disponible en: <https://www.indiamart.com/proddetail/soda-fountain-dispenser-15970455555.html>.
- [17] S. HC-SR04, "Sensor Ultrasonido HC-SR04 - Naylamp Mechatronics - Perú", *Naylamp Mechatronics - Perú*, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html>.
- [18] "Sensor de peso de la célula de carga digital 20 kg cocina electrónica portátil Básculas + hx711 pesaje Sensores módulo ad para en Circuitos integrados de Componentes y sistemas electrónicos en AliExpress.com | Alibaba Group", aliexpress.com, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://es.aliexpress.com/item/Digital-Load-Cell-Weight-Sensor-20KG-Portable-Electronic-Kitchen-Scale-HX711-Weighing-Sensors-Ad-Module-for/32820331253.html>.
- [19] "Interruptor de flotador líquido Fluid nivel de agua controlador de Sensor 12735 en Sensores de Componentes y sistemas electrónicos en AliExpress.com | Alibaba Group", aliexpress.com, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://es.aliexpress.com/item/Float-Switch-Liquid-Fluid-Water-Level-Controller-Sensor-12735/573241275.html>.

- [20] "Led", Es.wikipedia.org, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Led>.
- [21] "Baliza Giratoria Roja 220V - Saveline", Saveline, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.saveline.cl/producto/baliza-giratoria-roja-220v/>.
- [22] "Sensor Infrarrojo – Mundo Arduino", Mundoarduino.com.mx, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.mundoarduino.com.mx/producto/sensor-infrarrojo/>.
- [23] "Módulo de Cámara OV7670 | Electrotek Mega", Electrotekmega.com, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://electrotekmega.com/producto/modulo-de-camara-ov7670/>.
- [24] "PLC Arduino ARDBOX 20 I/Os Analog HF Modbus – Controlador PLC Industrial basado en Arduino, de Industrial Shields", *Industrialshields.com*, 2017. [En Línea]. Disponible en: <https://www.industrialshields.com/es/product/plc-arduino-ardbox-20-ios-analog-hf-modbus/>.
- [25] "PLC-Beijing Tengcon Technology Co.,Ltd.", Tengcon.com, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.tengcon.com/eng/Product/plc/>.
- [26] "Norma UNE-EN 1672-2:2006+A1:2009", Une.org, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0043132>.
- [27] J. Franco, "Densidad", Academia.edu, 2018. [en línea]. Disponible en: [https://www.academia.edu/5699869/Densidad\\_1\\_](https://www.academia.edu/5699869/Densidad_1_).
- [28] "Diseño de tanques de almacenamiento", Ugr.es, 2018. [En línea]. Disponible en: [https://www.ugr.es/~aulavirtualpfc/q/descargas/documentos/Disenio\\_Tanques\\_Almacenamiento.pdf](https://www.ugr.es/~aulavirtualpfc/q/descargas/documentos/Disenio_Tanques_Almacenamiento.pdf).
- [29] J. León Estrada, DISEÑO Y CÁLCULO DE RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN, 2nd ed. México DF, 2001.
- [30] "VASO PLASTICO TRANSP 7 oz. 50u. – Onerom", Onerom-ec.com, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://www.onerom-ec.com/producto/vaso-plastico-transp-7-oz-50u/>.

- [31] T. Séon, Y. Tanino, J. Znaïen, F. Moisy, J. Hulin and D. Salin., "BUOYANCY DRIVEN MIXING IN CONFINED GEOMETRIES", *Anales AFA*, vol. 23, no. 3, 2013. Disponible en: [10.31527/analesafa.2013.23.3.43](https://doi.org/10.31527/analesafa.2013.23.3.43).
- [32] R. Budynas y J. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, 8va Ed, México D.F, México, McGraw-Hill, 2008.
- [33] "Utensils, Hopkins Portion control Chip scoops - Catering Equipment Suppliers", *Hopkins.biz*, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.hopkins.biz/shop/utensils-hopkins-portion-control-chip-scoops/>.
- [34] Amazon.com, 2019. [En línea]. Disponible en: [https://www.amazon.com/gp/product/B01DER02OE/ref=ppx\\_yo\\_dt\\_b\\_asin\\_title\\_o00\\_s03?ie=UTF8&psc=1](https://www.amazon.com/gp/product/B01DER02OE/ref=ppx_yo_dt_b_asin_title_o00_s03?ie=UTF8&psc=1).
- [35] Amazon.com, 2019. [En línea]. Disponible en: [https://www.amazon.com/gp/product/B01MEEIYAM/ref=ppx\\_yo\\_dt\\_b\\_asin\\_title\\_o00\\_s00?ie=UTF8&psc=1](https://www.amazon.com/gp/product/B01MEEIYAM/ref=ppx_yo_dt_b_asin_title_o00_s00?ie=UTF8&psc=1).
- [36] "Sensor Ultrasonido JSN-SR04T - BIGTRONICA SEDE CENTRO", *BIGTRONICA SEDE CENTRO*, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.bigtronica.com/centro/sensores/ultrasonido/859-sensor-ultrasonido-jsn-sr04t-5053212008598.html>.
- [37] "Driver Puente H L298N - Naylamp Mechatronics - Perú", *Naylamp Mechatronics - Perú*, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/drivers/11-driver-puente-h-l298n.html>.
- [38] "AWG ¿qué es?", *Pepegreen.com*, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://pepegreen.com/awg-que-es/>.
- [39] "Norma UNE-EN 60529:2018", *Une.org*, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0043132>.
- [40] "Diseño Software de interfaz de usuario", *www.tutorialspoint.com*, 2017. [En Línea]. Disponible en: [https://www.tutorialspoint.com/es/software\\_engineering/software\\_user\\_interface\\_design.htm](https://www.tutorialspoint.com/es/software_engineering/software_user_interface_design.htm).