



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN MECATRÓNICA

TEMA

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA LLENADORA DE BOTELLAS PARA
LICOR ARTESANAL”

AUTOR:

CÓNDOR CÓNDOR DIEGO ARMANDO

DIRECTOR:

MSG. VÍCTOR ALFONSO ERAZO ARTEAGA

Ibarra, 2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO	
Cédula de identidad:	100369211-6
Apellidos y nombres:	Cóndor Cóndor Diego Armando
Dirección :	Ibarra, Tobías mena y Eduardo Almeida Proaño 6-97
Email :	dacondorc@utn.edu.ec
Teléfono móvil:	0997423914

DATOS DE LA OBRA	
Título:	“Implementación de una máquina llenadora de botellas para licor artesanal”
Autor:	Cóndor Cóndor Diego Armando
Fecha:	05 de mayo de 2019
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ingeniería Mecatrónica
Asesor / director:	MGS. Víctor Erazo

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 10 días del mes de mayo de 2019



Diego Armando Córdor Córdor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA LLENADORA DE BOTELLAS PARA LICOR ARTESANAL”**, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Diego Armado Cóndor Cóndor, bajo mi supervisión.

MSG. Víctor Erazo

DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AGRADECIMIENTO

A mis padres María Cóndor y Luis Cóndor por estar conmigo siempre apoyándome y por siempre darme ánimos para seguir adelante, por estar conmigo cuando más necesitaba de ellos, a mi Dios por cuidarme, llenarme de bendiciones para seguir adelante y darme fuerzas para culminar con una etapa de mi vida, a mi hermano Rolando Cóndor que a pesar de todas las molestias causadas en el hogar me ha brindado el completo apoyo y comprensión, a toda mi familia y amigos que siempre me han impulsado a seguir adelante.

A cada docente por brindarme su tiempo y conocimiento para poder culminar con el desarrollo de la tesis.

Diego Cóndor

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

DEDICATORIA

Dedico todo mi esfuerzo a mis padres, que son los responsables de quien soy, cada palabra de su parte ha sido para mejorar y seguir adelante, han estado como mis protectores en toda mi vida, quienes me corrigieron cuando tenían que hacerlo, mi madre mi gran ejemplo de lucha y perseverancia, mi felicidad era la felicidad de ella gracias a eso tuve muchas fuerzas para seguir adelante aun cuando me encontraba derrotado, por y para ellos es este logro porque son los mejores padres.

Diego Córdor

RESUMEN

En la actualidad, en el cantón mira sigue existiendo pequeñas asociaciones dedicadas a la elaboración del licor que los identifica y es conocido como Tardón, el cual es elaborado manualmente, los cuales no cuentan con sistema eficaz de dosificación o embotellamiento para aumentar la velocidad de la producción; este licor es uno de los más apetecibles por su sabor y por el licor de caña pura el cual da su toque perfecto. La dosificación del producto es el trabajo más agotador y tedioso para las personas que se dedican a esta actividad, por ello se pensó en la elaboración de una maquina dosificadora de licor, la cual esté al alcance económico de las asociaciones.

En vista de dicha problemática, se decidió implementar una máquina dosificadora de licor, para realizar un llenado en 13 segundos aproximadamente, incrementado la producción y evitando el contacto directo con el personal.

La máquina dispone de un estructura, un tanque con capacidad de 273 litros, el líquido es dosificado por 4 válvulas a gravedad las cuales llenan 4 botellas de 750 ml en 13 segundos, el exceso de líquido que sale por el retorno de la boquilla es almacenado en un recipiente para evitar pérdidas del producto, consta de un tablero el cual; controla los actuadores, sensores y monitorea el nivel del tanque, también contamos con un botón de paro de emergencia por seguridad.

En el presente trabajo se realiza el diseño y construcción, después de haber hecho una investigación previa, se presentan planos de la máquina, cálculos de diseño, análisis de costo.

El presente trabajo ha cumplido con las con los objetivos planteados. Después de haber realizado pruebas y corregido errores se llegó a resultados satisfactorios.

ABSTRACT

Actually, in the canton Mira continues to exist small associations dedicated to the elaboration of the liquor that identifies them and is known as it took, which is elaborated manually, which do not have an effective system of dosage or bottling for Increase production speed; This liquor is one of the most appetizing for its flavor and pure cane liquor which gives its perfect touch. The dosage of the product is the most tiring and tedious work for the people who are engaged in this activity, so it was thought in the elaboration of a liquor dosing machine, which is within the economic reach of the associations.

In view of this problem, it was decided to implement a liquor dosing machine, to make a filling in approximately 13 seconds, increasing production and avoiding direct contact with the staff.

The machine has a structure, a tank with a capacity of 273 liters, the liquid is dosed by 4 valves to gravity which fill 4 bottles of 750 ml in 13 seconds, the excess of liquid that comes out by the return of the nozzle is stored in a container for Avoid product losses, it consists of a board which; Controls the actuators, sensors and monitors the tank level, we also have an emergency stop button for safety.

In the present work is made the design and construction, after having done a previous investigation, are presented drawings of the machine, calculations of design, analysis of cost. The present work has complied with the objectives raised. After testing and correcting errors, satisfactory results were achieved.

Índice General

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2	OBJETIVO GENERAL.....	1
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
1.4	ANTECEDENTES.....	1
1.5	JUSTIFICACIÓN.....	2
1.6	ALCANCE.....	3
2	Marco Teórico.....	5
2.1	Aspectos Fundamentales del Licor Artesanal.....	5
2.2	Elaboración del licor artesanal.....	5
2.3	Composición del licor artesanal.....	6
2.4	Almacenamiento del licor artesanal.....	6
2.5	Llenado de botellas.....	7
2.6	Tanque de acero inoxidable para almacenamiento del licor.....	7
2.7	Sistema de llenado de licor artesanal.....	8
2.7.1	Dosificador volumétrico.....	8
2.7.2	Dosificador tornillo sin fin.....	8
2.7.3	Dosificador por gravedad.....	9
2.7.4	Dosificador a pistón.....	9
	CAPÍTULO II.....	11
3	Metodología.....	11
3.1	Especificaciones técnicas.....	11
3.2	Selección de Alternativas.....	12
3.3	Desarrollo de diagramas funcionales.....	13
3.4	Soluciones de los módulos.....	15
3.4.1	Módulo 1 inicio del proceso.....	15
3.4.2	Módulo 2 sistema de almacenamiento de licor.....	22
3.4.3	Módulo 3 sistema de soporte de botellas.....	27
3.4.4	Módulo 4 sistema de llenado.....	33
3.5	Cálculos módulo 2: sistema de almacenamiento de licor.....	38
3.5.1	Cálculo de espesor cuerpo cilíndrico.....	39
3.5.2	Presión de diseño.....	39

3.5.3	Eficiencia de junta.....	41
3.5.4	Margen de corrosión.	42
3.5.5	Cálculos de espesor de la tapa del tanque.....	42
3.5.6	Cálculo de espesor fondo del tanque.	43
3.6	Módulo 1: sistema de alimentación de botellas y posicionamiento.....	45
3.7	Módulo 3: sistema de subida y bajada de soporte de botellas.....	45
3.7.1	Cálculo de fuerza del actuador.....	45
3.8	Módulo 4: sistema de dosificación.....	49
3.8.1	Selección de la válvula manual.....	50
3.8.2	Diseño del distribuidor para boquillas.	51
3.8.3	Análisis hidrostático del fondo del tanque.....	52
3.9	Diseño de boquillas a gravedad.....	59
3.9.1	Cálculos de resorte.....	59
3.10	Cálculo de estructura del tanque	65
3.10.1	Análisis de fuerza y momentos en la estructura.....	66
3.10.2	Resultados de la simulación.....	71
3.10.3	Máximo esfuerzo.	71
3.10.4	Factor de seguridad.....	72
3.11	Sistema electrónico y de control.	73
3.12	Ensamble de tablero de control de la máquina.....	74
3.13	Análisis de costo del proyecto.....	74
3.13.1	Costo total.....	75
4	Análisis de resultados	77
4.1	Pruebas de funcionamiento	77
4.1.1	Pruebas con Agua	77
4.1.2	Pruebas con Leche.	80
4.1.3	Pruebas con Licor “Tardón”.	82
4.1.4	Análisis de resultados y validación de la máquina.	84
4.1.5	Evaluación financiera de la máquina.	84
5	Conclusiones y recomendaciones	88
5.1	Conclusiones	88
5.2	Recomendaciones.....	89
	Referencias.....	90

Figuras

<i>Figura 2.1.</i> Licor Artesanal.....	5
<i>Figura 2.2.</i> Proceso de elaboración artesanal.	6
<i>Figura 2.3.</i> Almacenamiento Licor en un recipiente de plástico.	6
<i>Figura 2.4.</i> Llenado del Licor "Tardón Mireño".	7
<i>Figura 2.5.</i> Tanque de almacenamiento en acero inoxidable [15].....	7
<i>Figura 2.6</i> Dosificador volumétrico [16].....	8
<i>Figura 2.7</i> Dosificador tornillo sin fin [16].	9
<i>Figura 2.8</i> Dosificador por gravedad [17].	9
<i>Figura 2.9</i> Dosificador a pistón [18].....	10
<i>Figura 3.1</i> Nivel Cero – Dosificar Licor Artesanal.	13
<i>Figura 3.2.</i> División Modular - Nivel 1 y 2.....	14
<i>Figura 3.3.</i> Solución Única - colocar las botellas manualmente [19].....	15
<i>Figura 3.4.</i> Solución 1 - Molde de botellas.	16
<i>Figura 3.5.</i> Solución 2 - Soporte de Botellas individual [20].....	17
<i>Figura 3.6.</i> Solución 3 - Soporte simple [21].	18
<i>Figura 3.7.</i> Tanque con cabeza toriesférica. (Simulación SOLIDWORKS).....	22
<i>Figura 3.8.</i> Tanque con fondo cónico (Simulación SOLIDWORKS).....	23
<i>Figura 3.9.</i> Tanque con fondo semiesférico (Simulación SOLIDWORKS).	24
<i>Figura 3.10.</i> Solución 1 - Cilindro Neumático [22].....	28
<i>Figura 3.11.</i> Solución 2 - Actuador lineal eléctrico [23].....	29
<i>Figura 3.12.</i> Solución 3 - Elevador tipo tijera eléctrico [24].....	30
<i>Figura 3.13.</i> Solución 1 - Válvula tipo bola.	33

<i>Figura 3.14.</i> Solución 2 - Válvula solenoide [25].	34
<i>Figura 3.15.</i> Solución 3 - Boquilla a gravedad.	35
<i>Figura 3.16.</i> Limitación ángulo [3].	43
<i>Figura 3.17.</i> Molde para 4 botellas de 750 ml.	45
<i>Figura 3.18</i> Ubicación de dos Pistones - Base molde de botellas.	47
<i>Figura 3.19.</i> Esquema sistema de dosificación.	49
<i>Figura 3.20.</i> Medidas fondo cónico.	50
<i>Figura 3.21.</i> Variación del área del fluido respecto a la altura h.	53
<i>Figura 3.22.</i> Diagrama cuerpo libre cono.	54
<i>Figura 3.23</i> Tiempo de vaciado (SOLIDWORKS)	56
<i>Figura 3.24.</i> Simulación del fluido para determinar los diámetros en el distribuidor (SOLIDWORKS).	57
<i>Figura 3.25</i> Boquilla a gravedad.	59
<i>Figura 3.26.</i> Diagrama de operación de un resorte	60
<i>Figura 3.27.</i> Proceso para el diseño de un resorte [13].	62
<i>Figura 3.28.</i> Datos de diseño para resorte de la boquilla.	65
<i>Figura 3.29.</i> Diagrama cuerpo libre - Distribución de fuerzas	66
<i>Figura 3.30.</i> Fuerza y momento sobre la estructura (SOLIDWORKS).	66
<i>Figura 3.31.</i> Tubo cuadrado 40x40x1.5.	67
<i>Figura 3.32.</i> a) Esfuerzo Axial, b) Factor de seguridad (SOLIDWORKS)	70
<i>Figura 3.33.</i> Máximo Esfuerzo de la Estructura (SOLIDWORKS)	72
<i>Figura 3.34.</i> Máximo esfuerzo – Estructura.	72
<i>Figura 3.35.</i> Factor de Seguridad (SOLIDWORKS).	73
<i>Figura 3.36.</i> Montaje de tablero de control y componentes electrónicos	74
<i>Figura 4.1.</i> Pruebas con Agua.	80

<i>Figura 4.2. Pruebas con leche</i>	82
<i>Figura 4.3. Pruebas con licor "Tardón"</i>	83

Tablas

Tabla 2.1 Composición - Licor artesanal	6
Tabla 3.1 Datos principales.....	11
Tabla 3.2 Especificaciones técnicas	12
Tabla 3.3 Evaluación y ponderación de los criterios más importantes.	19
Tabla 3.4 Evaluación de las soluciones con respecto a la energía	20
Tabla 3.5 Evaluación de las soluciones con respecto a la producción.....	20
Tabla 3.6 Evaluación de las soluciones con respecto a la automatización	20
Tabla 3.7 Evaluación de las soluciones con respecto al costo	20
Tabla 3.8 Evaluación de las soluciones con respecto a las Normas Sanitarias.....	21
Tabla 3.9 Evaluación de las soluciones con respecto al Mantenimiento	21
Tabla 3.10 Conclusiones de las soluciones Módulo 1	21
Tabla 3.11 Evaluación de las soluciones con respecto a la energía	25
Tabla 3.12 Evaluación de las soluciones con respecto a la producción.....	25
Tabla 3.13 Evaluación de las soluciones con respecto a la automatización	26
Tabla 3.14 Evaluación de las soluciones con respecto al costo	26
Tabla 3.15 Evaluación de las soluciones con respecto a las Normas Sanitarias.....	26
Tabla 3.16 Evaluación de las soluciones con respecto al Mantenimiento	26
Tabla 3.17 Conclusiones de las soluciones Módulo 2	27
Tabla 3.18 Evaluación de las soluciones con respecto a la energía	31
Tabla 3.19 Evaluación de las soluciones con respecto a la producción.....	31
Tabla 3.20 Evaluación de las soluciones con respecto a la automatización	31

Tabla 3.21 Evaluación de las soluciones con respecto al costo	31
Tabla 3.22 Evaluación de las soluciones con respecto a las Normas Sanitarias.....	32
Tabla 3.23 Evaluación de las soluciones con respecto al Mantenimiento	32
Tabla 3.24 Conclusiones de las soluciones Módulo 3	32
Tabla 3.25 Evaluación de las soluciones con respecto a la energía	36
Tabla 3.26 Evaluación de las soluciones con respecto a la producción.....	36
Tabla 3.27 Evaluación de las soluciones con respecto a la automatización	36
Tabla 3.28 Evaluación de las soluciones con respecto al costo	37
Tabla 3.29 Evaluación de las soluciones con respecto a las Normas Sanitarias.....	37
Tabla 3.30 Evaluación de las soluciones con respecto al Mantenimiento	37
Tabla 3.31 Conclusiones de las soluciones Módulo 4	37
Tabla 3.32 Densidad Relativa del Tardón.....	40
Tabla 3.33 Eficiencia de junta de soldadura	41
Tabla 3.34 Espesores.....	44
Tabla 3.35 Peso de elementos que soportara los actuadores neumáticos.....	46
Tabla 3.36 Diámetros de cilíndricos neumáticos.	48
Tabla 3.37 Válvulas Norma 3A - Sello en EPDM	50
Tabla 3.38 Férula Corta – Norma BPE	58
Tabla 3.39 Accesorios para distribuidor	58
Tabla 3.40 Unión Universal SMS y Empaque	58
Tabla 3.41 Condiciones de diseño	60
Tabla 3.42 Tipo de extremos.....	63
Tabla 3.43 Tabla con distintos diámetros.	64
Tabla 3.44 Resultados Analíticos.....	69
Tabla 3.45 Tabla Comparativa de Resultados.....	70

Tabla 3.46 Costos directos de fabricación.	74
Tabla 3.47 Costos Indirectos.....	75
Tabla 3.48 Costo Total de la máquina	75
Tabla 4.1 Muestra de datos - Llenado de botellas con agua volumen al máximo.	77
Tabla 4.2 Muestra de datos - Llenado de botellas con agua volumen crítico.	79
Tabla 4.3 Muestra de datos - Llenado de botellas con leche volumen crítico.	80
Tabla 4.4 Muestra de datos - Llenado de botellas con licor volumen crítico.	82
Tabla 4.5 Resultados con diferentes fluidos.....	84
Tabla 4.6 Gastos para fabricación por botella de 750 ml.....	85
Tabla 4.7 Gasto Mano de Obra	85
Tabla 4.8 Gastos Administrativos	86
Tabla 4.9 Calculo Precio de venta.....	86
Tabla 4.10 Evaluación de la inversión del proyecto	87
Tabla 4.11 Calculo del VAN.....	88

Abreviaturas

V	Volumen.
r	Radio del tanque.
H	Altura del tanque.
D	Diámetro del tanque.
t_{tanque}	Espesor del tanque.
t_{tapa}	Espesor de la tapa.
t_{cono}	Espesor del cono.
P_{atm}	Presión atmosférica.
g	Gravedad.
h	Altura del líquido.
P_{aire}	Presión.
F	Fuerza.
$D_{cilindro}$	Diámetro del cilindro.
F_{avance}	Fuerza de avance del cilindro.
$F_{retroceso}$	Fuerza de retroceso del cilindro.
d_{cono}	Diámetro del cono.
a	Área del orificio de salida del líquido.
h_{cono}	Altura del cono.
$D_{resorte}$	Diámetro del resorte.
DE	Diámetro exterior del resorte.
DI	Diámetro interior del resorte.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según datos obtenidos en la ciudad de Mira existen algunas asociaciones que se dedican a la elaboración y comercialización del licor artesanal característico del cantón Mira, el cual es conocido como "Tardón Mireño", el promedio de producción se encuentra alrededor de 3600 litros al mes, un promedio de 4800 botellas en una presentación de 750 ml.

La mayoría de artesanos comercializan su producto de manera informal, esto se debe a varios factores como su producción limitada, sanidad, infraestructura, organización por parte de las asociaciones conformadas en el cantón Mira. La producción actual es de forma manual o artesanal, cada botella de tardón es llenada por medio de un embudo, el tiempo por botella dosificada es muy elevado, por tal motivo la producción se ve afectada, a su vez existe mucho contacto directo entre la persona y el producto.

1.2 OBJETIVO GENERAL

- Optimizar el proceso de llenado del licor artesanal mediante la implementación de una máquina dosificadora.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las variables que se deben considerar en el proceso de dosificado para ser implementados en el diseño del sistema.
- Realizar el diseño de la máquina dosificadora de licor.
- Construir y ensamblar la máquina dosificadora de licor.
- Validar el funcionamiento de la máquina.

1.4 ANTECEDENTES

"El Ecuador es uno de los países con mayor consumo de bebidas alcohólicas en América Latina según la Organización Mundial de la Salud. La calidad de vida de sus habitantes y la

cultura ha hecho que el licor sea uno de los productos más cotizados a nivel nacional, por ello la industria nacional de licores ha aumentado en un 50%”. (INEC, 2013).

La población que consume licor en el país es de 912 mil personas aproximadamente, de las cuales, la mayoría son hombres con un 89,7%, frente a un 10,3% de mujeres, según las proyecciones del (INEC, 2010). La mayoría de estas bebidas son producidas de manera artesanal y a pesar que no estén industrializadas tiene una gran aceptación en sus consumidores, este es el caso de la ciudad de Mira, ubicada en la Provincia del Carchi, desde siempre la artesanía informal en el cantón ha sido el sustento económico de los mireños, entre ellas se encuentra la elaboración de varias bebidas que a través del tiempo se han vuelto una tradición, la más conocida es el llamo “Tardón Mireño”, este licor está compuesto del jugo de naranja, licor aguardiente y endulzante.

1.5 JUSTIFICACIÓN

En los sectores micro empresariales que se dedican a la elaboración del licor artesanal, no poseen la implementación tecnológica para sus procesos productivos; esto se debe a la falta de inversión, máquinas a costos inaccesibles que faciliten el trabajo. Esto conlleva a resultados muy pocos eficientes en el proceso.

Datos tomados en la elaboración manual del licor artesanal, el tiempo de llenado por botella esta alrededor de 30 segundos, es decir un promedio de 120 botellas/hora, en la ciudad de Mira se ha adquirido demandas mayores de producción del licor artesanal “Tardón Mireño” sobre todo en fiestas del cantón, donde existe mayor demanda.

La implementación de maquinaria o modernización de procesos para dosificar licor, que mejore los tiempos de llenado, a un costo accesible y de recuperación segura, amerita de forma indudable su inversión, logrando aumentar la producción, disminuyendo pérdidas y evitando casi en su totalidad el contacto directo de la persona con el producto, de esta manera se lograría

cumplir con sus demandas de manera más eficiente alcanzando así un mayor beneficio económico.

1.6 ALCANCE

La máquina se diseñara con datos reales obtenidos de la elaboración del licor artesanal, esta servirá para un prototipo de pruebas para distintos fluidos a dosificar. Se diseñara un sistema por gravedad el cual llene las botellas uniformemente.

El sistema de llenado artesanal está orientado hacia la modernización de los procesos más críticos en la elaboración del licor, para este caso en particular, se enfocará en el dosificado, implementando una máquina que facilite y aumente la producción del licor artesanal, que no tiene la intención de desplazar la mano humana, facilitando el tiempo de llenado de las botellas, es decir que, se requerirá que este proceso sea combinado por el operario o a su vez un conjunto de operarios logrando aumentar la producción, sin necesidad de prescindir del personal que se encuentra actualmente, evitando fatiga a quienes estén a cargo, a su vez evitar, el contacto directo del operario con el licor.

Todo este proceso de dosificación estará a cargo de un controlador programable, sensores y actuadores, la estructura de la máquina será de acero inoxidable el recomendado para usos en procesos alimenticios, el cual contendrá un tanque con capacidad de 273 litros, cumpliendo de esta manera con normativas industriales; demostrando en la etapa de diseño y de cálculos los valores correctos para que el llenado sea óptimo, evitando desperdicio de materia prima así como errores humanos al dosificar botellas con distintos niveles, que al final del día pueden ser perjudiciales para la producción.

La máquina será desmontable para su fácil mantenimiento de cada parte que la conforman, así como el transporte de la misma.

CAPÍTULO II

2 Marco Teórico

2.1 Aspectos Fundamentales del Licor Artesanal

Ecuador es un país que está abriéndose a la mediana y grande industria, el artesano tiene un rol importante en la economía nacional, la artesanía va en continuo desarrollo, introduciendo y adaptándose a los cambios tecnológicos, los artesanos han sido personas que han desarrollado un determinado oficio para satisfacer diversas necesidades, en la mayoría de los casos de autoconsumo, como es el caso de la ciudad de Mira, la cual se dedica a la elaboración del licor artesanal el cual es denominado “Tardón Mireño”; es elaborado de manera informal, el cual consta de varios ingredientes como es el jugo de naranja, aguardiente puro de caña y azúcar como se muestra en la *figura 2.1*.



Figura 2.1. Licor Artesanal.

2.2 Elaboración del licor artesanal

Esta elaboración es totalmente artesanal y como primer paso para su producción es obtener el jugo de naranja para esto se procede a exprimir la fruta, el siguiente paso es añadir azúcar, esta mezcla se convierte en almíbar y por último se añade el aguardiente, todo este proceso se lo muestra en la *figura 2.2*.



Figura 2.2. Proceso de elaboración artesanal.

2.3 Composición del licor artesanal.

El producto es elaborado con un porcentaje adecuado de ingredientes que los artesanos han establecido para su licor; está compuesto por aguardiente puro de caña, jugo de naranja y azúcares, estas cantidades se las puede observar en la *tabla 2.1*.

Tabla 2.1
Composición - Licor artesanal

Composición	%
Licor	60%
Jugo naranja	30%
Azúcar	10%

Nota: Porcentajes de cada ingrediente para obtener el licor artesanal.

2.4 Almacenamiento del licor artesanal

El licor es depositado temporalmente en un tanque de plástico como se muestra en la *figura 2.3*; se coloca el Tardón en un recipiente más grande con el fin de mezclarlo nuevamente para obtener una mezcla más uniforme y pasar a la última etapa que es el llenado en las respectivas botellas.



Figura 2.3. Almacenamiento Licor en un recipiente de plástico.

2.5 Llenado de botellas

El envasado es el paso final, el licor es dosificado en botellas de 750 ml, esta presentación es la más comercializada en el mercado, su proceso es manual y se lo realiza mediante un embudo, el cual es colocado en el pico de la botella y con una jarra que contiene el producto es vaciado en el envase. Los niveles de cada botella son no son iguales como se muestra en la *figura 2.4*.



Figura 2.4. Llenado del Licor "Tardón Mireño".

2.6 Tanque de acero inoxidable para almacenamiento del licor

El almacenamiento del licor es de gran importancia para el proceso de dosificación, los tanques de almacenamiento pueden estar formados de diversos materiales y diferentes formas en su mayoría son cilíndricos, para el área alimenticia se utiliza tanques de acero inoxidable porque son resistentes a la oxidación, su limpieza es fácil, cumplen con las normas sanitarias requeridas en el área industrial, en la *figura 2.5* se observa una tanque de forma cilíndrica horizontal para almacenar leche.



Figura 2.5. Tanque de almacenamiento en acero inoxidable [15].

2.7 Sistema de llenado de licor artesanal

La función principal del sistema de llenado es fraccionar de forma precisa la cantidad del producto a dosificar, existen tipos de dosificado, los más comunes son:

- Dosificador volumétrico
- Dosificador tornillo sin fin
- Dosificador por gravedad
- Dosificador a pistón

2.7.1 Dosificador volumétrico.

Este tipo de dosificador trabaja en función del volumen del producto, por ello consta de una tolva para acumulación del producto tal como se muestra en la *figura 2.6*, dicha tolva puede ser alimentada por una persona o de forma automática. Este dosificador está diseñado exclusivamente para productos sólidos como por ejemplo azúcar, maíz, arroz, café en grano.

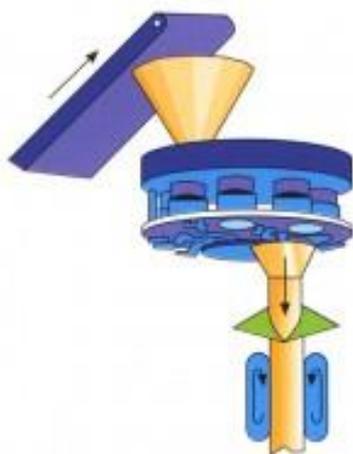


Figura 2.6 Dosificador volumétrico [16].

2.7.2 Dosificador tornillo sin fin.

Este dosificador al igual que el volumétrico consta de una tolva que puede ser alimentada de forma manual o automática, con la diferencia que dentro de la tolva se encuentra un tornillo sin fin como se muestra en la *figura 2.7*, el cual se encarga de dosificar el producto al momento

de girar dicho tornillo, está diseñado para productos en polvo como pimienta, colorantes, leche en polvo.



Figura 2.7 Dosificador tornillo sin fin [16].

2.7.3 Dosificador por gravedad.

Este tipo de dosificador consta de un tanque donde almacena el producto véase en la figura 2.8, aprovecha la fuerza que genera la gravedad dentro del tanque para dosificar el líquido, este tipo de llenado está destinada a líquidos de flujo fácil como el agua, jugos, salmuera, vinos.



Figura 2.8 Dosificador por gravedad [17].

2.7.4 Dosificador a pistón.

Este dosificador consiste en un recipiente hermético donde es ubicado el producto y mediante un pistón es desalojado el líquido véase en la *figura 2.9*, utilizado para productos líquidos y semilíquidos, tales como el shampoo, yogur, grasa, jaleas, aguas, jugos.



Figura 2.9 Dosificador a pistón [18].

CAPÍTULO II

3 Metodología

En el presente capítulo se analiza las opciones para optimizar el diseño de la máquina llenadora de licor, partiendo de esto, se define las especificaciones técnicas, se presenta y evalúa las alternativas, con la finalidad de escoger la mejor opción de diseño.

3.1 Especificaciones técnicas

Se debe establecer especificaciones técnicas de la máquina para ello se determinó los requerimientos más importantes establecidos por el cliente y son:

- Costos.
- Tipo de energía.
- Mantenimiento.
- Mejorar la producción.
- Cumpla con las normas sanitarias.
- Funcionalidad.
- Fácil control.

Se presenta datos del cliente, diseñador y producto antes de dar a conocer las especificaciones técnicas obsérvese en la *tabla 3.1*.

Tabla 3.1
Datos principales

Empresa Cliente	Asociación “Asomirartes”
Producto	Máquina llenadora de botellas para licor artesanal.
Diseñador	Diego Armando Cóndor Cóndor

Nota: Información del cliente, producto y diseñador de la máquina.

Con los requerimientos del cliente se presenta las especificaciones técnicas de la máquina, las cuales se muestran con detalle en la *tabla 3.2*.

Tabla 3.2
Especificaciones técnicas

Concepto	Propone C/I	R/D	Descripción
Función	C	R	Máquina para dosificar botellas de licor artesanal
Energía	C/I	R	Energía eléctrica, neumática, manual.
Producción	C	R	4 botellas en 13 s, 20 botellas aproximadamente en un minuto con un margen de error del 2%.
Automatización	C/I	R	El proceso de llenado será semiautomático; será necesario la intervención de un operario.
Costos	C	R	La máquina deber tener un costo de construcción de \$3000 dólares.
Normas Sanitarias	C/I	R	La máquina debe cumplir con todos los estándares de sanidad.
Mantenimiento	C	D	Fácil montaje y desmontaje para mantenimiento y traslado.

Nota: Dónde: C= cliente, I=Ingeniero, R/D: R= Requerimiento, D= Deseo.

3.2 Selección de Alternativas

Se procede hacer el estudio de las alternativas para el diseño de la máquina, se utiliza como método el análisis funcional; es una técnica propuesta por el ingeniero estadounidense Lawrence D. Miles, cuyo propósito es separar la acción que se efectúa del componente o mecanismo, para buscar nuevas soluciones a un mismo problema. El análisis funcional logra obtener mejores productos a un menor costo [1].

Para aplicar esta herramienta es preciso identificar funciones primarias y secundarias de nuestro problema. Las funciones primarias o globales son aquellas por las cuales el cliente se interesa en el producto, que en este caso es la dosificadora de licor. Las funciones secundarias son aquellas que permiten la realización de la función primaria por lo cual son primordiales para este análisis. Establecidas dichas funciones se procede a realizar una descomposición funcional para plantear soluciones y seleccionar la más adecuada para el diseño.

La descomposición funcional se realiza por medio de diagramas de flujo, los cuales pueden tener 3 tipos de entradas y salidas (control, material y energía), dichos diagramas se presentan en diferentes niveles, empezando con el nivel 0 (función global), hasta el nivel que sea conveniente para un mejor análisis y diseño de la máquina.

3.3 Desarrollo de diagramas funcionales

Se establece hasta el nivel 2 para el desarrollo de los diagramas funcionales, como nivel 0 se presenta la función primaria o global véase en la *figura 3.1*.

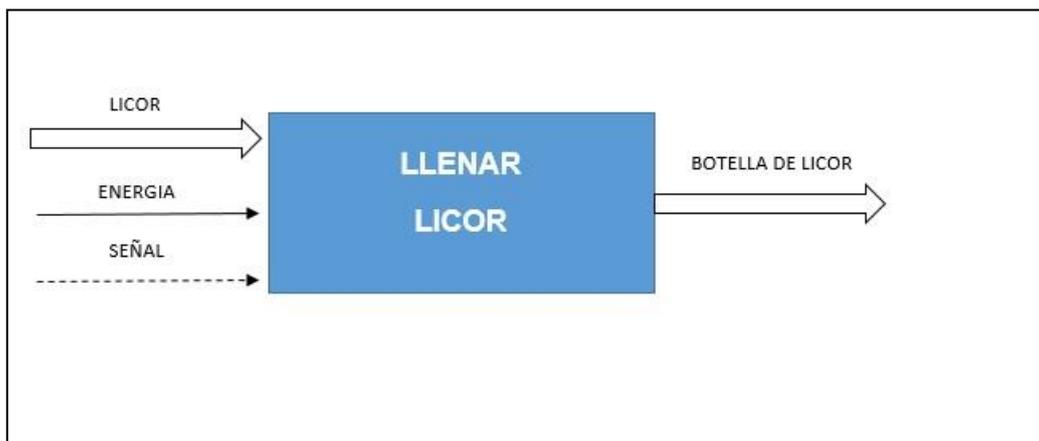


Figura 3.1 Nivel Cero – Dosificar Licor Artesanal.

Como nivel 1 y 2 se tiene funciones secundarias. Su realización permite que se cumpla con la prioridad global, y las cuales se las va agrupando en módulos, con el fin de facilitar una mejor comprensión del proceso de llenado y poder definir varias soluciones a cada uno de ellas, como se muestra en la *figura 3.2*; este método permite seleccionar la mejor alternativa para diseño y reducción de costos.

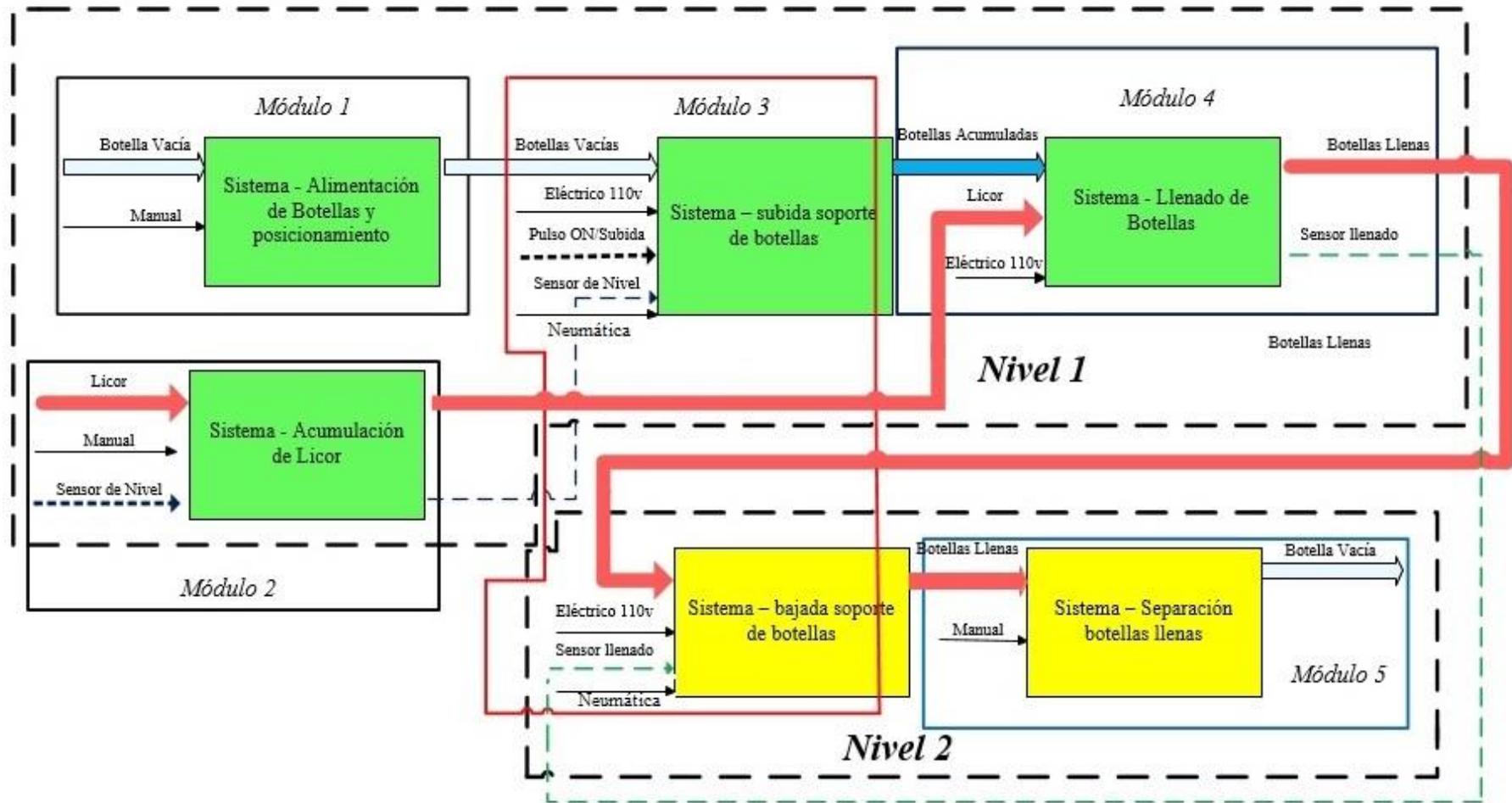


Figura 3.2. División Modular - Nivel 1 y 2.

3.4 Soluciones de los módulos

Se presenta 3 soluciones para cada módulo con el propósito de realizar un análisis de ponderado y seleccionar la mejor alternativa para nuestro diseño.

3.4.1 Módulo 1 inicio del proceso.

El módulo 1 presenta la siguiente función: de alimentar las botellas y como única solución para este proceso, se realiza de forma manual por ser un requerimiento del cliente; para el posicionamiento se presenta 3 alternativas.

3.4.1.1 De forma manual.

Un operario se encarga de ubicar las botellas en la máquina para su posterior llenado, este método es fácil y barato sin necesidad de una maquina automatizada véase en la *figura 3.3*.



Figura 3.3. Solución Única - colocar las botellas manualmente [19].

Ventajas:

- No requiere de una maquinaria extra para colocar las botellas.
- Selección de botellas en mal estado.
- No requiere de mantenimiento.

Desventajas:

- Bajo rendimiento en producciones muy elevadas a nivel industrial.

3.4.1.2 **Solución 1: Molde de botellas con guías para posicionamiento.**

Es un molde fabricado acorde a las dimensiones de las botellas tal como se muestra en la *figura 3.4*, en el cual se ubican de tal forma que están a la altura de las boquillas para su posterior llenado, una ventaja que ofrece es que se puede colocarse 4 botellas a la vez y luego de ser dosificadas son retiradas en grupo, evitando pérdidas de tiempo al momento de sacar individualmente las botellas.

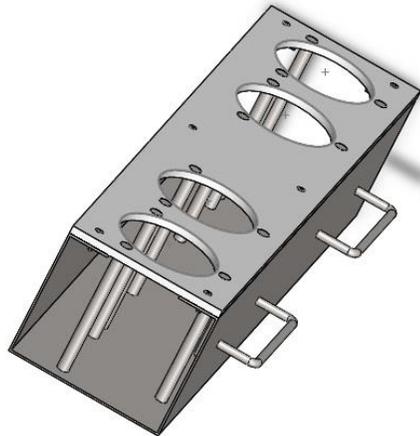


Figura 3.4. Solución 1 - Molde de botellas.

Ventajas:

- Bajo costo de fabricación.
- No requiere mantenimiento y es fácil de ubicar las botellas.
- Cumple con las normas FDA.

Desventajas:

- Para producciones elevadas afecta los tiempos de llenado.
- Son solo para un tipo de botellas.

3.4.1.3 **Solución2: Soporte para equipo de botellas con regulación.**

Es un soporte individual usado para colocar las botellas de manera segura como se muestra en la *figura 3.5*. Posee un soporte de carril para su regulación.



Figura 3.5. Solución 2 - Soporte de Botellas individual [20].

Ventajas:

- Cumple con las normas FDA.
- Bajo costo de fabricación.
- Posee regulación, esto permite ubicar de mejor manera en las boquillas de llenado.
- No requiere de mantenimiento, por lo cual no se elevan los costos.

Desventajas:

- Al ser un soporte individual es un problema al colocar 4 botellas, aumenta el tiempo de ubicación y perjudica la producción.
- Su implementación requiere de otros soportes extras para instalar en la máquina lo cual eleva el costo.

3.4.1.4 Solución 3: Soporte de botellas simple.

Es cómodo y práctico se puede fijar en cualquier estructura, está fabricado para un solo modelo de botella como se muestra en la *figura 3.6*. Este soporte no posee regulación y se adapta al ancho de las botellas abriendo o cerrando el anillo metálico.



Figura 3.6. Solución 3 - Soporte simple [21].

Ventajas:

- Cumple con las normas FDA.
- Bajo costo de fabricación.
- Su mantenimiento es sencillo lo cual elevan los costos.

Desventajas:

- No tiene regulación, por tal motivo su instalación debe ser acorde al nivel de las boquillas.
- Es un soporte fijo individual, las botellas deben ser colocadas una por una, esto retarda en los tiempos de la producción.

3.4.1.5 Evaluación y selección de las soluciones.

Para poder seleccionar la mejor alternativa entre las diferentes soluciones de cada módulo se emplea el método ordinal corregido de criterios ponderados. Este método se basa en tablas donde se analizan y confrontan todos los criterios (o soluciones) y se les asigna un valor, obteniendo resultados significativos, los valores que se les asigna son los siguientes:

- 1 Si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; >) que el de las columnas.
- 0,5 Si el criterio (o solución) de las filas es igual o equivalente (=) al de las columnas.
- 0 Si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; <) que el de las columnas [2].

Los criterios más relevantes para este módulo son los siguientes:

- Energía, es un criterio que requiere el cliente.
- Producción, es la producción que realizara la máquina.
- Automatización, es el control de todo el proceso.
- Costos, es un criterio de importancia, involucra el costo de la máquina, costos de operación y mantenimiento.
- Normas sanitarias, es el criterio más importante porque la máquina tiene contacto con productos alimenticios.
- Mantenimiento, este influye en el costo y debe ser fácil su mantenimiento.

Se procede hacer una ponderación de los criterios que se muestran en la *tabla 3.3*.

Tabla 3.3
Evaluación y ponderación de los criterios más importantes.

Criterios	E.	P.	A.	C.	N.S	M.	\sum_{+1}	Ponderación
Energía		0	0,5	0	0	1	2,5	0,12
Producción	1		1	0	0	1	4	0,19
Automatización	0,5	0		0	0	1	2,5	0,12
Costos	1	1	1		0	1	5	0,24
N. Sanitarias	1	1	1	1		1	6	0,29
Mantenimiento	0	0	0	0	0		1	0,05
Suma							21	1

Normas Sanitarias > Costos > Producción > Energía = Automatización > Mantenimiento

Nota: E= Energía, P=Producción, A= Automatización, C= Costos, N.S= Normas Sanitarias, M= Mantenimiento.

A continuación se evalúan cada una de las soluciones con respecto a cada criterio:

Tabla 3.4
Evaluación de las soluciones con respecto a la energía

Energía	S 1	S2	S3	$\sum + 1$	Ponderación
Solución 1 (Molde)		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2 (Soporte1)	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3 (Soporte2)	0,5	0,5		2	0,33
Suma				6	1
Solución 1 = Solución 2 = Solución 3					

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.5
Evaluación de las soluciones con respecto a la producción

Producción	S 1	S2	S3	$\sum + 1$	Ponderación
Solución 1 (Molde)		1	1	3	0,50
Solución 2 (Soporte1)	0		0,5	1,5	0,25
Solución 3 (Soporte2)	0	0,5		1,5	0,25
Suma				6	1
Solución 1 > Solución 2 = Solución 3					

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.6
Evaluación de las soluciones con respecto a la automatización

Automatización	S 1	S2	S3	$\sum + 1$	Ponderación
Solución 1 (Molde)		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2 (Soporte1)	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3 (Soporte2)	0,5	0,5		2	0,33
Suma				6	1
Solución 1 = Solución 2 = Solución 3					

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.7
Evaluación de las soluciones con respecto al costo

Costo	S 1	S2	S3	$\sum + 1$	Ponderación
Solución 1 (Molde)		1	1	3	0,50
Solución 2 (Soporte1)	0		0	1	0,17
Solución 3 (Soporte2)	0	1		2	0,33
Suma				6	1
Solución 1 > Solución 2 > Solución 3					

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.8
Evaluación de las soluciones con respecto a las Normas Sanitarias

Normas Sanitarias	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Molde)		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2 (Soporte1)	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3 (Soporte2)	0,5	0,5		2	0,33
Suma				6	1
Solución 1 = Solución 2 = Solución 3					

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.9
Evaluación de las soluciones con respecto al Mantenimiento

Mantenimiento	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Molde)		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2 (Soporte1)	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3 (Soporte2)	0,5	0,5		2	0,33
Suma				6	1
Solución 1 = Solución 2 = Solución 3					

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.10
Conclusiones de las soluciones Módulo 1

Conclusiones	E.	P.	A.	C.	N.S	M.	Σ	Prioridad
Solución 1	0,04	0,10	0,04	0,12	0,10	0,02	0,40	1
Solución 2	0,04	0,05	0,04	0,04	0,10	0,02	0,28	3
Solución 3	0,04	0,05	0,04	0,08	0,10	0,02	0,32	2

Nota: E= Energía, P= Producción, A= Automatización, C= Costo, N.S= Normas Sanitarias, M= Mantenimiento.

La solución 1 es la ganadora; su fácil construcción, bajo costo, normas sanitarias son superiores a las otras soluciones por lo cual se implementará un molde para las botellas, así se facilita la ubicación de las botellas.

3.4.2 Módulo 2 sistema de almacenamiento de licor

La función del módulo 2 es almacenar el producto como solución única, se establece un tanque de forma cilíndrico; se procede a realizar un análisis con 3 formas diferentes para verificar cual se adapta mejor a los requerimiento del cliente; el código ASME sección VIII división 1, establece varios factores para la construcción de depósitos tales como su forma, tipo de aplicación etc. Esta normativa es una guía general, por tal motivo se realizara 3 experimentos los cuales serán simulados en una herramienta computacional.

3.4.2.1 Solución: Tanque cilíndrico con cabeza toriesférica.

Es de forma cilíndrica con fondo bombeado, el fluido en este depósito no es uniforme y esto afecta a la distribución del líquido en las boquillas; los resultados obtenidos de la simulación se muestran en la *figura 3.7*; esta forma puede afectar notablemente a la hora del llenado, una de las razones es el caudal, no son similares.

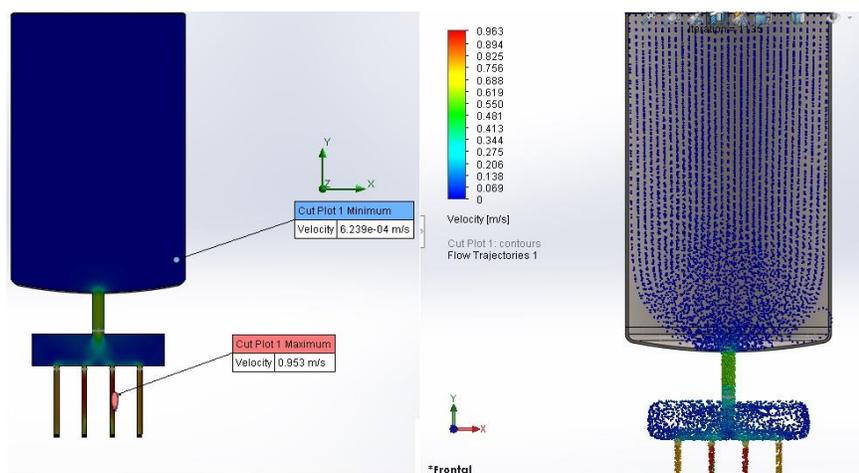


Figura 3.7. Tanque con cabeza toriesférica. (Simulación SOLIDWORKS)

Ventajas:

- Fácil mantenimiento, no requiere de gran complejidad, es rápido y puede utilizarse agua para su limpieza.
- Su costo de manufactura es costoso.
- Cumple con las normas alimentarias FDA.

Desventajas:

- El fluido en este tipo de tanque no es uniforme, esto afecta en el nivel de llenado de cada botella.

3.4.2.2 Solución 2: Tanque cilíndrico con fondo cónico.

Tanque con cuerpo cilíndrico pero con fondo cónico, en este depósito el fluido es más uniforme y se distribuye de mejor manera en las boquillas, dando como resultado caudales muy similares como se muestra en la *figura 3.8*.

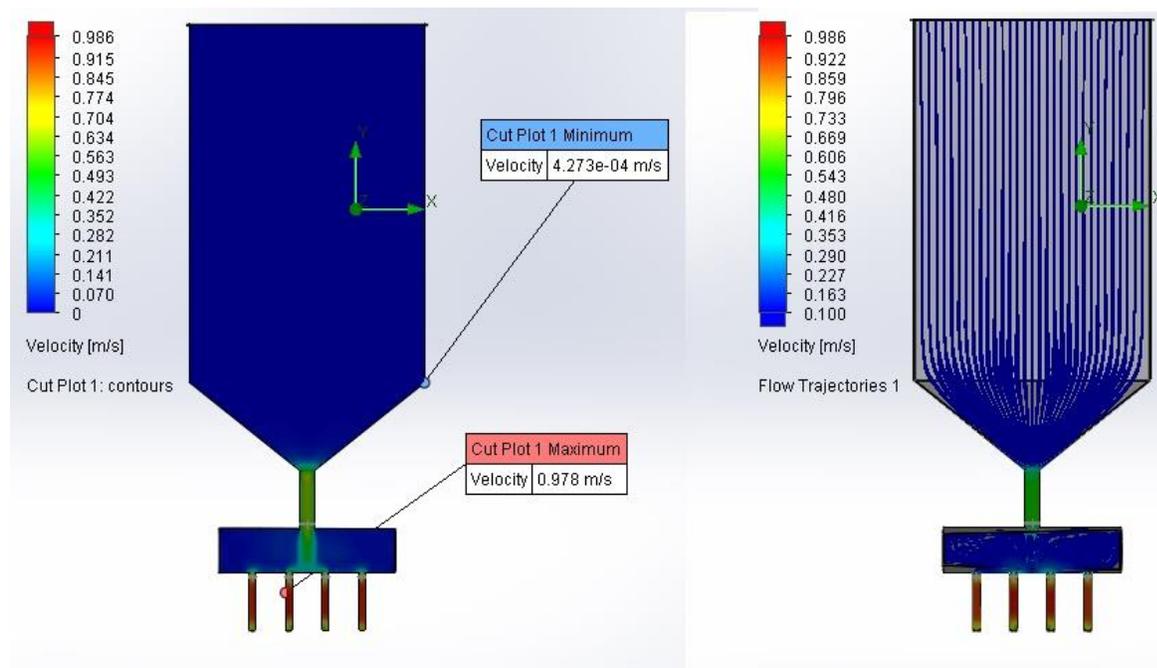


Figura 3.8. Tanque con fondo cónico (Simulación SOLIDWORKS).

Ventajas:

- Su forma permite caudales más uniformes.
- Bajo costo de manufactura y es más fácil de fabricar.
- Cumple con las normas alimentarias FDA.
- Su limpieza es sencilla y rápida, lo cual no eleva el costo de mantenimiento.

Desventajas:

- Son recomendables para proyectos pequeños y medianos.

3.4.2.3 Solución 3: Tanque cilíndrico con fondo semiesférico.

A diferencia de los anteriores tanques posee una forma de media circunferencia; no hay límites dimensionales en cuanto a su manufactura; con los resultados obtenidos del software se puede observar caudales similares en las boquillas pero la trayectoria del fluido no es uniforme como se muestra en la *figura 3.9*.

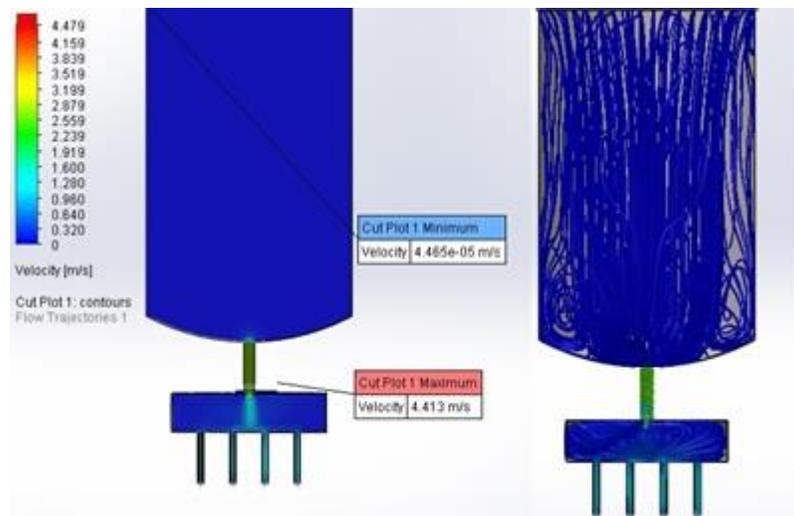


Figura 3.9. Tanque con fondo semiesférico (Simulación SOLIDWORKS).

Ventajas:

- Su costo de manufactura es costoso.
- Su diseño permite obtener caudales semejantes así como la velocidad de salida.

- Su mantenimiento es sencillo.
- Cumple con las normas FDA para alimentos.

Desventajas:

- El fluido no es uniforme al momento de reducir el nivel del tanque.

3.4.2.4 Evaluación y selección de las soluciones.

Los criterios más relevantes para este módulo son los siguientes:

- Energía.
- Producción.
- Automatización.
- Costos.
- Normas Sanitarias.
- Mantenimiento

A continuación se evalúan cada una de las soluciones presentadas para este módulo con respecto a cada criterio para seleccionar la correcta.

Tabla 3.11
Evaluación de las soluciones con respecto a la energía

Energía	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Toriosférica)		0	0	1	0,17
Solución 2 (Cónica)	1		0,5	2,5	0,42
Solución 3 (Semiesférica)	1	0,5		2,5	0,42
Suma				6	1

Solución 2 = Solución 3 > Solución 1

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.12
Evaluación de las soluciones con respecto a la producción

Producción	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Toriosférica)		0	0	1	0,17
Solución 2 (Cónica)	1		1	3	0,50

Solución 3 (Semiesférica)	1	0		2	0,33
Suma				6	1

Solución 2 > Solución 3 > Solución 1

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.13

Evaluación de las soluciones con respecto a la automatización

Automatización	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Toriosférica)		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2 (Cónica)	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3 (Semiesférica)	0,5	0,5		2	0,33
Suma				6	1

Solución 1 = Solución 2 = Solución 3

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.14

Evaluación de las soluciones con respecto al costo

Costo	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Toriosférica)		0	1	2	0,33
Solución 2 (Cónica)	1		1	3	0,50
Solución 3 (Semiesférica)	0	0		1	0,17
Suma				6	1

Solución 2 > Solución 1 > Solución 3

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.15

Evaluación de las soluciones con respecto a las Normas Sanitarias

Normas Sanitarias	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Toriosférica)		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2 (Cónica)	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3 (Semiesférica)	0,5	0,5		2	0,33
Suma				6	1

Solución 1 = Solución 2 = Solución 3

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.16

Evaluación de las soluciones con respecto al Mantenimiento

Mantenimiento	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Toriosférica)		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2 (Cónica)	0,5		0,5	2	0,33

Solución 3 (Semiesférica)	0,5	0,5		2	0,33
Suma				6	1
Solución 1 = Solución 2 = Solución 3					

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.17

Conclusiones de las soluciones Módulo 2

Conclusiones	E.	P.	A.	C.	N.S	M.	Σ	Prioridad
Solución 1	0,02	0,03	0,04	0,08	0,10	0,02	0,28	3
Solución 2	0,05	0,10	0,04	0,12	0,10	0,02	0,41	1
Solución 3	0,05	0,06	0,04	0,04	0,10	0,02	0,30	2

Nota: E= Energía, P= Producción, A= Automatización, C= Costo, N.S= Normas Sanitarias, M= Mantenimiento.

Se puede observar que la solución 2 es la más óptima para el diseño, por lo cual se implementa un tanque cilíndrico con fondo cónico.

3.4.3 Módulo 3 sistema de soporte de botellas.

Este módulo presenta la función de mover el soporte de las botellas directo a las boquillas, se plantea 3 soluciones para este módulo.

3.4.3.1 Sistema neumático – actuador.

Este sistema utiliza el aire para mover mecanismos mediante actuadores neumáticos los cuales aprovecha la presión y volumen del aire comprimido y los transforman en energía mecánica con un movimiento rectilíneo de avance y retroceso véase en la *figura 3.10*. Generalmente un actuador está constituido por un émbolo en el cual está unido un vástago que permite utilizar la fuerza ejercida por el cilindro.

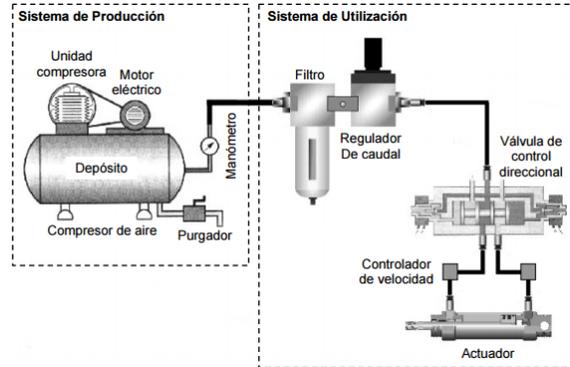


Figura 3.10. Solución 1 - Cilindro Neumático [22].

Ventajas:

- El aire es seguro incluso en extremas temperaturas.
- Se puede regular la velocidad, apta para producciones elevadas.
- El aire está a prueba de explosiones.
- La energía neumática es almacenable.

Desventajas:

- Es ruidoso tanto en su funcionamiento normal esto se debe a que el aire está comprimido y por tanto está sometido a una presión.

3.4.3.2 Actuador lineal eléctrico.

Este dispositivo realiza la misma función que un actuador neumático con la diferencia que este actuador convierte un movimiento de rotación de un motor de corriente continua en un movimiento lineal de avance y retroceso como se muestra en la *figura 3.11*.



Figura 3.11. Solución 2 - Actuador lineal eléctrico [23].

Ventajas:

- Puede levantar, tirar hasta 12000N.
- Posee un sistema de retroalimentación de posición para un control variable de aceleración y velocidad.
- Son fáciles de instalar, necesitan menos espacio.
- Tiene una larga vida de utilidad, con un mantenimiento casi nulo.
- Su costo esta alrededor desde los \$80 dólares dependiendo de la longitud de carrera.

Desventajas:

- Potencia limitada, para aplicaciones que requiere mucha potencia no son fiables su aplicación.

3.4.3.3 Elevador de tijera eléctrico.

Es utilizado para elevar cargas pesadas hasta 1 a 2 toneladas mediante un accionamiento manual o con un motor eléctrico como se muestra en la *figura 3.12*. Es un sistema basado en un mecanismo de tornillo con paso de rosca de husillo para amplificar la fuerza.



Figura 3.12. Solución 3 - Elevador tipo tijera eléctrico [24].

Ventajas:

- Gran capacidad de elevación de 1000kg.
- Fácil funcionamiento así como su mantenimiento y reparación.
- Son resistentes en caso de un uso extenuante.
- Su costo esta alrededor de \$80 dólares.

Desventajas:

- Son usados más en el área automotriz y obras de construcción.
- Tiene una velocidad limitada por el paso de rosca del husillo que ya viene de fábrica.
- No cumple con las normas FDA.

3.4.3.4 Evaluación y selección de las soluciones.

Los criterios más relevantes para este módulo son los siguientes:

- Energía.
- Producción.
- Automatización.
- Costos.
- Normas Sanitarias.

- Mantenimiento.

Se evalúan cada una de las soluciones dadas para este módulo con respecto a cada criterio.

Tabla 3.18
Evaluación de las soluciones con respecto a la energía

Energía	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Neumático)		0	0	1	0,17
Solución 2 (Eléctrico)	1		0,5	2,5	0,42
Solución 3 (Elevador)	1	0,5		2,5	0,42
Suma				6	1

Solución 2 = Solución 3 > Solución 1

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.19
Evaluación de las soluciones con respecto a la producción

Producción	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Neumático)		1	1	3	0,50
Solución 2 (Eléctrico)	0		0,5	1,5	0,25
Solución 3 (Elevador)	0	0,5		1,5	0,25
Suma				6	1

Solución 1 > Solución 2 = Solución 3

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.20
Evaluación de las soluciones con respecto a la automatización

Automatización	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Neumático)		1	1	3	0,43
Solución 2 (Eléctrico)	0,5		0,5	2	0,29
Solución 3 (Elevador)	0,5	0,5		2	0,29
Suma				7	1

Solución 1 > Solución 2 = Solución 3

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.21
Evaluación de las soluciones con respecto al costo

Costo	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Neumático)		0	0	1	0,20
Solución 2 (Eléctrico)	0,5		0,5	2	0,40

Solución 3 (Elevador)	0,5	0,5		2	0,40
Suma				5	1
Solución 2 = Solución 3 > Solución 1					

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.22

Evaluación de las soluciones con respecto a las Normas Sanitarias

Normas Sanitarias	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Neumático)		0,5	1	2,5	0,45
Solución 2 (Eléctrico)	0,5		0,5	2	0,36
Solución 3 (Elevador)	0	0		1	0,18
Suma				5,5	1
Solución 1 > Solución 2 > Solución 3					

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.23

Evaluación de las soluciones con respecto al Mantenimiento

Mantenimiento	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Neumático)		1	1	3	0,38
Solución 2 (Eléctrico)	1		0,5	2,5	0,31
Solución 3 (Elevador)	1	0,5		2,5	0,31
Suma				8	1
Solución 1 > Solución 2 = Solución 3					

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.24

Conclusiones de las soluciones Módulo 3

Conclusiones	E.	P.	A.	C.	N.S	M.	Σ	Prioridad
Solución 1	0,02	0,10	0,05	0,05	0,13	0,02	0,36	1
Solución 2	0,05	0,05	0,03	0,10	0,10	0,01	0,35	2
Solución 3	0,05	0,05	0,03	0,10	0,05	0,01	0,29	3

Nota: E= Energía, P= Producción, A= Automatización, C= Costo, N.S= Normas Sanitarias, M= Mantenimiento.

Se puede observar que la solución 1 es la más óptima por tanto se implementara un actuador neumático para mover el soporte de las botellas.

3.4.4 Módulo 4 sistema de llenado.

La función del módulo 4 es el llenado de las botellas, se establece como solución para la distribución de las boquillas un tubo cilíndrico horizontal, en cual se ubicará las válvulas para las cuales se va a determinar 3 soluciones.

3.4.4.1 Sistema válvula manual con mecanismo de accionamiento.

Una válvula esfera o de bola tiene la función de permitir el paso o bloqueo del fluido; está formado por una bola el cual está unido a un eje el cual al girar de forma manual se puede abrir o cerrar. Este consta de un sistema mecánico para el accionamiento de las 4 válvulas al mismo tiempo mediante una platina y una palanca como se muestra en la *figura 3.13*.

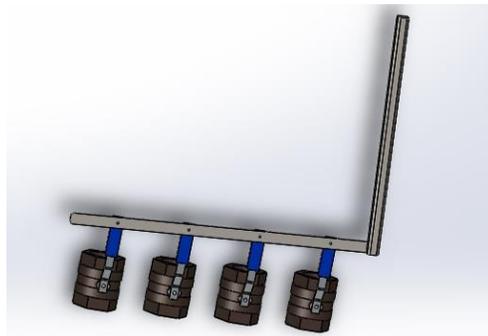


Figura 3.13. Solución 1 - Válvula tipo bola.

Ventajas:

- Su costo de construcción es elevado.
- Su apertura es completa lo que evita menos pérdida de líquido al momento de llenado.
- Su mantenimiento es fácil y nada costoso.
- Cumple con las normas alimentarias FDA.

Desventajas:

- No es eficiente para grandes producciones debido a que su activación es manual.

3.4.4.2 *Válvula solenoide.*

Este tipo de válvulas se basa en impulsos electromagnéticos, el cual está unido a un muelle cuya función es abrir o cerrar cuando se envía un pulso eléctrico, este tipo de válvulas necesita una presión positiva de un bar para abrirse totalmente. Trabajan con corriente alterna (AC) o continua (DC) véase en la *figura 3.14*.



Figura 3.14. Solución 2 - Válvula solenoide [25].

Ventajas:

- Cumple con las normas alimentarias FDA.
- Ideal para fluidos como agua, alcohol, aire.
- Posee conexión tipo clamps, lo cual hace fácil su instalación.
- Su activación es a 220 V, lo cual permite automatizar la apertura de la misma.

Desventajas:

- Su costo es muy elevado; aproximadamente de \$202 dólares cada válvula.
- Su apertura no es la 100%, esto genera una presión diferente a la salida de la válvula.

3.4.4.3 *Boquilla a gravedad.*

Su funcionamiento es por gravedad y mediante su resorte que posee como se muestra en la *figura 3.15*, el cual al ser presionado deja de bloquear la salida del líquido, cuando regresa a su posición normal impide nuevamente el paso del fluido.



Figura 3.15. Solución 3 - Boquilla a gravedad.

Ventajas:

- Cumple con las normas alimentarias FDA.
- Bajo costo de fabricación.
- Fácil instalación y su mantenimiento es económico.
- Sus repuestos son fáciles de adquirir en el mercado nacional y nada costos.

Desventajas:

- Solo trabaja con la presión del tanque (presión atmosférica).

3.4.4.4 *Evaluación y selección de las soluciones.*

Los criterios más relevantes para este módulo son los siguientes:

- Energía.
- Producción.
- Automatización.
- Costos.
- Normas Sanitarias.
- Mantenimiento.

A continuación se evalúan cada una de las soluciones dadas para este módulo con respecto a cada criterio:

Tabla 3.25

Evaluación de las soluciones con respecto a la energía

Energía	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Esfera)		1	0,5	2,5	0,42
Solución 2 (Solenoides)	0		0	1	0,17
Solución 3 (Boquilla)	0,5	1		2,5	0,42
Suma				6	1

Solución 1 = Solución 3 > Solución 2

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.26

Evaluación de las soluciones con respecto a la producción

Producción	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Esfera)		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2 (Solenoides)	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3 (Boquilla)	0,5	0,5		2	0,33
Suma				6	1

Solución 1 = Solución 2 = Solución 3

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.27

Evaluación de las soluciones con respecto a la automatización

Automatización	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Esfera)		1	0	2	0,33
Solución 2 (Solenoides)	0		0	1	0,17
Solución 3 (Boquilla)	1	1		3	0,5
Suma				6	1

Solución 3 > Solución 1 > Solución 2

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.28

Evaluación de las soluciones con respecto al costo

Costo	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Esfera)		1	0	2	0,33
Solución 2 (Solenoides)	0		0	1	0,17
Solución 3 (Boquilla)	1	1		3	0,5
Suma				6	1

Solución 3 > Solución 1 > Solución 2

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.29

Evaluación de las soluciones con respecto a las Normas Sanitarias

Normas Sanitarias	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Esfera)		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2 (Solenoides)	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3 (Boquilla)	0,5	0,5		2	0,33
Suma				6	1

Solución 1 = Solución 2 = Solución 3

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.30

Evaluación de las soluciones con respecto al Mantenimiento

Mantenimiento	S 1	S2	S3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1 (Esfera)		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2 (Solenoides)	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3 (Boquilla)	0,5	0,5		2	0,33
Suma				6	1

Solución 1 = Solución 2 = Solución 3

Nota: S1= Solución 1, S2= Solución 2, S3= Solución 3.

Tabla 3.31

Conclusiones de las soluciones Módulo 4

Conclusiones	E.	P.	A.	C.	N.S	M.	Σ	Prioridad
Solución 1	0,05	0,06	0,04	0,08	0,10	0,02	0,34	2

Solución 2	0,02	0,06	0,02	0,04	0,10	0,02	0,25	3
Solución 3	0,05	0,06	0,06	0,12	0,10	0,02	0,40	1

Nota: E= Energía, P= Producción, A= Automatización, C= Costo, N.S= Normas Sanitarias, M= Mantenimiento.

Se observa que la solución 3 es la más óptima, por tanto para dosificar se utilizara una válvula por gravedad.

Se procede a realizar los cálculos de todos los módulos excepto en módulo 5 que no requieren ningún diseño mecánico debido a que su proceso es manual.

3.5 Cálculos módulo 2: sistema de almacenamiento de licor.

Se debe tener en cuenta el material del cual se va construir el tanque para el almacenamiento del licor, este es de acero inoxidable AISI 304; este cumple con las normas FDA, el cual se muestra en el anexo I.

Una variable importante para el diseño del tanque es la capacidad, para esto se determinó una producción de 4800 botellas que corresponde a un volumen de $3,6 m^3$. Por diseño se establece las dimensiones para aprovechar todo el material posible y evitar pérdidas, luego se calcula volumen aplicando la ecuación 1.

$$V = \pi * r^2 * H \quad (1)$$

Se establece las siguientes dimensiones para luego reemplazar en la ecuación 1:

$$H = 0,8 m, \quad D = 0,6 m$$

$$V = \pi * 0,30^2 * 80$$

$$V = 0,226 [m^3]$$

El volumen calculado equivale a 301,59 botellas de 750 ml.

3.5.1 Cálculo de espesor cuerpo cilíndrico.

El código ASME sección VIII establece el modelo matemático para calcular el espesor de un cuerpo cilíndrico, el cual se muestra en la ecuación 2 [3].

$$t_{tanque} = \frac{PR}{SE - 0,6P} \quad (2)$$

Donde:

t= Espesor en pulgadas.

P= Presión de diseño lb/in².

S= Esfuerzo máximo permisible lb/in² = 25 kg/mm² véase en el anexo II

E= Eficiencia de la junta.

R= Radio interior.

C.A= Margen de corrosión en pulgadas.

3.5.2 Presión de diseño.

Es un valor que se emplea para el diseño del recipiente y es recomendable trabajar con una presión mayor que la de operación, esto se logra con un 10% más que la presión de trabajo, también se debe tomar en cuenta la presión que ejerce el fluido sobre el recipiente internamente por tanto el modelo matemático para el cálculo de la presión de diseño se observa en la ecuación 3 [4].

$$P = PH + Po + 30lb/in^2 \quad (3)$$

Donde:

P= Presión de diseño.

PH= Presión del fluido.

Po= Presión de operación (Presión manométrica en la cual el tanque está sometido en condiciones normales de trabajo, presión atmosférica), y no debe superar las 300lb/in² según el código ASME

sección VIII sección UG-101 el cual se muestra en el Anexo III, por lo tanto la presión de trabajo se determina con la ecuación 4 [4].

$$P_o = P_{atm} ; P_o < 300lb/in^2 \quad (4)$$

Reemplazando valores en la ecuación 4 se obtiene la presión de operación o trabajo:

$$P_o = 760mmHg = 101352,9 [N/m^2]$$

Para determinar la presión que ejerce el fluido internamente es necesario determinar la densidad del líquido, por lo cual se realizó los respectivos análisis del licor marca “Tardoncito”, los resultados se resumen en la *tabla 33* y los ensayos se indican en el Anexo IV.

Tabla 3.32

Densidad Relativa del Tardón.

Muestra	Servicio/Analítico	Resultado	Unidades	Método
LICOR “TARDONCITO ” DC-MU4594	DENSIDAD RELATIVA A 20° C	1,0503	d20	AOAC 2005 985.1941.1.06 INEN 35
LICOR “TARDONCITO ” DC-MU4594	PH	3,7	pH	Laboratorio

Nota: Análisis de laboratorio realizados al licor “Tardoncito”

Se debe obtener la densidad absoluta por lo que se procede a tomar como referencia la densidad del agua, la cual a 20°C es de 998 kg/m³ y se tiene el siguiente resultado:

$$\rho = 1,0503 * 998 \frac{kg}{m^3} = 1048,19 [kg/m^3]$$

Donde:

ρ = Densidad del licor.

Una vez determinado la densidad del licor se calcula la presión hidrostática mediante la ecuación 5 [4].

$$PH = \rho * g * h \quad (5)$$

Donde:

PH= Presión hidrostática.

ρ = Densidad del licor.

g = Gravedad 9,81m/s².

h = Altura del fluido en el tanque.

Se reemplaza valores en la ecuación 5 para obtener la presión hidrostática:

$$PH = 8226,19 [N/m^2]$$

Se procede a reemplazar valores en la ecuación 3 para obtener la presión de diseño:

$$P = 316422,09 [N/m^2]$$

3.5.3 Eficiencia de junta.

Es un parámetro se debe tomar en cuenta en el diseño; es el grado de confiabilidad del tipo de soldadura que se va a utilizar, para los cálculos se ha selecciona el valor de 0,50 como se muestra en la *tabla 3.33*.

Tabla 3.33
Eficiencia de junta de soldadura

DISEÑO DE JUNTAS SOLDADAS (CONT.)				
Condición de diseño	Tipo de soldadura	Examen radiográfico	Eficiencia de junta	Tratamiento térmico después de la soldadura
3. El recipiente se diseña para presión externa únicamente el diseño está basado en UW-12 (c) ver tabla.	Cualquier junta soldada UW-11 (c).	No se requiere examen radiográfico.	0.70 Tipo (1)	Por la norma UCS-56
			0.65 Tipo (2)	
			0.60 Tipo (3)	
			0.55 Tipo (4)	
			0.50 Tipo (5)	
			0.45 Tipo (6)	
			En todos los demás cálculos de diseño se usará el 80% del valor de esfuerzo del material.	

Nota: Se selecciona 0,50 porque la soldadura no se realiza en un taller certificado y no necesita examen radiográfico [5]

3.5.4 Margen de corrosión.

El desgaste por corrosión será de 5 milésimas de pulgada por año ver en anexo V, por lo tanto el margen de corrosión queda expresado en la ecuación 6 [5], donde n= años.

$$C.A = 0,127 * n [mm] \quad (6)$$

Se procede a calcular el espesor del tanque reemplazando los valores que se obtuvo en la ecuación 2:

$$t_{tanque} = \frac{316422,09 * 0,3}{(245166261,94 * 0,50) - (0,6 * 316422,09)}$$

$$t_{tanque} = 0,77 [mm]$$

El margen de corrosión se establece para 5 años, reemplazando valores en la ecuación 6 se obtiene:

$$C.A = 0,127 * 5 = 0,64 [mm]$$

Se calcula el nuevo espesor con el margen de corrosión y se obtiene el siguiente resultado:

$$t_{tanque} = 0,77 + C.A$$

$$t_{tanque} = 0,77 + 0,64$$

$$t_{tanque} = 1,41 [mm]$$

3.5.5 Cálculos de espesor de la tapa del tanque.

El código ASME sección VIII establece el modelo matemático para calcular el espesor de un tapa para un cuerpo cilíndrico el cual se muestra en la ecuación 7 [3].

$$t_{tapa} = \frac{PD}{2SE - 0,2P} \quad (7)$$

$$t_{tapa} = 0,77 [mm]$$

El margen de corrosión se establece para 5 años, reemplazando valores en la ecuación 6 se obtiene:

$$C.A = 0,127 * 5 = 0,64 [mm]$$

Se calcula el nuevo espesor con el margen de corrosión y se obtiene el siguiente resultado:

$$t_{tapa} = 0,77 + C.A$$

$$t_{tapa} = 0,77 + 0,64$$

$$t_{tapa} = 1,41 [mm]$$

3.5.6 Cálculo de espesor fondo del tanque.

Según el código ASME sección VIII establece el modelo matemático el cual se muestra en la ecuación 8 [3] para calcular el espesor de un fondo cónico.

$$t_{cono} = \frac{PD}{2 \cos \alpha (SE - 0,6P)} \quad (8)$$

Donde:

$$\alpha = \frac{\text{Angulo del vertice}}{2} \leq 30$$

A mayor ángulo mayor es la fuerza. El código relaciona esta fuerza interna por la limitación del ángulo a 30° [3]. Se observa dicha limitación en la *figura 3.16*.

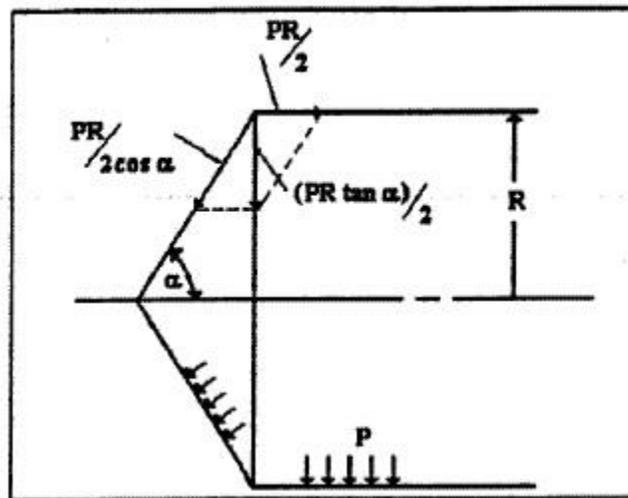


Figura 3.16. Limitación ángulo [3].

Para el diseño se selecciona un ángulo de 50° grados; con un ángulo mayor se obtiene un vértice pronunciado y un esfuerzo menor al momento de bajar el fluido luego se comprueba si cumple con la restricción de la ecuación 8:

$$\alpha = \frac{50}{2} = 25 \leq 30$$

Se reemplaza valores en la ecuación 6 y se tiene el siguiente resultado:

$$t_{cono} = \frac{316422,09 * 0,6}{2 * \cos 50 ((245166261,94 * 0,50) - (0,6 * 316422,09))}$$

$$t = 1,21 [mm]$$

El margen de corrosión se establece para 5 años, reemplazando valores en la ecuación 6 se obtiene:

$$C.A = 0,127 * 5 = 0,64 [mm]$$

Se calcula el nuevo espesor con el margen de corrosión y se obtiene el siguiente resultado:

$$t_{cono} = 1,21 + C.A$$

$$t_{cono} = 1,21 + 0,64$$

$$t_{cono} = \mathbf{1,85 [mm]}$$

Los espesores calculados se muestran en la *tabla 3.34*, se puede observar que el espesor más crítico es de 1,85 mm.

Tabla 3.34
Espesores.

	Espesores Teóricos	Espesor Real
Cuerpo cilíndrico	1,41 mm	2 mm
Tapa superior	1,41 mm	2 mm
Fondo cónico	1,85 mm	2 mm

Nota: El espesor más crítico se encuentra en el fondo del tanque.

Para la manufactura de la construcción y soldadura del tanque se selecciona una plancha de acero inoxidable AISI 304 de 2 mm, las características mecánicas se observan en el anexo II.

3.6 Módulo 1: sistema de alimentación de botellas y posicionamiento.

Se establece la fabricación de un molde para el posicionamiento de las botellas el cual se muestra en la *figura 3.17*, el material para su construcción debe cumplir con las normas FDA., por tanto debe ser en acero inoxidable AISI 304.

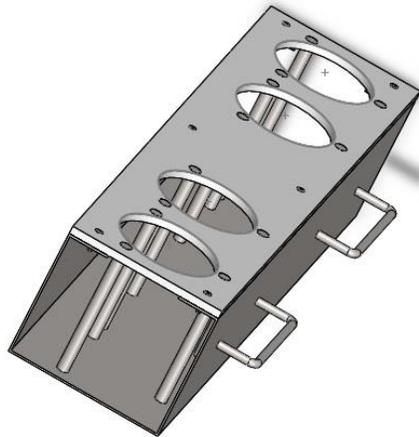


Figura 3.17. Molde para 4 botellas de 750 ml.

3.7 Módulo 3: sistema de subida y bajada de soporte de botellas

El sistema para mover la base donde se coloca el molde de las botellas será mediante actuadores neumáticos. Los factores que se tomaran en cuenta en este módulo son:

- Fuerza.
- Masa.
- Presión.
- Fuerza de resorte de las boquillas.

3.7.1 Cálculo de fuerza del actuador.

Se debe determinar la fuerza a la que va estar sometida los actuadores dicha fuerza se debe calcular mediante la ecuación 9 [6].

$$F = P_{aire} * Area\ pistón \quad (9)$$

Para determinar la fuerza se toma en cuenta la masa total que debe soportar, los datos se muestran en la *tabla 3.35*.

Tabla 3.35
Peso de elementos que soportara los actuadores neumáticos.

DATOS			
Nº	Detalle	Masa (kg)	Masa Total (kg)
1	Masa de base	3,00	3,00
4	Botella llena	2,60	10,40
1	Masa molde	4,98	4,98
4	Fuerza-Resorte boquillas	13,00	52,00
Total			70,38

Nota: Masa total que debe soportar los actuadores neumáticos.

Calculamos la fuerza mediante que ejerce sobre los actuadores mediante la ecuación 10 [7].

$$F = m * g \quad (10)$$

Donde:

M= masa en kg

g= Gravedad 9,81 m/s^2

Reemplazando valores en la ecuación 10 se tiene:

$$F = 70,38 \text{ kg} * (9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 690,43 \text{ [N]}$$

Se utiliza dos pistones como se muestra en la *figura 3.18*, para distribuir las fuerzas y evitar que la fuerza que ejercen las boquillas deformen la base del molde, con este diseño se podrá colocar una solo botella para dosificar sin que afecte la deformación de la base.

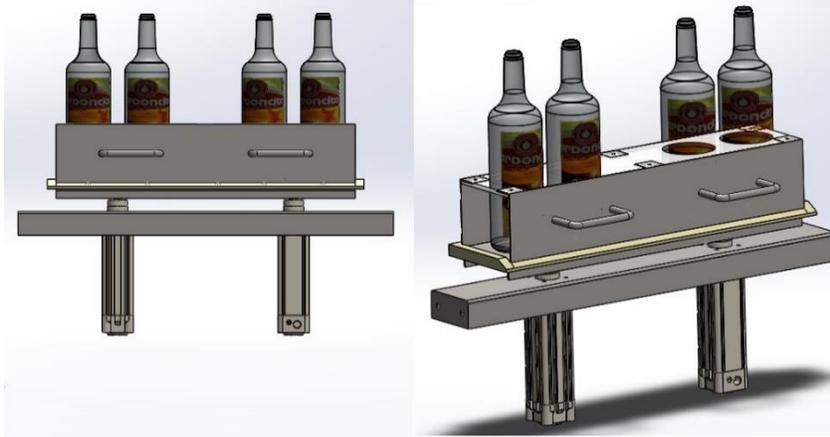


Figura 3.18 Ubicación de dos Pistones - Base molde de botellas.

Se procede a calcular el diámetro del embolo, realizando un despeje en la ecuación 10; como dato de presión de trabajo se obtiene de 50 psi porque “El coeficiente entre la duración total del ciclo de funcionamiento (tiempos de arranque) y el tiempo en el que el compresor produce aire comprimido (compresor funcionando) [8] ”.

El diámetro es:

$$P_{aire} = 50 \text{ psi} = 0,3447 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$F = \frac{690,43}{2} = 345,21 \text{ [N]}$$

$$345,21 = 0,3447 * \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D_{cilindro} = \sqrt{\frac{345,21 * 4}{0,3447 * \pi}}$$

$$D_{cilindro} = \mathbf{35,71 \text{ [mm]}}$$

El diámetro calculado es de 35,71 mm, pero vamos a seleccionar el de 40 mm, en el mercado existen diámetros estándar como se muestra en la *tabla 3.36*.

Tabla 3.36
Diámetros de cilíndricos neumáticos.

FUERZA DE EMPUJE ACTUANDO EL AIRE EN TODA EL ÁREA DEL PISTÓN						
Diámetro del cilindro (mm)	Área del pistón mm^2	Fuerza de empuje en Newton a varias presiones (bar)				
		1,0	5,0	7,0	1,0	
6	28	2,8	14,1	19,8	28,3	
8	50	5,0	25,1	35,2	50,2	
10	79	7,9	39,3	55,0	78,5	
12	113	11,3	56,5	79,1	113,0	
14	154	15,4	76,9	107,7	153,9	
16	201	20,1	100,5	140,7	201,0	
20	314	31,4	157,0	219,8	314,0	
25	491	49,1	245,3	343,4	490,6	
32	804	80,4	401,9	562,7	803,8	
40	1257	125,6	628,0	879,2	1256,0	

Nota: Diámetros estándar de cilindros neumáticos [6]

El rozamiento del pistón en su movimiento equivale a un valor comprendido entre el 10% de la fuerza calculada [6]. Para determinar la fuerza real del cilindro de doble efecto se toma en cuenta una pérdida por rozamiento y el modelo matemático se expresa en la ecuación 11 [6].

$$F_{avance} = P * \frac{\pi * D^2}{4} \quad F_{retroceso} = P * \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} \quad (11)$$

Donde:

D= Diámetro del embolo

d= Diámetro del vástago

P= Presión

Se calcula la fuerza de avance del pistón mediante la ecuación 11:

$$F_{avance} = 0,3477 * \frac{\pi * 40^2}{4}$$

$$F_{avance} = 436,93 [N]$$

Se asume un 10% de perdida por rozamiento para determinar la fuerza real del actuador:

$$F_{avance} = 436,93 N - fr$$

$$fr = (436,93 * 0,1) = 43,69 [N]$$

$$F_{avance} = 436,93 N - 43,69 [N]$$

$$F_{avance} = 393,24,68 [N]$$

Se calcula la fuerza de retroceso del pistón mediante la ecuación 11:

$$F_{retroceso} = 0,3477 * \frac{\pi * (40^2 - 16^2)}{4}$$

$$F_{retroceso} = 367,02 [N]$$

$$fr = (367,02 * 0,1) = 36,70 [N]$$

$$F_{retroceso} = 367,02 N - 36,70 [N]$$

$$F_{retroceso} = 330,32 [N]$$

3.8 Módulo 4: sistema de dosificación

Para este sistema se establece la construcción de una boquilla a gravedad, para cumplir con el requerimiento del cliente de dosificar 4 botellas, se implementa un distribuidor, así también una válvula manual de paso el cual está colocada entre la salida del tanque y entrada del distribuidor esto ayudará para futuros mantenimientos, véase en la *figura 3.19*.

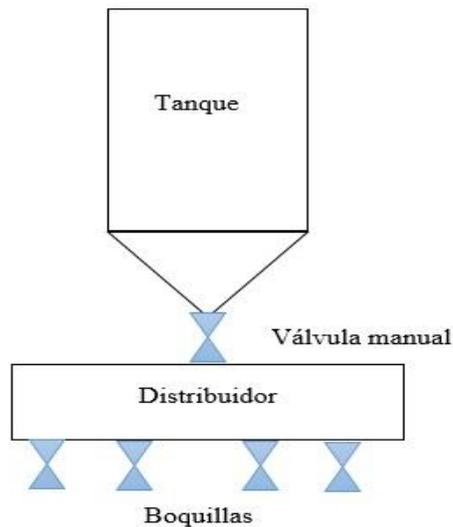


Figura 3.19. Esquema sistema de dosificación.

3.8.1 Selección de la válvula manual.

Para la selección de la válvula se necesita el diámetro de salida del fondo cónico del tanque, por lo cual se realizara los cálculos con datos obtenidos anteriormente los cuales se puede observar en la *figura 3.20*; se selecciona la misma altura de 0,23 m, misma que se trabajó en la simulación del fluido para selección de la mejor alternativa del tanque.

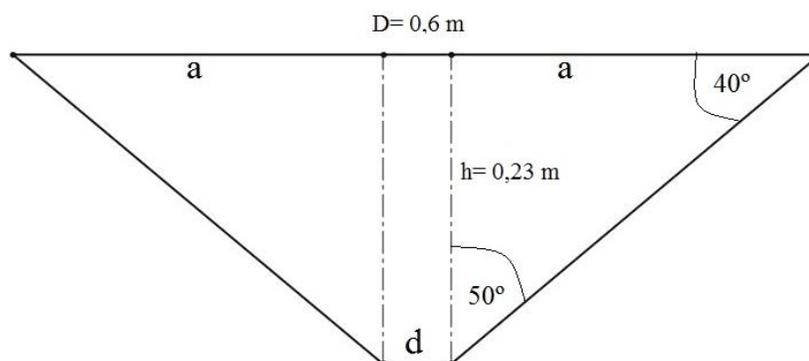


Figura 3.20. Medidas fondo cónico.

Se determinó el valor de a para poder obtener el diámetro d_{cono} :

$$a = \tan 50 \cdot 23 = 274,1 \text{ [mm]}$$

Se determinó el valor de d_{cono} :

$$d_{cono} = 51,8 \text{ [mm]}$$

Se escoge una válvula manual tipo mariposa de 2 pulgadas con conexión para soldar en acero inoxidable para cumplir con las normas sanitarias obsérvese en la *tabla 3.37*.

Tabla 3.37
Válvulas Norma 3A - Sello en EPDM

Referencia	Conex.	Inox.	A	B	C	D
IVM11106	1"	304	50,5	113,5	66	140
IVM11108	1 ½ "	304	50,5	132,5	68	140
IVM11110	2"	304	64	145	70	140
IVM11112	2 ½ "	304	77,5	163	72	155

Nota: Diámetros de válvulas tipo mariposa [9], observe la figura en el Anexo VI

3.8.2 Diseño del distribuidor para boquillas.

Para la fabricación del distribuidor se utilizará un tubo de acero inoxidable AISI 304; como dato de diseño para la construcción se obtiene un volumen mínimo total de 4 botellas el cual es 3000 ml, este valor se lo reemplazará en la ecuación 1. Para determinar la longitud total se utiliza como dato el diámetro de la botella el cual es 76 mm véase en el Anexo VII.

Se determina la longitud total:

$$L = D_{Botella} * 4$$

$$L = 76 \text{ mm} * 4 = 304 \text{ mm}$$

Se obtiene una longitud total de 304 mm, se debe tomar en cuenta que las botellas no están separadas por lo cual se selecciona un valor de 500mm.

Se determina el diámetro del distribuidor reemplazando valores en la ecuación 1:

$$V = \pi * r^2 * H$$

Despejamos radio y se obtiene:

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi * H}}$$

Donde:

H= Longitud total del distribuidor

$$r = \sqrt{\frac{0,003 \text{ m}^3}{\pi * 0,5 \text{ m}}}$$

$$r = 0,0437 \text{ m}$$

$$D = 2 * (0,0437)$$

$$D = 0,0874 \text{ m} = 87,40 \text{ [mm]}$$

El diámetro del tubo a seleccionar será de 4 pulgadas debido a la disponibilidad en el mercado nacional.

Se procede hacer un análisis del cono donde el tiempo de vaciado debe permitir un volumen constante para el del distribuidor así se garantiza caudales iguales en las salidas de las boquillas.

3.8.3 Análisis hidrostático del fondo del tanque.

Se procede a determinar el volumen del cono respecto al tiempo por lo cual se utiliza el teorema de Torricelli donde el área del orificio de salida por la velocidad es igual al volumen, este modelo matemático se muestra en la ecuación 12, la cual relación el volumen respecto al tiempo según la referencia [10].

$$\frac{dv}{dt} = -av \quad (12)$$

Donde:

dv/dt = variación del volumen respecto al tiempo.

v = velocidad.

a = Área del orificio de salida.

Con la ayuda de los principios de Torricelli se termina la velocidad y se expresa en la ecuación 13 [11].

$$v = c\sqrt{2gh} \quad (13)$$

Donde:

g = gravedad $9,81 \text{ m/s}^2$.

$h = h_{cono}$ = altura.

c = Coeficiente de descarga, para orificios de forma circular, la constante $c = 0,6$ [12].

Se estable un modelo matemático que este en función del área transversal con respecto a la variación de la altura del cono en a *figura 3.21* se observar la variación del área transversal del fluido con respecto a un altura h .

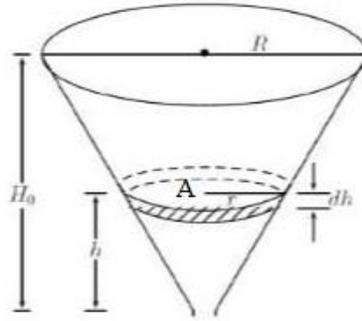


Figura 3.21. Variación del área del fluido respecto a la altura h

Si $A(h)$ denota el área de la sección transversal a una altura h , aplicando el método de volumen por secciones transversales se obtiene la ecuación 14 [11]:

$$V = \int_0^h A(h) dh \quad (14)$$

Derivando respecto al tiempo t se obtiene la ecuación 15.

$$\frac{dv}{dt} = A(h) \frac{dh}{dt} \quad (15)$$

Con las ecuaciones 12, 13, 15 se determina una ecuación diferencial de variables separables que permite determinar el volumen del cono y el tiempo de vaciado, ese modelo matemático queda representado por la ecuación 16 [11].

$$A(h) \frac{dh}{dt} = -ac\sqrt{2gh} \quad (16)$$

Se procede a realizar los cálculos de volumen y tiempo de vaciado del cono por lo cual se realiza un diagrama de cuerpo libre en el plano “xy” de la figura 3.22 con respecto a los datos del cono véase en la figura 3.20.

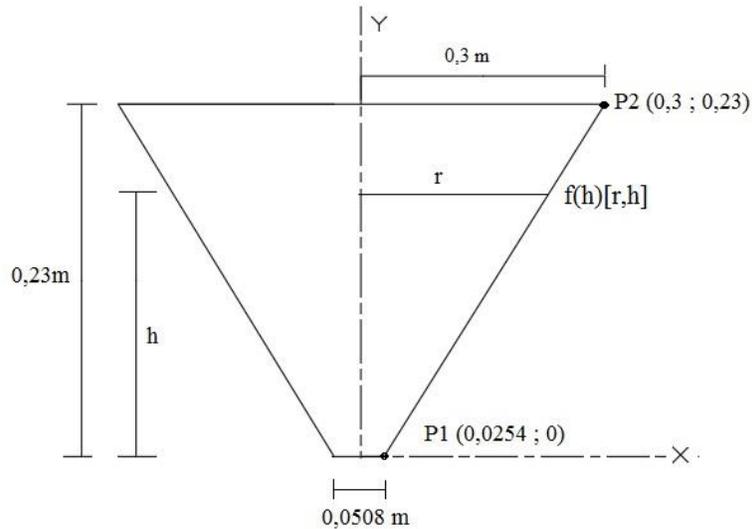


Figura 3.22. Diagrama cuerpo libre cono.

El punto $P(r, h)$ pertenece a la recta que pasa por los puntos $(0,3; 0,23)$ y $(0,0254; 0)$ y se procede a calcular la pendiente de la recta y se obtiene:

$$m = \frac{0,23 - 0}{0,3 - 0,0254} = 0,84$$

Se procede a calcular la ecuación de la recta con la pendiente y se obtiene:

$$(h - h_1) = m(r - r_1)$$

$$(h - 0) = 0,84(r - 0,0254)$$

$$\mathbf{h = 0,84r - 0,021}$$

Se despeja r y se obtiene:

$$\mathbf{r = 1,19h + 0,025}$$

El área de la sección transversal $A(h) = \pi r^2$ y con la ecuación 13 se determina el volumen, donde la altura inicial del líquido en el cono es de 0,23 m es decir $h(0) = 0,23$ m y se obtiene el siguiente resultado:

$$V = \int_0^{0,23} \pi(1,19h + 0,025)^2 dh$$

$$V = \pi \int_0^{0,23} (1,42 h^2 + 0,06 h + 0,0006) dh$$

$$V = \pi \left(\frac{1,42 h^3}{3} + \frac{0,06 h^2}{2} + 0,0006 h \right)$$

Calculamos el volumen cuando $h=0,23$ m y obtiene el siguiente resultado:

$$V = \pi \left(\frac{1,42 * 0,23^3}{3} + \frac{0,06 * 0,23^2}{2} + 0,0006 * 0,23 \right)$$

$$V = \mathbf{0,0275 [m^3]}$$

Con la ecuación 1 calculamos el volumen del distribuidor y se procede a hacer una comparación donde el volumen del cono (V_c) debe ser mayor así garantiza un volumen constante en el distribuidor.

$$V_d = \pi * 0,1016^2 * 0,5$$

$$V_d = \mathbf{0,02 m^3}$$

Por tanto $V_c > V_d$ y se cumple con la condición, ahora se calcula el tiempo de vaciado; el área del orificio de salida del cono es $a=0,002 m^2$, estos valores se reemplaza en la ecuación 15 y se obtiene la siguiente ecuación diferencial de variables separables:

$$\pi(1,19h + 0,021)^2 \frac{dh}{dt} = -0,002 * 0,6 \sqrt{2gh}$$

$$\pi(1,42 h^2 + 0,06 h + 0,0006) dh = - \left(0,002 * 0,6 * (2 * 9,81)^{\frac{1}{2}} * h^{\frac{1}{2}} \right) dt$$

$$- \frac{\pi}{0,005} * \left(\frac{1,42 h^2 + 0,06 h + 0,0006}{h^{\frac{1}{2}}} \right) dh = dt$$

Se procede a integrar y se obtiene:

$$- \frac{\pi}{0,005} \int (1,42 h^{3/2} + 0,06 h^{1/2} + 0,0006 h^{-1/2}) dh = \int dt$$

$$-\frac{\pi}{0,005} \left(\frac{1,42 h^{\frac{5}{2}}}{\frac{5}{2}} + \frac{0,06 h^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}} + \frac{0,0006 h^{\frac{1}{2}}}{\frac{1}{2}} \right) = t + c$$

$$-\frac{\pi}{0,005} \left(0,568 h^{\frac{5}{2}} + 0,04 h^{\frac{3}{2}} + 0,0012 h^{\frac{1}{2}} \right) = t + c$$

Se calcula la constante de integración con la condición inicial $h(0) = 0,23$ y $t = 0$ entonces tenemos:

$$-\frac{\pi}{0,005} \left(0,568 * (0,23)^{\frac{5}{2}} + 0,04 * (0,23)^{\frac{3}{2}} + 0,0012 * (0,23)^{\frac{1}{2}} \right) = 0 + c$$

$$c = -11,92$$

Sustituyendo la constante de integración y despejando t obtenemos el siguiente resultado:

$$t = 11,92 - \frac{\pi}{0,005} \left(0,568 h^{\frac{5}{2}} + 0,04 h^{\frac{3}{2}} + 0,0012 h^{\frac{1}{2}} \right)$$

Se procede a determinar el tiempo de vaciado del cono cuando $h = 0$ y se obtiene el siguiente resultado:

$$t = 11,92 \text{ s}$$

Se utiliza una herramienta computacional para validar el resultado obtenido anteriormente, obsérvese en la *figura 3.23*.

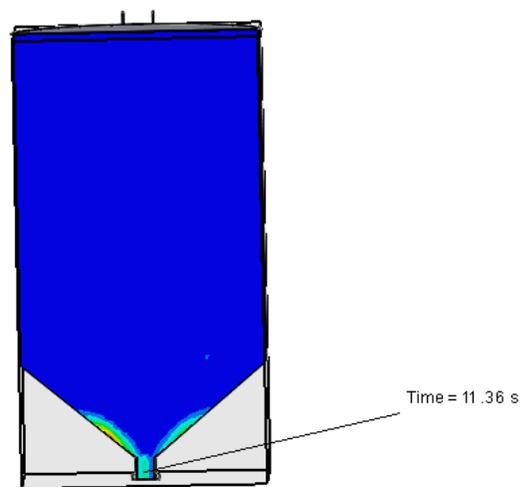


Figura 3.23 Tiempo de vaciado (SOLIDWORKS)

Se observa que tiempo que se calculó analíticamente tiene concordancia con el software, por lo tanto se realiza simulaciones para determinar los diámetros del distribuidor mediante esta herramienta.

Se procede a realizar las simulaciones variando distancias de las boquillas, diámetros; al realizar varias simulaciones se logró obtener un fluido uniforme, caudales iguales así como se muestra la *figura 3.24*.

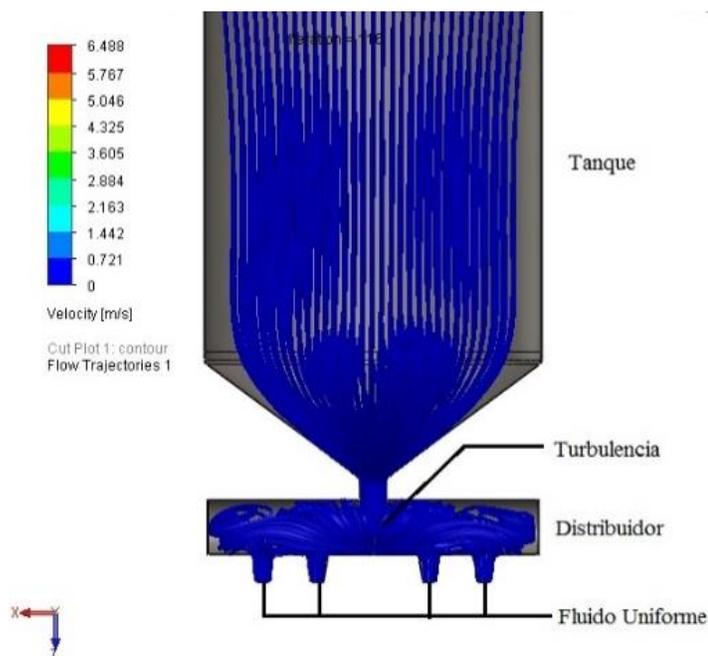


Figura 3.24. Simulación del fluido para determinar los diámetros en el distribuidor (SOLIDWORKS).

Con los resultados obtenidos en la simulación se determinan los diámetros ideales para las boquillas, por lo tanto se debe realizar 4 perforaciones de 1 pulgada en el distribuidor, también se seleccionan accesorios, estos deben permitir un desmontaje fácil para futuros mantenimientos.

Para los agujeros donde se ubicarán las boquillas se utilizarán ferrules sanitarios en acero inoxidable de 1 pulgada, así también para los extremos del distribuidor ferrules de 4 pulgadas obsérvese en la *tabla 3.38*.

Tabla 3.38
Férula Corta – Norma BPE

Referencia	Conex.	Inox.	A	B	C
IF52104	1/2"	316 L	12,7	12,7	25
IF52106	1"	316 L	25,4	12,7	50,5
IF52108	1 1/2"	316 L	38,1	12,7	50,5

Nota: Férulas de distintos diámetros [9], observe la figura en el Anexo VI

Se selecciona tapones tipo camp para los extremos del tubo de 4 pulgadas con sus respectivas abrazaderas y empaques EPDM, obsérvese en la *tabla 3.39*.

Tabla 3.39
Accesorios para distribuidor

Tapón Clamp – Norma BPE				
Referencia	Conex.	Inox.	A	B
IT51205	1/2" – 3/4"	316 L	25	6,35
IT51206	1"	316 L	50,5	6,35
Abrazadera Clamp - Norma BPE/ 3A/ DIN				
Referencia	Conex.	Inox.	A	B
IA11105	1/2" – 3/4"	304	20	28
IA11108	1" – 1 1/2"	304	44,4	53,6
Sellos para Férula Clamp – Norma BPE/ 3A / DIN				
Referencia	Material.	Conex.	A	B
ISA1306	SILICONA	1"	5	50,5
ISA1318	SILICONA	4"	5,5	11,9

Nota: Accesorios en acero inoxidable y empaques [9], observe la figura en el Anexo VI

La unión entre la válvula mariposa y el distribuidor se hará mediante una unión universal SMS de 2 pulgadas obsérvese la *tabla 3.40*.

Tabla 3.40
Unión Universal SMS y Empaque

Unión Universal Norma SMS				
Referencia	Conex.	Inox.	A	B
IU32106	1"	304	25	19
IU32118	4"	304	101,6	35
Empaque – Unión Universal Norma SMS				
Referencia	Material.	Conex.		
IUS3206	EPDM	1"		
IUS3218	EPDM	4"		

Nota: Unión SMS y empaques [9], observe la figura en el Anexo VI

3.9 Diseño de boquillas a gravedad

Para el diseño de la boquilla se utilizara el principio flowback; cuya particularidad al momento de dosificar utiliza una bomba para succionar el exceso de líquido obteniendo así fluidos uniformes, para el modelo a gravedad se utilizara la presión en el interior de la botella que se genera al momento que se hace sello con las boquillas así se realizara el reemplazo en el sistema de succión y reducirá costos.

A continuación en la *figura 3.25* se muestra el prototipo de la boquilla con sus respectivas partes.

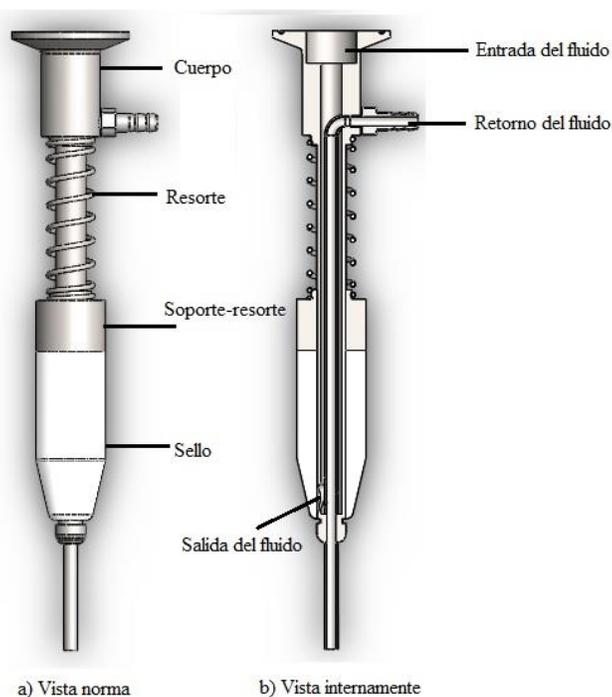


Figura 3.25 Boquilla a gravedad.

3.9.1 Cálculos de resorte.

El resorte de la válvula que permite la apertura, debe estar diseñado de tal forma que al hacer contacto con la botella, la fuerza no deforme y permita realizar un buen sello. Se establece condiciones de diseño los cuales se muestran en la *tabla 3.41*.

Tabla 3.41
Condiciones de diseño

Condiciones de Diseño	
$4 \leq C \leq 12$	C= Índice del resorte
$3 \leq N_a \leq 15$	N _a = # espiras activas
$\epsilon \geq 0,15$	ϵ = Linealidad Robusta
$n_s \geq 1,2$	n _s = Factor de seguridad
$c = 10 \text{ mm}$	Desplazamiento lineal

Nota: Condiciones para fabricar un resorte según [13].

En la siguiente *figura 3.26*, se observa el diagrama de operación de un resorte con las respectivas variables a calcular para el diseño.

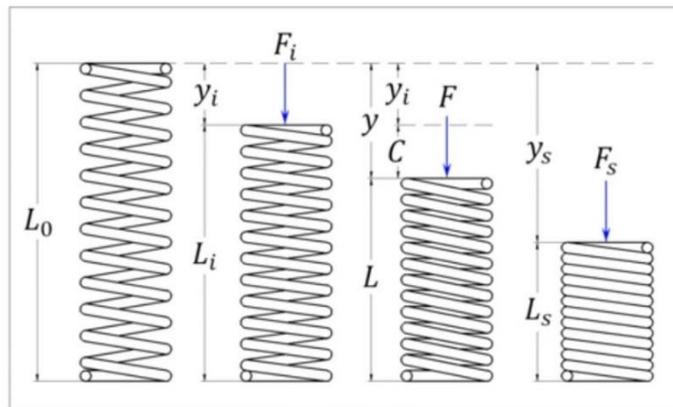


Figura 3.26. Diagrama de operación de un resorte

Donde

L_0 = Longitud Libre (mm).

Y_i = Longitud de precarga (mm).

F_i = Fuerza de precarga (N), válvula cerrada 11kg.

F = Fuerza de operación (N), al momento de la apertura de la válvula 13kg.

y = Longitud de operación (mm).

Y_s = Longitud de sólida (mm).

La constante de elasticidad del resorte por definición es la fuerza entre una distancia que se muestra en la ecuación 17 [13].

$$K = \frac{F_i}{y_i} = \frac{F}{y} = \frac{F}{y_i + c} \quad (17)$$

La fuerza de operación:

$$F = m * g = 13kg * 9,81 m/s^2$$

$$F = 127,53 [N]$$

La fuerza de precarga:

$$F_i = m * g = 11kg * 9,81 m/s^2$$

$$F_i = 107,91 [N]$$

Se realiza el despeje de (y_i) y se calcula la constante de elasticidad:

$$y_i = \frac{c}{\frac{F}{F_i} - 1}$$

$$y_i = 55 [mm]$$

$$K = \frac{107,91}{55} = 1,96 [N/mm]$$

Despejando la ecuación 9 se encuentra el valor de deformación (y):

$$y = \frac{127,53 N}{1,96 N/mm} = 65 [mm]$$

El material para el resorte será de acero inoxidable A313 que incluye 304, debido a que se trabajara con fluidos, presenta buena resistencia a la oxidación y soporta mayores esfuerzos a cargas repetidas. Otro factor de diseño que se tendrá en cuenta es el tipo de extremos del resorte, el cual será extremos a escuadra o cerrados, el proceso de diseño y demás variables se lo muestra en la *figura 3.27*, en el cual diámetro “ d ” a calcular se elegirá el adecuado, por ende se realiza una tabla con varios diámetros para seleccionar el ideal.

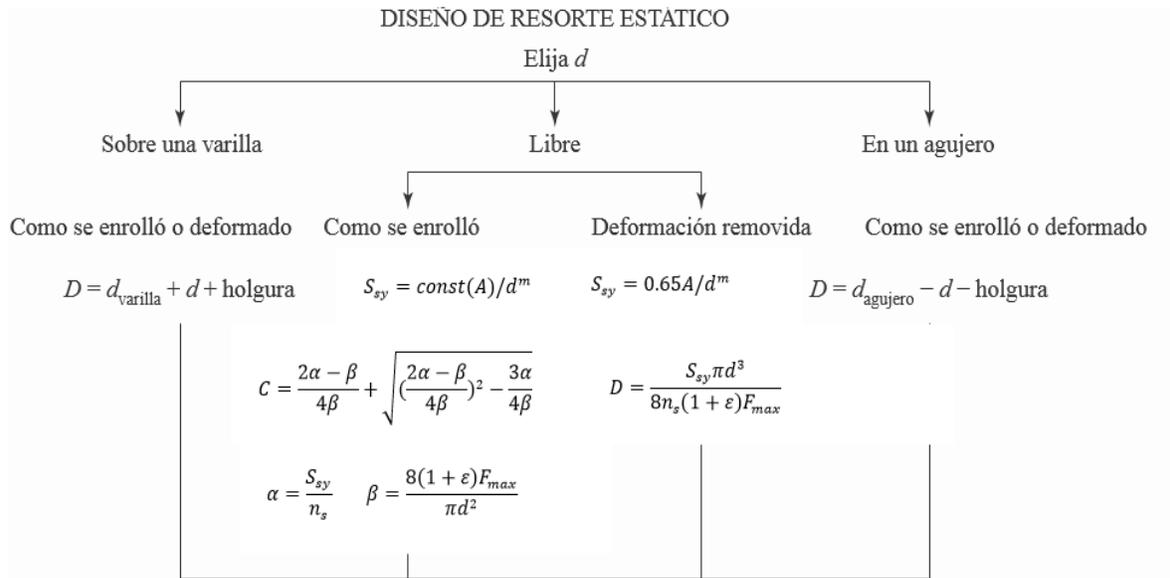


Figura 3.27. Proceso para el diseño de un resorte [13].

Siguiendo los pasos de diseño se elegirá un diámetro $d = 1,5\text{mm}$; con ellos se calculará D_{resorte} debido a que el resorte estará trabajando sobre varilla de diámetro 12 mm con una holgura de 0,5 mm.

Entonces se tiene:

$$D_{\text{resorte}} = 12\text{ mm} + 1,5\text{mm} + 0,5\text{ mm}$$

$$\mathbf{D = 14 [mm]}$$

El índice del resorte C se obtiene con la ecuación 18 [13]:

$$C = \frac{D}{d} \quad (18)$$

$$\mathbf{C = 9,33}$$

Los diámetros interior y exterior del resorte son:

$$DE = D + d = 14\text{mm} + 1,5\text{mm} = \mathbf{15,5 [mm]}$$

$$DI = D - d = 14\text{mm} - 1,5\text{mm} = \mathbf{12,5 [mm]}$$

El factor de aumento de esfuerzo cortante de Bergstrasser KB se expresa en la ecuación 19 [13].

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3} \quad (19)$$

$$K_B = \frac{4(9,33) + 2}{4(9,33) - 3} = \mathbf{1,15}$$

Se calculara las espiras activas del resorte con la ecuación 20 [13]:

$$N_a = \frac{Gd^4 y_{m\acute{a}x}}{8D^3 F_{m\acute{a}x}} \quad (20)$$

Donde $G = 69 \text{ GPa}$ (Módulo de elasticidad), este valor se toma de las propiedades mecánicas del material el cual se muestra en el Anexo VIII.

$$N_a = \mathbf{8,11}$$

Las espiras totales serán la suma de las aspiras activas y las espiras muertas, ocasionado en los extremos del resorte tal como se muestra en la *tabla 3.42*.

Tabla 3.42
Tipo de extremos

Término	Tipo de extremos de resortes			
	Plano	Plano y esmerilado	A escuadra y cerrado	A escuadra y esmerilado
Espiras de extremo, N_e	0	1	2	2
Espiras totales, N_t	N_a	$N_a + 1$	$N_a + 2$	$N_a + 3$
Longitud libre, N_e	$pN_a + d$	$p(N_a + 1)$	$pN_a + 3d$	$pN_a + 2d$
Longitud Sólida, N_e	$d(N_t + 1)$	dN_t	$d(N_t + 1)$	dN_t
Paso, p	$(L_0 + d) / N_a$	$L_0 / (N_a + 1)$	$(L_0 - 3d) / N_a$	$(L_0 - 2d) / N_a$

Nota: Se selecciona a escuadra y esmerilado porque con este tipo de extremos se obtiene una mejor transferencia de carga según [13]

Se calcula el número total de espiras:

$$N_t = N_a + 2 = 8,11\text{mm} + 2\text{mm} = \mathbf{10,11 \text{ mm}}$$

Se calculan todas las longitudes de operación del resorte: longitud sólida, libre, de instalación y de trabajo:

$$L_s = d(N_t + 1) = 1,5(10,11 + 1) = \mathbf{16,67 \text{ [mm]}}$$

$$L_0 = L_s + (1 + \varepsilon)y = 16,67 + (1 + 0,15) * 65 = \mathbf{91,42 [mm]}$$

$$L_i = L_0 - y_i = 91,42 - 55 = \mathbf{36,42 [mm]}$$

$$L = L_0 - y = 91,42 - 65 = \mathbf{26,42 [mm]}$$

Se calcula una cifra de mérito que auxilie en la comparación del costo de fabricación del resorte, se calcula en base al volumen del material a utilizar y el costo relativo del material, se representa por la ecuación 21 [13] :

$$cdm = -CRM \frac{\pi^2 d^2 N_t D}{4} \quad (21)$$

Donde:

CRM = (costo relativo del material = 7,6 ver en el Anexo IX)

$$cdm = -590,69$$

En la *tabla 3.43* se muestra un resumen de cálculos realizados con varios diámetros, en nuestro caso el diámetro que cumple con las condiciones de diseño es de 1,5 mm.

Tabla 3.43

Tabla con distintos diámetros.

DATOS PARA EL RESORTE F=127,53N						CONDICIONES DE DISEÑO
D	(mm)	0,5	1	1,5	2	
Sut	Mpa	2065,83	1867,00	1759,69	1687,31	
Ssy	Mpa	723,04	653,45	615,89	590,56	
G	Gpa	69	69	69	69	
KB		1,05	1,09	1,15	1,20	
DE	(mm)	13,50	14,50	15,50	16,50	
DI	(mm)	12,5	12,5	12,50	12,5	
Na		0,13	1,79	8,11	23,07	4<=C<=12
Nt		2,13	3,79	10,11	25,07	3<=Na<=15
Ls	(mm)	1,56	4,79	16,67	52,14	ε=0,15
L0	(mm)	76,31	79,54	91,42	126,89	n=1,2
C	(mm)	28,00	14,00	9,33	7,00	
Cdm		-129,51	-958,63	5972,16	27268,54	

Nota: El diámetro que está sujeto a las condiciones de diseño es de 1,5 mm

Para nuestro diseño del resorte el diámetro será 1,5 mm en acero inoxidable 304, con extremos a escuadra o cerrados debido a que estará apoyados en superficies planas; los datos más importantes se los puede observar en la *figura 3.28*.

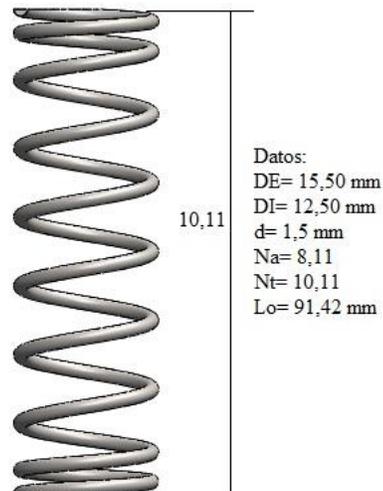


Figura 3.28. Datos de diseño para resorte de la boquilla

3.10 Cálculo de estructura del tanque

Para la estructura del tanque se utilizó un tubo cuadrado de 40x40 en espesor de 1,5 mm en acero inoxidable, se procede hacer los cálculos para determinar la resistencia del material con respecto al esfuerzo que estará sometido por la carga del fluido, se calcula la fuerza total mediante la ecuación 10.

$$MasaTotal = M_{tanque} + M_{fluido\ tanque+cono} + M_{distribuidor} + M_{cono} + M_{accesorios}$$

$$MasaTotal = 45kg + (361,63kg + 36,55kg) + 5,098kg + 6.72kg + 30kg$$

$$MasaTotal = 484,99\ kg$$

$$F = 4757,85\ [N]$$

La fuerza calculada se divide para 3; para nuestro diseño se distribuirá el tubo cuadrado alrededor del tanque para obtener una mejor distribución del peso, entonces se obtendrá lo siguiente:

$$F = \frac{(4757,85)}{3} = 1585,95 \text{ [N]}$$

Se realiza un diagrama de cuerpo libre para representar las fuerzas que ejercen en la estructura y se muestra en la figura 3.29

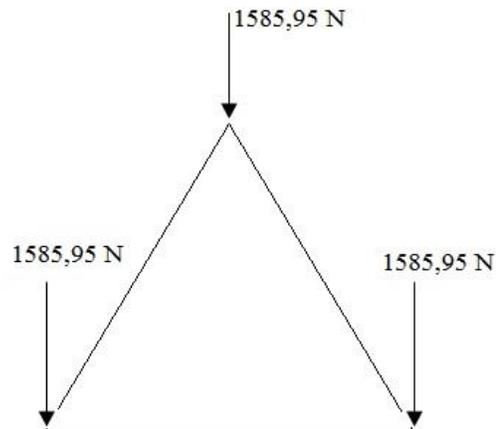


Figura 3.29. Diagrama cuerpo libre - Distribución de fuerzas

3.10.1 Análisis de fuerza y momentos en la estructura.

Se procede hacer un análisis de las fuerzas y momentos que se generan en la estructura de la máquina, se cuenta con 3 estructuras principales de igual magnitud por lo tanto el estudio se lo hará en una sola columna de la estructura, en la figura 3.30 se muestra la fuerza y momento que se genera en el tubo cuadrado.

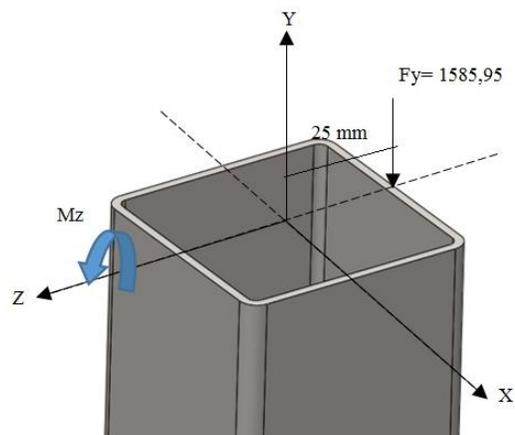


Figura 3.30. Fuerza y momento sobre la estructura (SOLIDWORKS)

Se determina una carga de compresión y un momento flector, se presenta un modelo matemático para encontrar estos esfuerzos el cual se muestra en la ecuación 22 [7].

$$\sigma = \frac{F}{A} + \frac{M_y C_y}{I_y} \quad (22)$$

Donde:

F/A = Fuerza axial (Fuerza /Área).

M_y = Momento flector “y”.

C_y = Centro de gravedad.

I_y = Momento de inercia con respecto al eje y.

Para el estudio se determinó un tubo de 40 x 40 x 1,5 mm, se calcula el área del tubo cuadrado tal como se muestra en la *figura 3.31*.

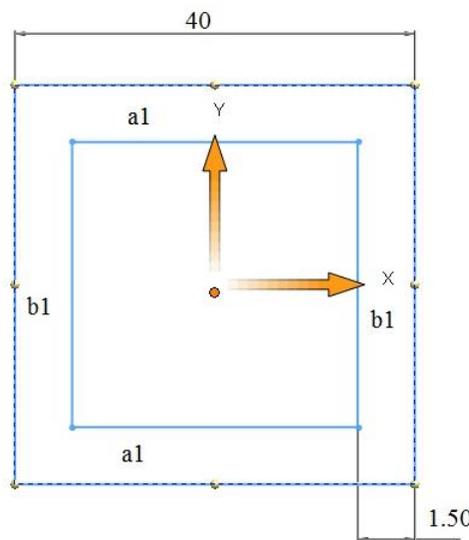


Figura 3.31. Tubo cuadrado 40x40x1.5.

Se procede a calcular el área total del tubo cuadrado mediante la ecuación 23 [7].

$$A = b * h \quad (23)$$

Entonces se tiene el área total:

$$a_1 = 40 * 1,5 = 60 [mm]$$

$$b_1 = 37 * 1,5 = 55,5 [mm]$$

$$a_t = 2(60) * 2(55,5) = 231 [mm^2]$$

Se calcula el momento de inercia con respecto al eje “y” utilizando el teorema de Steiner y se muestra en la ecuación 24 [7].

$$I_y = \frac{hb^3}{12} * A_t d^2 \quad (24)$$

Donde:

h=Altura en mm

b=base en mm

At=área de cada sección del tubo cuadrado (a1, b1) en mm

d= distancia en mm

Se calculó los momentos de inercia y se obtiene los siguientes resultados:

$$I_{y1} = \frac{1,5 * 40^3}{12} * 60 * (20 - 20)^2 = 8000 [mm^4]$$

$$I_{y2} = \frac{37 * 1,5^3}{12} * 55,5 * (20 - 0,75)^2 = 20576,63 [mm^4]$$

Se calcula el momento de inercia total y se tiene:

$$I_{yt} = 2(8000) + 2(20576,63) = 57153,26 [mm^4]$$

Se calcula el momento de inercia M_y mediante la ecuación 25 [13], donde se representa fuerza por distancia.

$$M = Fxd \quad (25)$$

Entonces se tiene el siguiente resultado:

$$M_y = 1585,95 * 25$$

$$M_y = 39648,75 [N - mm]$$

Se calcula el esfuerzo total mediante la ecuación 22 y se tiene:

$$\sigma = 20,74 [MPa]$$

Para calcular el factor de seguridad se realiza mediante la teoría de energía de distorsión el cual está representado por la ecuación 26 [7].

$$\sigma' = \sigma_x = \frac{S_y}{n} \quad (26)$$

Donde:

S_y = Resistencia de tensión a la fluencia 206 MPa [13].

n = Factor de seguridad.

Se reemplaza valores en la ecuación 26 y se obtiene el siguiente resultado.

$$n_s = \frac{206}{6,78} = 29,98$$

En la *tabla 3.44* se muestran los resultados del esfuerzo y factor de seguridad, se tiene un factor de seguridad alto porque el análisis esta realizado en una solo columna (tubo cuadrado).

Tabla 3.44
Resultados Analíticos

	Analíticamente
Esfuerzo Axial	$\sigma = 6,87 [MPa]$
Factor de Seguridad	$n_s = 29,98$

Nota: Resultados obtenidos de un tubo cuadrado 40x40x1, 5 mm

Se procede verificar los resultados obtenidos analíticamente mediante una herramienta computacional; los resultados se muestra en la *figura 3.32*.

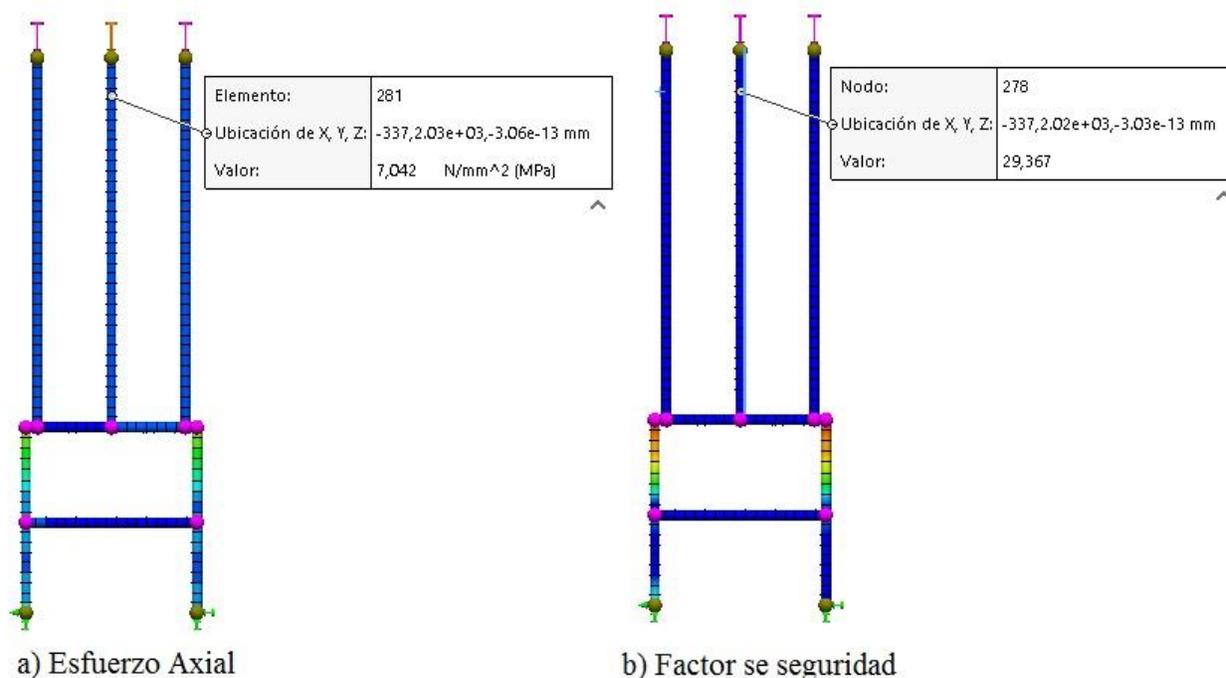


Figura 3.32. a) Esfuerzo Axial, b) Factor de seguridad (SOLIDWORKS)

Se realiza una tabla comparativa para presentar los resultados obtenidos los cuales se muestran en la *tabla 3.45*.

Tabla 3.45
Tabla Comparativa de Resultados

	Analíticamente	Software
Esfuerzo Axial	$\sigma = 6,87 \text{ MPa}$	$\sigma = 7,042 \text{ MPa}$
Factor de seguridad	$n_s = 29,98$	$n_s = 29,367$

Nota: Resultados obtenidos de SOLIDWORKS.

3.10.1.1 Margen de error de resultados obtenidos

Se procede a calcular el margen de error que existen entre los resultados analíticos y del software mediante la siguiente fórmula.

$$error = \frac{\text{Calculo Analítico} - \text{Calculo Software}}{\text{Calculo Analítico}} * 100$$

Margen de error del esfuerzo axial:

$$error = \frac{6,87 - 7,042}{6,87} * 100 = 2,5\%$$

Margen de error del factor de seguridad:

$$error = \frac{29,98 - 29,367}{29,98} * 100 = 2,04\%$$

El rango de error es mínimo, esto sucede porque no se selecciona como área neta todo el cuadrado sin tomar en cuenta los bordes o chaflanes, al corregir con el área real del software el cual es $225,21 \text{ mm}^2$ se obtiene:

$$\sigma = \frac{1585,95}{225,21} = 7,042 \text{ MPa}$$

El mismo caso sucede con el factor de seguridad, al corregir el error se determina que tanto el resultado analítico como de SOLIDWORKS son iguales por tanto se realiza las demás simulaciones respectivas para comprobar los resultados y verificar si el material resiste.

3.10.2 Resultados de la simulación.

Se realiza una simulación en SOLIDWORKS de toda la estructura para determinar los esfuerzos combinados, los puntos críticos, el factor de seguridad; el material de la estructura es de acero inoxidable AISI 304. El modelo falla cuando los esfuerzos superan el límite elástico del material, en la simulación es fácil comprobarlo a través del factor de seguridad y a su vez identifica los puntos críticos máximos y mínimos donde falla el material mediante un escala de colores.

3.10.3 Máximo esfuerzo.

Como se muestra en la *figura 3.33* el máximo esfuerzo de la estructura se encuentra en el tubo central, este esfuerzo se produce porque no posee un apoyo adicional, a pesar que la fuerza está

distribuido en iguales magnitudes, los tubos generan puntos críticos, también se aprecia el esfuerzo máximo de 69,78 MPa y con esto se concluye que es menor al esfuerzo admisible y está dentro del límite.

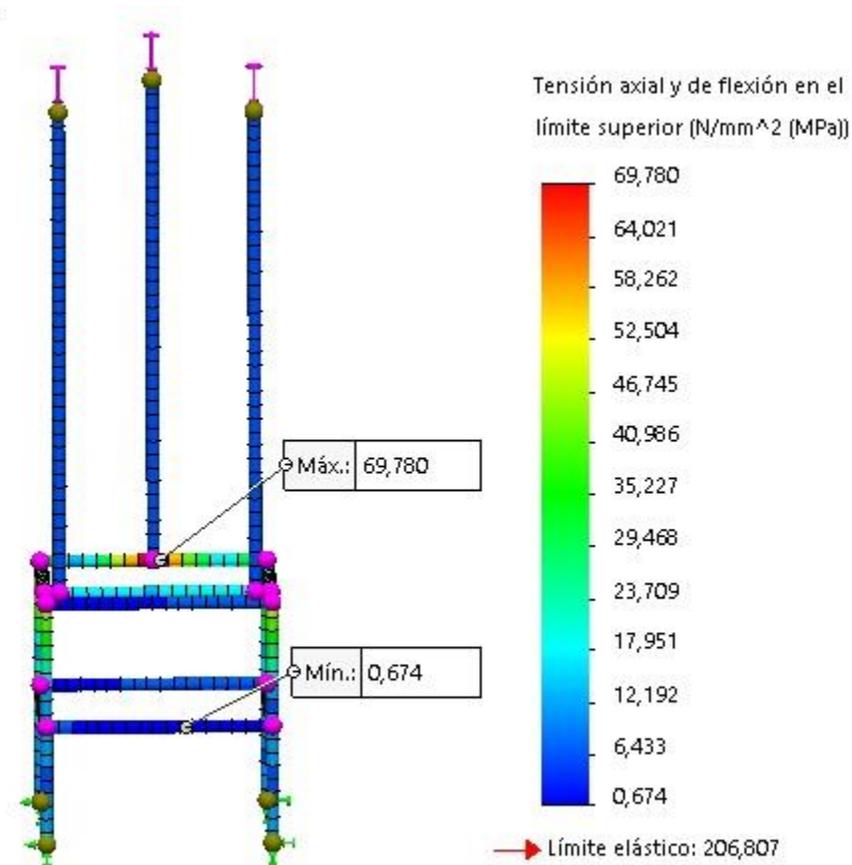


Figura 3.33. Máximo Esfuerzo de la Estructura (SOLIDWORKS)

3.10.4 Factor de seguridad

En la *figura 3.35* se observa el factor de seguridad, este se produce en el tubo central de la estructura, en el mismo lugar donde se encuentra la tensión máxima analizada anteriormente.

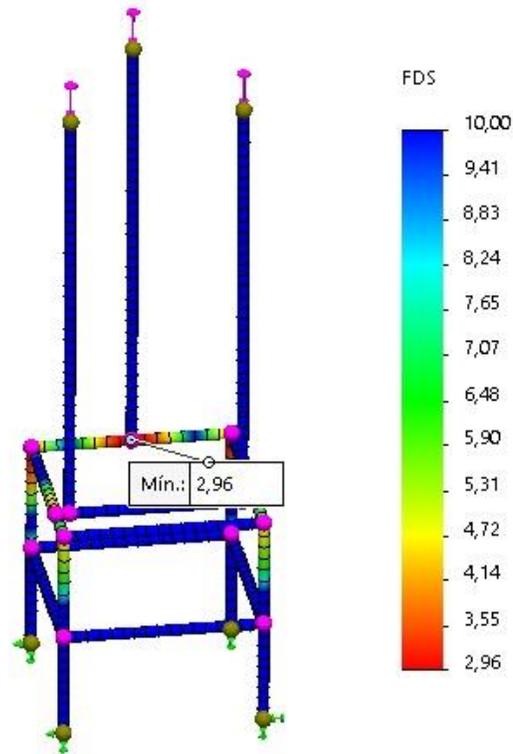


Figura 3.35. Factor de Seguridad (SOLIDWORKS)

“ $N= 2,0$ a 2.5 . Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño [7]”. El factor de seguridad mínimo es de 2.96 , este dato representa un margen de diseño aceptable para diseño de elementos de máquina.

3.11 Sistema electrónico y de control.

Para el sistema electrónico se utilizó un Arduino mega 2560 ver en el Anexo XI, en el proceso solo se controlara actuadores, sensores y una pantalla para poder visualizar el volumen del tanque.

Para el control de actuadores se optó por un módulo de relés de $24Vc$, para visualizar el volumen y demás parámetros del proceso de dosificado se utilizó un pantalla arduino TFT de $3.5''$, el sensor a utilizar para medir el nivel del líquido es de ultrasonido HC-SR01.

3.12 Ensamble de tablero de control de la máquina.

Se procede armar todos los componentes electrónicos para luego montar en la máquina y realizar las respectivas pruebas tal como se muestra en la *figura 3.36*.



Figura 3.36. Montaje de tablero de control y componentes electrónicos

3.13 Análisis de costo del proyecto

Se detallan los costos que se realizaron a lo largo del proceso de investigación para construir la máquina, estos rubros constan de materiales, manufactura, acabados de la máquina, componentes eléctricos y electrónicos, los costos directos se detalla en la *tabla 3.46*.

Tabla 3.46

Costos directos de fabricación.

COSTOS DIRECTOS DE FABRICACIÓN	
Detalle	Costos
Sistema Electrónico	\$ 200,00
Sistema Neumático	\$ 256,86
Planchas de acero inoxidable	\$ 435,60
Tubo cuadrado 40x40	\$ 120,00
Accesorios de la máquina	\$ 180,00
Mano de Obra	\$ 1.500,00
Total	2.692,46

Nota: Gastos directos para construcción de la máquina dosificadora de licor.

Se detallan los costos indirectos de fabricación

Tabla 3.47
Costos Indirectos

COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN	
Transporte	\$ 200,00
Internet	\$ 90,00
Total	\$ 290,00

Nota: Costos indirectos.

3.13.1 Costo total.

Como se observa en la *tabla 3.48* el costo total de la fabricación de la máquina esta alrededor de \$ 3982,46.

Tabla 3.48
Costo Total de la máquina

COSTO TOTAL	
Costos directos e fabricación	\$ 2692,46
Diseño de Ingeniería	\$1000,00
Costos indirectos de fabricación	\$ 290
Total	\$ 3982,46

Nota: Costo total de la construcción de la máquina.

CAPÍTULO IV

4 Análisis de resultados

El diseño de la máquina ha cumplido con todos los objetivos planteados. Después de haber hecho una investigación previa a la construcción, después de haber realizado pruebas y corregido errores se llegó a resultados satisfactorios.

4.1 Pruebas de funcionamiento

Con la máquina ensamblada se procede hacer las respectivas pruebas con tres fluidos diferentes, leche, agua y licor “Tardón Mireño” para la toma de datos, tiempos de llenado y niveles correctos de las botellas, para verificar los niveles correctos de llenado se optó por pesar cada una de las botellas.

4.1.1 Pruebas con Agua

Se realiza una tabla estadística, los datos obtenidos al dosificar agua con un volumen máximo véase en la *tabla 4.1*.

Tabla 4.1

Muestra de datos - Llenado de botellas con agua volumen al máximo.

Cantidad	B1 (gr)	B2 (gr)	B3 (gr)	B4 (gr)	Tiempo
4	2590	2592	2590	2592	11 s
4	2590	2591	2590	2590	11 s
4	2592	2593	2592	2590	11 s
4	2591	2593	2592	2591	11 s
4	2593	2592	2590	2591	11 s
4	2592	2593	2592	2590	11 s
24	2591,33	2592,33	2591,00	2590,67	

Nota: B1= boquilla 1, B2= boquilla 2, B3= boquilla 3, B4= boquilla 4.

El error porcentual, se calcula la media aritmética de las muestra de la tabla 49 mediante la ecuación 27.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (27)$$

La pérdida total de la capacidad del tanque es:

$$p = 0,0005 * 273 = \mathbf{0,14 [lts]}$$

Con un volumen al máximo se tiene una pérdida total de 140 ml en 273 litros que representa un 0,02% de error el cual está dentro del margen requerido por el cliente, con un tiempo de llenado de 11 s.

Se realiza una tabla estadística con el volumen crítico del tanque el cual se encuentra en el cono, los datos se observa en la *tabla 4.2*.

Tabla 4.2

Muestra de datos - Llenado de botellas con agua volumen crítico.

Cantidad	B1 (gr)	B2 (gr)	B3 (gr)	B4 (gr)	Tiempo
4	2585	2582	2583	2582	15 s
4	2579	2581	2583	2581	15 s
4	2582	2583	2579	2578	15 s
4	2578	2583	2582	2579	15 s
4	2579	2580	2582	2580	15 s
4	2582	2585	2578	2580	15 s
24	2580,83	2582,33	2581,17	2580,00	

Nota: B1= boquilla 1, B2= boquilla 2, B3= boquilla 3, B4= boquilla 4.

La media aritmética es:

$$\bar{x} = 2581,08 [gr]$$

El error se presenta por la siguiente expresión.

$$error_1 = 2581,08 - 2580,83 = 0,25 [gr]$$

$$error_2 = 2581,08 - 2582,33 = 1,25 [gr]$$

$$error_3 = 2581,08 - 2581,17 = 0,08 [gr]$$

$$error_4 = 2581,08 - 2580,00 = 1,08 [gr]$$

El error promedio total es:

$$\mathbf{Error}_{promedio} = \frac{error_{total}}{\bar{x}} * 100 = \mathbf{0,03\%}$$

Se procede a determinar cuánto es la *pérdida* (p) en mililitros mediante la densidad del agua la cual es 998 kg/m^3 ; aplicando regla de 3 se obtiene:

$$p = 0,0007 \text{ [lts]}$$

La *pérdida* total de la capacidad del tanque es:

$$p = 0,0007 * 273 = \mathbf{0,18 \text{ [lts]}}$$

Con el volumen crítico se tiene una *pérdida* total de 180 ml en 273 litros que representa un 0,03% de error el cual está dentro del margen requerido por el cliente, con un tiempo de llenado de 15 s, en la *figura 4.1* se observa la prueba realiza con agua.



Figura 4.1. Pruebas con Agua

4.1.2 Pruebas con Leche.

Se realiza una tabla estadística, los datos obtenidos al dosificar leche con un volumen crítico se observan en la *tabla 4.3*.

Tabla 4.3

Muestra de datos - Llenado de botellas con leche volumen crítico.

Cantidad	B1 (gr)	B2 (gr)	B3 (gr)	B4 (gr)	Tiempo
4	2580	2594	2626	2648	15 s
4	2616	2596	2650	2646	15 s
4	2642	2610	2648	2648	15 s
4	2642	2648	2636	2630	15 s

4	2646	2624	2640	2646	15 s
4	2572	2634	2650	2636	15 s
24	2616,33	2617,67	2641,67	2642,33	

Nota: B1= boquilla 1, B2= boquilla 2, B3= boquilla 3, B4= boquilla 4.

La media aritmética es:

$$\bar{x} = 2629,50 \text{ [gr]}$$

El error se presenta por la siguiente expresión.

$$error_1 = 2629,50 - 2616,33 = 12,17 \text{ [gr]}$$

$$error_2 = 2629,50 - 2617,67 = 11,83 \text{ [gr]}$$

$$error_3 = 2629,50 - 2641,67 = 12,17 \text{ [gr]}$$

$$error_4 = 2629,50 - 2642,33 = 12,83 \text{ [gr]}$$

El error promedio total es:

$$Error_{promedio} = \frac{error_{total}}{\bar{x}} * 100$$

$$Error_{promedio} = 0,47\%$$

Se procede a determinar cuánto es la *pérdida* (p) en mililitros mediante la densidad del agua la cual es 1030 kg/m^3 ; aplicando regla de 3 se obtiene:

$$p = 0,012 \text{ [lts]}$$

La *pérdida* total de la capacidad del tanque es:

$$p = 0,012 * 273 = 3,2 \text{ [lts]}$$

Con el volumen crítico se tiene una *pérdida* total de 3200 ml en 273 litros que representa un 0,47% de error el cual está dentro del margen requerido por el cliente, pero representa una gran *pérdida*, con un tiempo de llenado de 11 s, esto se debe a la viscosidad de la leche en su estado natural, en la *figura 4.2* se observa la prueba realizada con leche.



Figura 4.2. Pruebas con leche

4.1.3 Pruebas con Licor “Tardón”.

Se realiza una tabla estadística, los datos obtenidos al dosificar licor con el volumen crítico se observan en la *tabla 4.4*.

Tabla 4.4

Muestra de datos - Llenado de botellas con licor volumen crítico.

Cantidad	B1 (gr)	B2 (gr)	B3 (gr)	B4 (gr)	Tiempo
4	2646	2640	2646	2640	15 s
4	2618	2642	2650	2646	15 s
4	2646	2641	2648	2648	15 s
4	2650	2635	2640	2650	15 s
4	2642	2650	2640	2642	15 s
4	2642	2646	2650	2646	15 s
24	2640,67	2642,33	2645,67	2645,33	

Nota: B1= boquilla 1, B2= boquilla 2, B3= boquilla 3, B4= boquilla 4.

La media aritmética es:

$$\bar{x} = 2643,50 \text{ [gr]}$$

El error se presenta por la siguiente expresión.

$$\text{error}_1 = 2643,50 - 2640,67 = 2,83 \text{ [gr]}$$

$$error_2 = 2643,50 - 2642,33 = 1,17 [gr]$$

$$error_3 = 2643,50 - 2645,67 = 2,17 [gr]$$

$$error_4 = 2643,50 - 2645,33 = 1,83 [gr]$$

El error promedio total es:

$$Error_{promedio} = \frac{error_{total}}{\bar{x}} * 100 = \mathbf{0,08\%}$$

Se procede a determinar cuánto es la *pérdida* (p) en mililitros mediante la densidad del agua la cual es $1048,19 \text{ kg/m}^3$; aplicando regla de 3 se obtiene:

$$p = 0,002 [lts]$$

La pérdida total de la capacidad del tanque es:

$$p = 0,002 * 273 = \mathbf{0,52 [lts]}$$

Con el volumen crítico se tiene una pérdida total de 520 ml en 273 litros que representa un 0,08% de error el cual está dentro del margen de error requerido por el cliente, en la *figura 4.3* se observa la prueba realiza con licor "Tardón".



Figura 4.3. Pruebas con licor "Tardón"

4.1.4 Análisis de resultados y validación de la máquina.

Para la validación del funcionamiento de la máquina se hace un análisis de los resultados obtenidos los cuales se muestran en la *tabla 4.5*.

Tabla 4.5
Resultados con diferentes fluidos

	Densidad kg/m^3	Error %	Pérdida total capacidad 273 lts
Agua	998,00	0,03	0,18
Leche	1030,00	0,47	3,2
Licor “Tardón”	1048,19	0,08	0,52

Se válida el funcionamiento de la máquina tanto para el agua como para licor excepto para la leche que pesar que está dentro del margen de error del 2%, representa una gran pérdida en dosificadas grandes; con el volumen critico se obtuvo resultados que son aceptables que están dentro del margen de error pero no en los tiempos de llenado por lo tanto se recomienda trabajar sobre ese nivel crítico para aumentar la velocidad de llenado.

4.1.5 Evaluación financiera de la máquina.

Se realiza un análisis financiero del proyecto para verificar la rentabilidad de la máquina, se procede a determinar el precio de venta de la máquina.

$$PV_{\text{mínimo}} = \left(\sum \text{costos} + \sum \text{Gastos} \right) * \left(1 + \sum \% \right)$$

Donde:

TMAR= Tasa de préstamo de consumo (16,67 %)

FR= Factor de reserva (10%)

IR= Impuesto a la Renta (5%)

Utilidad= 20%

El precio de venta mínima de la máquina es:

$$PV_{\text{mínimo}} = (3982,46) * (1 + 51,67\%)$$

$$PV_{\text{mínimo}} = \$ 6040,19$$

El precio de venta es \$ 6040,19 dólares, este dato se toma como inversión inicial y se procede hacer una evaluación financiera para determinar en qué tiempo se recupera la inversión, en la *tabla 4,6* se determina el gasto para producir una botella de licor artesanal.

Tabla 4.6

Gastos para fabricación por botella de 750 ml

Gasto por botella de licor					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	c/u	Total
1	Naranjas	m	7	\$ 0,10	\$ 0,70
2	Botella 750 ml	u	1	\$ 0,75	\$ 0,75
3	Aguardiente	ml	1	\$ 0,50	\$ 0,60
4	Etiqueta	u	1	\$ 0,05	\$ 0,05
1	Azúcar	gr	1	\$ 0,10	\$ 0,20
Total					2,35

Nota: Gastos de producción por botella, Referencia [14]

4.1.5.1 Precio de venta.

La producción mensual de este licor es de 1500 litros mensuales que representa una producción de 2000 botellas de 750 ml [14].

La producción anual será:

$$P_{\text{anual}} = 2000 * 12 = \mathbf{24000 \text{ Botellas}}$$

Se determina los costos de fabricación, en la *tabla 4.7* se muestra los gastos de mano de obra directa.

Tabla 4.7

Gasto Mano de Obra

Mano de Obra						
	Salario	IESS 10,45%	Décimo 3	Décimo 4	Epp	Total
Técnico	\$ 394	\$ 41,17	\$ 32,83	\$ 32,83	\$ 5	\$ 505,84
Obrero	\$ 394	\$ 41,17	\$ 32,83	\$ 32,83	\$ 5	\$ 505,84
Total						\$ 1.011,68

Nota: Cálculo de sueldo de trabajadores que intervienen en la producción del licor.

En la *tabla 4.8* se muestran los gastos del personal administrativo.

Tabla 4.8
Gastos Administrativos

Gastos					
	Salario	IESS 10,45%	Décimo 3	Décimo 4	Total
Gerente	\$ 600,00	\$ 62,70	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 762,70
Contador	\$ 600,00	\$ 62,70	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 762,70
Vendedor	\$ 394,00	\$ 41,17	\$ 32,83	\$ 32,83	\$ 500,84
Servicios Básicos	\$ 100,00				\$100,00
					Total
					\$ 2.126,24

Nota: Cálculo de sueldo de personal administrativo.

Los costos fijos y costos variables son:

$$\text{Costos Fijos} = \$ 1.011,68 + \$ 2.126,24 = \$ \mathbf{3.137,92 \text{ USD}}$$

$$\text{Costos variables} = \mathbf{2,35 \text{ USD}}$$

En la *tabla 4,9* se muestra el precio de venta de cada botella.

Tabla 4.9
Calculo Precio de venta

Costo de Venta por botella	
Detalle	Costo Unitario
Costo fijo anual	1,57
Costo Producción anual	2,35
(=) Costo por botella	3,92
Impuesto (2%)	0,08
Costos (10%)	0,39
Tmar (16,67 %)	0,65
(=)Precio de Venta	5,04

Nota: Costo fijo anual = Costo fijo*12; Costo Producción= Costo variable* 24000.

4.1.5.2 Evaluación de Proyecto de Inversión.

Se analiza que tan rentable es la inversión de la máquina a través de una evaluación económica financiera, este determina en que tiempo se recupera la inversión y su rentabilidad, los datos a tomar en cuenta son:

- Tmar = 16,67 %
- Proyección de incremento de ventas por año = 1%
- Inversión inicial = \$ 6040,19 USD
- Tiempo de préstamo = 5 años
- Precio de venta = \$ 5,04 USD

En la *tabla 4.10* se muestra el análisis de evaluación financiera.

Tabla 4.10
Evaluación de la inversión del proyecto

Evaluación Financiera						
Años	Cantidad	Ingresos	Egresos	F.F	F.F.A	F.A.
0			\$ 6040,19	-\$ 6040,19		
1	24000	\$ 121.020,60	\$ 95.928,67	\$ 25.091,93	\$ 21.506,76	\$ 21.506,76
2	24240	\$ 122.230,81	\$ 96.869,22	\$ 25.361,59	\$ 18.631,94	\$ 40.138,69
3	24482	\$ 123.451,10	\$ 97.817,61	\$ 25.633,49	\$ 16.140,99	\$ 56.279,68
4	24727	\$ 124.686,52	\$ 98.777,76	\$ 25.908,76	\$ 13.983,31	\$ 70.262,99
5	24974	\$ 125.932,02	\$ 99.745,74	\$ 26.186,29	\$ 12.113,73	\$ 82.376,72
Total					\$ 76.336,53	

Nota: FF= Flujo de Fondos, FFA= Flujo Fondos Actualizado, FA= Fondo Acumulado.

Se determina que en el primero año de producción se recupera el dinero invertido, se concluye que por cada dólar que se invierte se tiene una utilidad de \$ 12,64 USD obsérvese en la *tabla 4.11*, con este resultado es viable la inversión, con un tasa de retorno de 416%.

Tabla 4.11
Calculo del VAN

VAN	\$ 76.336,53
T.I.R	416%
VA	\$ 82.376,72
IVAN	\$ 12,64
B/C	\$ 13,64
CAPÍTULO IV	

5 Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Partiendo de las variables que se determinó como la presión, viscosidad, tiempo de vaciado y densidad del fluido, se logró un diseño óptimo que cumple todos los requisitos y necesidades para efectuar la dosificación de líquidos en una medida especificada por el comerciante.
- El diseño de la maquina dosificadora de líquido está enfocado a los comerciantes de bebidas, para mejorar el embasamiento del producto final evitando contaminación del producto.
- El material seleccionado para la estructura y demás elementos que componen la máquina es de acero inoxidable AISI 304 según la normativa NSF International Standard ver Anexo I, el cual se puede adquirir en el mercado nacional por lo que es posible su construcción sin ningún inconveniente.
- El diseño de la máquina cuenta con un FS= 2.96, el cual está dentro del margen de diseño para elementos de máquina.
- Con la implementación de la máquina dosificadora, se ha conseguido mejorar el tiempo de dosificado de 30 segundos a 14 aproximadamente en su volumen crítico y con un volumen máximo a 11 s, con un rango de error del 0,08 % el cual está dentro del margen de error del 2% requerido por el cliente y que representa una pérdida de 520 ml al dosificar 273 litros, siendo un sistema favorable para la dosificación del líquido.

5.2 Recomendaciones.

- Trabajar sobre el nivel crítico del tanque el cual se encuentra en el cono para mantenerse bajo el margen de error de 0,08 % y un tiempo de llenado de 11s.
- Realizar un mantenimiento preventivo del distribuidor, boquillas y empaques cada 3 meses ver Anexo XI Manual de usuario y Mantenimiento.
- Realizar la limpieza de la máquina después de cada producción revisar Anexo XI Manual de usuario y Mantenimiento.
- Implementar un sistema de retorno del líquido al tanque para hacer más eficiente la máquina.

Referencias

- [1] L. D. Miles, *Techniques of Value Analysis and Engineering*, USA: Eleanor Miles Walker, 1989.
- [2] C. R. Romeva, «Métodos de evaluación de soluciones,» de *Diseño Concurrente*, Catalunya, Edicions UPC, 2002, pp. 59-60.
- [3] F. R. Lezama, «GUIA DEL CODIGO ASME SECCIÓN VIII DIVISION 1 TOMO1,» 2018.
- [4] I. J. M. L. Estrada, *Diseño y Cálculo de recipientes a presión*, México: Inglesa, 2001.
- [5] E. F. Megyesy, *Manual de Recipientes a Presión*, México: Editorial LIMUSA, S.A, 1989.
- [6] A. C. Solé, *Neumática e Hidráulica*, España: Marcombo, 2007.
- [7] R. L. Norton, *Diseño de Maquinas*, México: Pearson, 2011.
- [8] Tecnun, «Cálculos en instalaciones neumáticas,» Madrid, 2018.
- [9] AIRMATIC, *Biotecnología Farmacéutica y Alimenticia*, Bogotá, 2006.
- [10] M. R. Spiegel, *Ecuaciones Diferenciales Aplicadas*, México: Hispanoamericana, 1983.

- [11] D. G. Zill, Ecuaciones Diferenciales con aplicaciones de modelado, México: Español, 1997.
- [12] J. Escobar, «Ecuaciones Diferenciales con aplicaciones en Maple,» Antioquia, 2018.
- [13] R. G. Budynas y N. J. Keith , Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Mexico D.F: The McGraw, 2008.
- [14] O. D. Muñoz Franco, *Estudio de Factibilidad para creación de una empresa productora de Tardón industrializado en el cantón MIRA provincia del Carhi*, Ibarra: UTN, 2017.
- [15] E. 21, «Eje 21,» [En línea]. Available: <http://www.eje21.com.co/2017/03/cuatro-asociaciones-de-lecheros-tendran-tanques-de-almacenamiento-y-enfriamiento/>. [Último acceso: 03 04 2018].
- [16] A. Elektro, «Audion Packaging Machines,» Audion Elektro, 1947. [En línea]. Available: <http://www.audion.com/es/productos/moldeado-relleno-y-sellado/sistemas-de-dosificacin/6dosificador-de-volumen-.html>. [Último acceso: 03 04 2018].
- [17] A. S.A, «Astimec S.A,» 1990. [En línea]. Available: <https://astimec.net/producto/llenadora-por-gravedad-neumatica/>. [Último acceso: 03 04 2018].
- [18] Tedmaq, «Tedmaq,» 1988. [En línea]. Available: <http://tedmaq.com/web/productos/empaques-para-alimentos-maquinaría/dosificador-de-piston-liquidos-viscosos-pastosos-tedmaq-detail>. [Último acceso: 03 04 2018].
- [19] V. D. Durable, «Vignerons Developpement Durable,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.v-dd.com/en/actions/toutes-les-actions>. [Último acceso: 15 02 2018].

- [20] TECHMED, «Medical EXPO,» 1998. [En línea]. Available: <http://www.medicalexpo.es/prod/techmed-sp-z-oo/product-99691-735495.html>. [Último acceso: 12 05 2018].
- [21] T. Vinos, «Tome Vinos,» 2009. [En línea]. Available: <https://www.tomevinos.com/soporte-botella>. [Último acceso: 29 05 2018].
- [22] Emaze, «Emaze,» [En línea]. Available: <https://www.emaze.com/@ALQFWROQ>. [Último acceso: 22 05 2018].
- [23] D. Pineda, *Actuador Lineal*, Ibarra, 2016.
- [24] L. Paraguay, «Launch Paraguay,» [En línea]. Available: <http://launchparaguay.com/index.php/about/>. [Último acceso: 22 05 2018].
- [25] F. C. Ltda, «Ferrituvalco,» 1998. [En línea]. Available: <https://www.ferrituvalco.com/>. [Último acceso: 22 05 2018].
- [26] a. asdhjashd y s. ajksdhkashd, «sdas,» de *asdasd*.
- [27] Com-Océan, 15 02 2018. [En línea]. Available: <http://www.v-dd.com/en/actions/toutes-les-actions>.
- [28] Sraml, 15 02 2018. [En línea]. Available: http://sraml.com/es/productos/maquinaria_de_llenado/l_nea_autom_tica_completa_de_embotellamiento/81/mesa_giratoria/.
- [29] Dreamstime, 15 02 2018. [En línea]. Available: https://www.google.com.ec/search?rlz=1C1PRFE_enEC778EC778&biw=1366&bih=613&tbm=isch&sa=1&ei=NiiGWqigHMr2zgLt74aIDQ&q=brazo+robotico+botellas&oq=brazo+robotico+botellas&gs_l=psy-ab.3...3366.5231.0.5480.9.8.0.0.0.0.384.800.0j1j1j1.3.0...0...0...1c.1.64.psy-ab..

- [30] A. B. SRL, 16 02 2018. [En línea]. Available: <http://www.atimexgroup.com.bo/>.
- [31] C. CCL, 16 02 2018. [En línea]. Available: <https://www.central-conveyors.co.uk/conveyors/slat-chain-conveyors/>.
- [32] I. NORTH AMERICA, 19 02 2018. [En línea]. Available: <https://www.mknorthamerica.com/Products/cleanmove-plus-stainless-steel-conveyor-system/>.
- [33] B. Engineering, 28 02 2018. [En línea]. Available: <https://www.bannerengineering.com/mx/es/solutions/clear-or-reflective-object-detection/clear-bottle-detection.html>.
- [34] P. GmbH, 23 03 2018. [En línea]. Available: <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/Rundzylinder-ISO-6432/iso-rundzylinder-8.html>.
- [35] S. LINAK Actuadores, 23 03 2018. [En línea]. Available: <http://www.linak.es/about/?id3=4283>.
- [36] I. MT, 25 03 2012. [En línea]. Available: <http://inoxidablesmt.blogspot.com/2013/04/>.
- [37] Ecuamangueras, 27 03 2018. [En línea]. Available: <http://www.ecuamangueras.com>.
- [38] Mira, 01 04 2013. [En línea]. Available: <http://mira.ec/leyendas-y-tradiciones/el-famoso-tardon/>.
- [39] Eje21, 03 04 2018. [En línea]. Available: <http://www.eje21.com.co/2017/03/cuatro-asociaciones-de-lecheros-tendran-tanques-de-almacenamiento-y-enfriamiento/>.

- [40] S. Sinerges Tecmon, 03 04 2017. [En línea]. Available: <http://www.sinerges.com/transportadores-de-banda-modular>.
- [41] Audion, 03 04 2018. [En línea]. Available: <http://www.audion.com/es/productos/moldeado-relleno-y-sellado/sistemas-de-dosificacin/6dosificador-de-volumen-.html>.
- [42] A. S.A, 03 04 2018. [En línea]. Available: <https://astimec.net/producto/llenadora-por-gravedad-neumatica/>.
- [43] «Tedmaq,» 03 04 2018. [En línea]. Available: <http://tedmaq.com/web/productos/empaques-para-alimentos-maquinaria/dosificador-de-piston-liquidos-viscosos-pastosos-tedmaq-detail>.
- [44] Launch, 2009. [En línea]. Available: <http://launchparaguay.com/index.php/about/>.
- [45] Emaze, 21 05 2018. [En línea]. Available: <https://www.emaze.com/@ALQFWROQ>.
- [46] TECHMED, 22 05 2018. [En línea]. Available: <http://www.medicalexpo.es/prod/techmed-sp-z-oo/product-99691-735495.html>.
- [47] Tomevinos, 29 05 2018. [En línea]. Available: <https://www.tomevinos.com/soporte-botella>.
- [48] M. B. d. I. Andes, 15 09 2018. [En línea]. Available: <http://mira.ec/asociacion-manos-productivas-produce-tardon-mireno/>.
- [49] Ferrituvalco, «Ferrituvalco Cía. Lta.,» 20 09 1998. [En línea]. Available: <https://www.ferrituvalco.com/>.
- [50] B. P. E. (BPE), «Biotecnología Farmacéutica y Alimenticia,» 2018.

ANEXOS

Anexo I:

The average residual soil on the quadrants shall not exceed the predetermined control value for the zone in which the material is located.

Zone	Control Value	Examples
food zone	30 μg	Stainless Steel - No.3 (100 grit) finish
heated food zone	1750 μg	Cast Iron
ice bin materials	650 μg	Rotationally Molded Polyethylene
splash and nonfood zone	220 μg	Hot Rolled Steel

6 Corrosion resistance

6.1 General

Materials shall be corrosion resistant in the intended end use environment. Protective coatings may be used to render a material corrosion resistant, except as prohibited in 7.4, 7.5, and 7.6. Protective coatings shall remain intact under use conditions and shall conform to the applicable requirements in 7.4, 7.5, and 7.6.

NOTE – Materials that are worked (e.g., bent, cut, sheared, extruded, drawn) during equipment fabrication may require additional treatment following fabrication in order to render them corrosion resistant.

6.2 Storage shelving intended for wet environments

Storage shelving that is fabricated, in whole or in part, of metallic materials and is intended for use in refrigerator or freezer interiors or warewashing areas shall not show evidence of corrosion when exposed to 192 hours of testing in accordance with ASTM B 117– 95 *Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus*. Shelving constructed of stainless steel in the American Iron and Steel Institute (AISI) 200 or 300 series is exempt from this requirement. The other requirements of this Standard, including the coating requirements in 7.4 and 7.5, shall also apply to storage shelving.

6.2.1 Test Method

Using a vertical band saw or similar equipment, five test samples shall be cut from the corners of

are blown away to prevent them from becoming embedded in the sample. Samples shall be approximately 8 in. x 11 in. (200 mm x 275 mm) in the horizontal plane. If the shelving has vertical legs or supports, samples shall include a vertical length of approximately 6 in. (150 mm). The total exposed surface area of each sample shall be determined, excluding all surfaces within $\frac{1}{8}$ in. (13 mm) of a cut edge.

Testing shall be conducted in accordance with ASTM B 117– 95 *Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus*. The period of exposure shall be 192 hours. The samples shall be arranged in the salt spray chamber so that salt solution will drip away from the cut edges without contacting the other parts of the sample and without dripping on other samples. At the end of the test, samples shall be gently rinsed with a stream of clean running water at 73°F \pm 10°F (23°C \pm 5°C). Samples shall be allowed to air dry immediately at 73°F \pm 3°F (23°C \pm 2°C). Once dry, samples shall be carefully examined for visible evidence of corrosion, such as blistering, peeling, cracking, or the formation of corrosion products on the sample surface. All surfaces within $\frac{1}{8}$ in. (13 mm) of a cut edge are not considered part of the sample and so evidence of corrosion on these surfaces shall be disregarded.

6.2.2 Acceptance criteria

There shall be no visible evidence of blistering, peeling, cracking on any sample. There shall be no visible evidence of red corrosion products (red rust) on the surface of any sample. White corrosion products shall be limited to 5% or less of the total exposed surface area of any sample.

7 Requirements for specific types of materials

This section establishes limitations on the use of specific types of materials. The intent is to ensure conformance with the requirements in Sections 4 through 6 of this Standard. Additional requirements for some types of materials are also established in this section.

7.1 Stainless steel

7.1.1 Stainless steel used in food equipment shall be of a type in the AISI 200 series, AISI 300 series, or AISI 400 series⁴⁾.

⁴⁾ Under the Unified Numbering System (UNS) these types are designated as S2xxxx, S3xxxx, and S4xxxx, respectively.

Anexo II: Propiedades mecánicas AISI 304



PLANCHAS

COMPOSICION QUIMICA %			PROPIEDADES MECANICAS							
Cr	Mo	Otros Elementos	Pruebas Mecánicas					Pruebas de Dureza		PRUEBA DE FLEXIBILIDAD 180º radio (t, mm)
			Resistencia Mecánica min Kg/mm2	psi	Punto de fluencia ^{T1} min kg/mm2	psi	Elongación % min JIS No 13 (Muestra)	Escala Rockwell B max	Escala de Dureza Vickers más	
16,00 ~ 18,00		N: 0,25 max	65	93,000	25	35,800	40	100	253	
17,00 ~ 19,00		N: 0,25 max	60	85,500	25	35,800	40	95	218	
16,00 ~ 18,00			53	75,800	21	30,000	40	90	200	
17,00 ~ 19,00			53	75,800	21	30,000	40	90	200	
18,00 ~ 20,00			53	75,800	21	30,000	40	90	200	
18,00 ~ 20,00			49	69,500	18	25,500	40	90	200	
17,00 ~ 19,00			49	69,500	18	25,500	40	90	200	
22,00 ~ 24,00			53	75,800	21	30,000	40	90	200	
24,00 ~ 26,00			53	75,800	21	30,000	40	90	200	
16,00 ~ 18,00	2,00 ~ 3,00		53	75,800	21	30,000	40	90	200	
16,00 ~ 18,00	2,00 ~ 3,00		49	69,500	18	25,500	40	90	200	
17,00 ~ 19,00	1,20 ~ 2,75	Cu: 1,00 ~ 2,5	53	75,800	21	30,000	40	90	200	
18,00 ~ 20,00	3,00 ~ 4,00		53	75,800	21	30,000	40	90	200	
18,00 ~ 20,00	3,00 ~ 4,00		49	69,500	18	25,800	40	90	200	
17,00 ~ 19,00		Ti: 5 x C% min	53	75,800	21	30,000	40	90	200	
17,00 ~ 19,00		Nb + Ta: 10 x C% min	53	75,800	21	30,000	40	90	200	

Anexo III: Presión de trabajo código ASME



ACADEMIA DE PROYECTO
CURSO DE RECIPIENTES A PRESION
CODIGO ASME SECCION VIII DIVISION 1

SI EL PARRAFO PRINCIPAL NO APLICA, ENTONCES LOS SUBPARRAFOS NO APLICAN

3 ¿QUÉ SON LOS RECIPIENTES A PRESION?

3.1 DEFINICION

El Código ASME Sección VIII Div. 1, define como Recipiente a Presión, cualquier contenedor cerrado capaz de almacenar un fluido a Presión Manométrica, sea esta interna o externa. Esta Presión puede ser obtenida desde una fuente interna o externa, o por la aplicación de calor desde una fuente directa o indirecta, o cualquier combinación de ellas.

- 1.- Recipientes que contengan agua bajo presión incluyendo aquellos que contengan aire la compresión de los cuales sirva únicamente como amortiguador que excedan:
 - Una Presión de Diseño mayor a 300 PSI.
 - Una temperatura de Diseño mayor a 210 ° F.
- 2.- Tanques de agua caliente calentados por vapor u otros medios indirectos que excedan:
 - Una entrada de calor de 200,000 BTU's/hr.
 - Una temperatura del agua de 210° F.
 - Una capacidad nominal de 120 Galones.
- 3.- Recipientes que tengan un Diámetro Interior, Ancho, Altura o Sección Transversal mayor a 6" sin limitación en longitud o Presión.
- 4.- Recipientes que tengan una Presión de Operación interna o externa mayor a 15 PSI. sin limitación en medidas.
- 5.- Recipientes que tengan una Presión de Diseño que no exceda los 3,000 PSI.

Anexo IV: Análisis del Licor "TARDONCITO"



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)
Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte
Direc: Pasaje Andalucía E12-A y Alfredo Mena Caamaño . Telf.: 2507 138
Personas de Contacto:Quim. Paola Gutiérrez. Telf: 2976300 ext. 4236 e-mail: paola.gutierrez@epn.edu.ec
Tiga. Elisabeth Venegas . Telf.: 2976300 ext. 2122 . e-mail: elisabeth.venegas@epn.edu.ec
Quito- Ecuador



INFORME DE ANÁLISIS ORDEN. DC-OT0051-2018

Proforma:	DC-P0493-2018
Persona que solicita:	DIEGO CONDOR
Fecha de recepción de muestra:	04/05/2018
Fecha de entrega de resultados:	09/05/2018
Análisis solicitados:	Viscosidad, densidad y pH

Importante: Los resultados que constan en el presente informe conciernen exclusivamente a las muestras, artículos o materiales entregados al DECAB y no se extienden a lotes de producción o marcas. La reproducción total o parcial de este informe se la hará previa la autorización expresa del DECAB de la EPN.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)
 Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte
 Direc.: Pasaje Andalucía E12-A y Alfredo Mena Caamaño . Telf.: 2976300
 Personas de Contacto Ing. Silvia Oleas Telf.: 2976300 ext. 4236 e-mail: silvia.oleas@epn.edu.ec
 Tlga. Elisabeth Venegas . Telf.: 2976300 ext. 2122 . e-mail: elisabeth.venegas@epn.edu.ec
 Quito- Ecuador



INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS O TRABAJO

ORDEN: DC-OT0051-2018

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S) Y SERVICIO (S)

Nro. M	ID Muestra	Muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
1	DC-MU4594	LICOR TARDONCITO	DENSIDAD RELATIVA	Bromatología
1	DC-MU4594	LICOR TARDONCITO	pH	Bromatología
1	DC-MU4594	LICOR TARDONCITO	VISCOSIDAD	Bromatología

RESULTADOS :

Muestra	Servicio/Analito	Resultado	Unidades	Método
LICOR TARDONCITO DC-MU4594	DENSIDAD RELATIVA A 20°C	1.0503	d ₂₀	-AOAC 2005 985.19 41.1.06 -INEN 35.
LICOR TARDONCITO DC-MU4594	pH	3.7	pH	-Laboratorio.

MUESTRA	ANALITO-RESULTADOS			UNIDADES	METODO
	VISCOSIDAD , a 20°C, con Spindle 01				
	10 rpm	20 rpm	50 rpm		
LICOR TARDONCITO DC-MU4594	15	18	24.6	c.p.s*	-Manual de operación del Equipo.**
Notas: *c.p.s centipoise **Viscosímetro de torque, BROOKFIELD DIGITAL VISCOSIMETER , Model DV II, RV SPINDLE.					



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)
 Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaute
 Direc.: Pasaje Andalucía E12-A y Alfredo Mena Casamaño . Telf.: 2975300
 Personas de Contacto Ing. Silvia Oleas Telf.: 2976300 ext. 4235 e-mail: silvia.oleas@epn.edu.ec
 Tlga. Elisabeth Venegas : Telf.: 2976300 ext. 2122 e-mail: elisabeth.venegas@epn.edu.ec
 Quito- Ecuador



PROFESIONAL RESPONSABLE
 DEL ANÁLISIS

Rosario Barrera

Dra. Rosario Barrera

AUTORIDAD AUTENTICADORA
 (JEFE DECAB)

Francisco Quiroz

Ing. Francisco Quiroz



QUEJAS Y SUGERENCIAS

El cliente puede canalizar las quejas sobre los resultados de los análisis, sobre el tiempo de entrega del informe, u otro aspecto, a través del Jefe del DECAB, o de la persona Encargada de Recepción de Muestra y Atención al Cliente, ya sea en forma verbal o en forma escrita hasta 8 días después de la entrega del informe. En el DECAB se mantiene un registro de quejas y sugerencias con el fin de mejorar el Servicio al Cliente.

El laboratorio no se responsabiliza por el muestreo realizado antes de la entrega de las muestras al DECAB, pero si se responsabiliza de las muestras recibidas, tal como se las entrega.

Anexo V: Margen de corrosión.

CORROSION

Los recipientes o partes de los mismos que estén sujetos a corrosión, erosión o abrasión mecánica deben tener un margen de espesor para lograr la vida deseada, aumentando convenientemente el espesor del material respecto al determinado por las fórmulas de diseño, o utilizando algún método adecuado de protección (Norma UG-25 b).

Las normas no prescriben la magnitud del margen por corrosión excepto para recipientes con espesor mínimo requerido menor de 0.25 pulg que han de utilizarse para servicio de vapor de agua, agua o aire comprimido, para los cuales indica un margen por corrosión no menor de la sexta parte del espesor de placa calculado. No es necesario que la suma del espesor calculado más el margen por corrosión exceda de 1/4 de pulg. (Norma UCS-25)

Para otros recipientes en los que sea predecible el desgaste por corrosión, la vida esperada del recipiente será la que determine el margen y si el efecto de la corrosión es indeterminado, el margen lo definirá el diseñador. Un desgaste por corrosión de 5 milésimas de pulgada por año (1/16 de pulg en 12 años) generalmente es satisfactorio para recipientes y tuberías.

La vida deseada de un recipiente es una cuestión económica. Los recipientes principales o mayores se diseñan generalmente para una vida larga de servicio (15 a 20 años), mientras que los secundarios o menores para períodos más cortos (8 a 10 años).

No necesita aplicarse el mismo margen por corrosión a todas las partes del recipiente si se esperan diferentes grados de ataque para las distintas partes (norma UG-25 c).

Existen varios métodos diferentes para medir la corrosión. El más simple consiste en taladrar agujeros de prueba (norma UG-25 e) o indicadores de la corrosión.

Los recipientes sujetos a corrosión deberán tener una abertura de purga (norma UG-25 f).

Todos los recipientes de presión sujetos a corrosión, erosión o abrasión mecánica interiores deberán ser provistos con abertura de inspección (norma UG-46).

Para eliminar la corrosión se utilizan materiales resistentes, ya sea como recubrimientos únicamente, o para fabricar todo el recipiente.

Las reglas de los recubrimientos se indican en la norma en la parte UCL, apéndice F y párrafo UG-26.

Anexo VI: Válvula tipo mariposa.

VALVULAS MARIPOSA

SERIE IVM - CONEXION PARA SOLDAR NORMA 3A

Art

Características

Máxima Presión:
145 Psi ~ 10 Bar

Temperatura:
-48 a 135 °C ~ -54 a 275 °F

Temperatura de Esterilización:
150 °C ~ 302 °F (Máx. 20 min.)

Material:
Acero Inoxidable 304 ó 316L

Empaques EPDM:
Agua, Vapor y Acidos diluidos

Empaques Vitón:
Aceite, Químicos, Solventes, Ozono

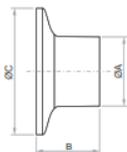
Pulimento interior y exterior:
Ra ≤ 0.8 µm

Ajuste:
Palanca con 3 posiciones, 45° c/u



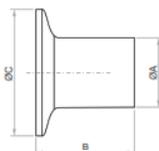
Válvulas Norma 3A - Sello en EPDM

Referencia	Conex.	Inox.	A	B	C	D	E
IVM12106	1"	304	25,4	113,5	44	140	1,65
IVM12108	1 ½"	304	38,1	132,5	48	140	1,65
IVM12110	2"	304	50,8	145	48	140	1,65
IVM12112	2 ½"	304	63,5	163	50	155	1,65
IVM12114	3"	304	76,2	190	56	155	1,65
IVM12118	4"	304	101,6	210	60	155	2,11
IVM12206	1"	316L	25,4	113,5	40	140	1,65
IVM12208	1 ½"	316L	38,1	132,5	50	140	1,65
IVM12210	2"	316L	50,8	145	50	140	1,65
IVM12212	2 ½"	316L	63,5	163	50	155	1,65
IVM12214	3"	316L	76,2	190	50	155	1,65
IVM12218	4"	316L	101,6	210	64	155	2,11



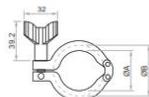
Ferula Corta - Norma BPE

Referencia	Conex.	Inox.	A	B	C
IF52104	1/2"	316L	12,7	12,7	25
IF52105	3/4"	316L	19,1	12,7	25
IF52106	1"	316L	25,4	12,7	50,5
IF52108	1 1/2"	316L	38,1	12,7	50,5
IF52110	2"	316L	50,8	12,7	64
IF52112	2 1/2"	316L	63,5	12,7	77,5
IF52114	3"	316L	76,2	12,7	91
IF52118	4"	316L	101,6	15,8	119



Ferula Larga - Norma BPE

Referencia	Conex.	Inox.	A	B	C
IF52204	1/2"	316L	12,7	44,45	25
IF52205	3/4"	316L	19,1	44,45	25
IF52206	1"	316L	25,4	44,45	50,5
IF52208	1 1/2"	316L	38,1	44,45	50,5
IF52210	2"	316L	50,8	57,15	64
IF52212	2 1/2"	316L	63,5	57,15	77,5
IF52214	3"	316L	76,2	57,15	91
IF52218	4"	316L	101,6	57,15	119
IF52222	6"	316L	152,4	76,2	166,7



Abrazadera Clamp - Norma BPE / 3A / DIN

Referencia	Conex.	Inox.	A	B
IA11105	1/2" - 3/4"	304	20	28
IA11108	1" - 1 1/2"	304	44,4	55,6
IA11110	2"	304	57,8	67
IA11112	2 1/2"	304	71,4	80,6
IA11114	3"	304	84	94,2
IA11118	4"	304	110	122,2
IA11122	6"	304	155,4	170,4



Sellos Para Ferula Clamp - Norma BPE / 3A / DIN

Referencia	Material	Conex.	A	B
ISA1304	SILICONA	1/2"	5	25,2
ISA1305	SILICONA	3/4"	5	25,2
ISA1306	SILICONA	1"	5	50,5
ISA1308	SILICONA	1 1/2"	5	50,5
ISA1310	SILICONA	2"	5,5	64
ISA1312	SILICONA	2 1/2"	5,5	77,5
ISA1314	SILICONA	3"	5,5	91
ISA1318	SILICONA	4"	5,5	119
ISA1322	SILICONA	6"	5,5	166,8
ISA1404	TEFLON	1/2"	5	25,2
ISA1405	TEFLON	3/4"	5	25,2
ISA1406	TEFLON	1"	5	50,5

Anexo VIII: Propiedades Mecánicas.

Tabla 10-5

Propiedades mecánicas de algunos alambres para resorte

Material	Límite elástico, porcentaje de S_{ut} , tensión, torsión		Diámetro d , pulg	E		G	
				Mpsi	GPa	Mpsi	GPa
Alambre de piano A228	65-75	45-60	<0.032	29.5	203.4	12.0	82.7
			0.033-0.063	29.0	200	11.85	81.7
			0.064-0.125	28.5	196.5	11.75	81.0
			>0.125	28.0	193	11.6	80.0
Resorte estirado duro A227	60-70	45-55	<0.032	28.8	198.6	11.7	80.7
			0.033-0.063	28.7	197.9	11.6	80.0
			0.064-0.125	28.6	197.2	11.5	79.3
			>0.125	28.5	196.5	11.4	78.6
Templado en aceite A239	85-90	45-50		28.5	196.5	11.2	77.2
Resorte de válvula A230	85-90	50-60		29.5	203.4	11.2	77.2
Cromo vanadio A231	88-93	65-75		29.5	203.4	11.2	77.2
	A232	88-93		29.5	203.4	11.2	77.2
Cromo silicio A401	85-93	65-75		29.5	203.4	11.2	77.2
Acero inoxidable							
A313*	65-75	45-55		28	193	10	69.0
17-7PH	75-80	55-60		29.5	208.4	11	75.8
414	65-70	42-55		29	200	11.2	77.2
420	65-75	45-55		29	200	11.2	77.2
431	72-76	50-55		30	206	11.5	79.3

Anexo IX: Costo Relativo del Alambre.

Tabla 10-4

Constantes A y m de $S_{ut} = A/d^m$ para estimar la resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes

Fuente: De *Design Handbook*, 1987, p. 19. Cortesía de Associated Spring.

Material	ASTM núm.	Exponente m	Diámetro, pulg	A , kpsi · pulg ^m	Diámetro, mm	A , MPa · mm ^m	Costo relativo del alambre
Alambre de piano*	A228	0.145	0.004-0.256	201	0.10-6.5	2 211	2.6
Alambre T y R en aceite ¹	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.3
Alambre estirado duro ²	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo vanadio ³	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.1
Alambre al cromo silicio ⁴	A401	0.108	0.063-0.375	202	1.6-9.5	1 974	4.0
Alambre inoxidable 302*	A313	0.146	0.013-0.10	169	0.3-2.5	1 867	7.6-11
		0.263	0.10-0.20	128	2.5-5	2 065	
		0.478	0.20-0.40	90	5-10	2 911	
Alambre de bronce fosforado**	B159	0	0.004-0.022	145	0.1-0.6	1 000	8.0
		0.028	0.022-0.075	121	0.6-2	913	
		0.064	0.075-0.30	110	2-7.5	932	

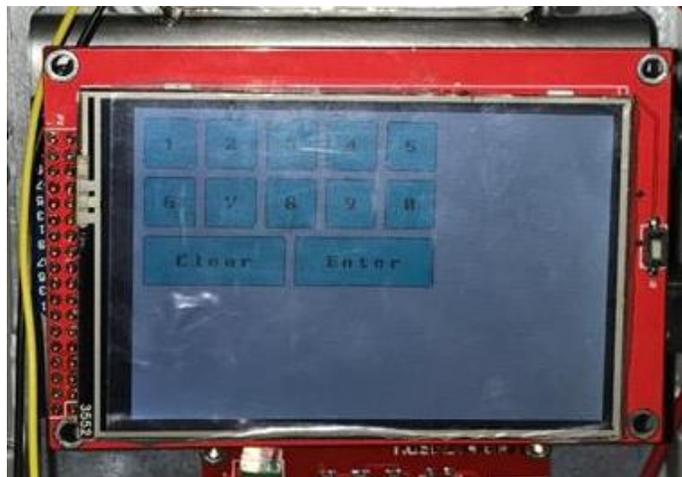
Anexo X: Elementos de control.



Arduino Mega 2560 para control del sistema de dosificación.



Módulo de 4 relés para control de los cilindros neumáticos.



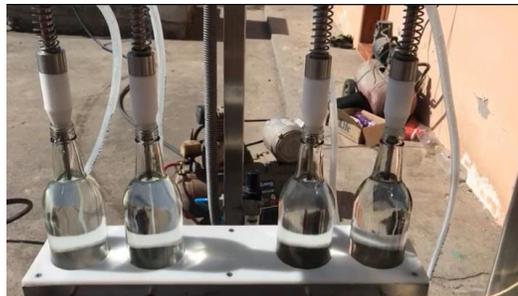
Pantalla arduino TFT de 3.5

Manual de usuario

- 1 Inspeccionar que en la máquina no exista objetos los cuales puedan afectar al funcionamiento de la misma tales como: destornilladores, piedras.
- 2 Para accionar la máquina se coloca el selector en ON cual permite energizar a la máquina.



- 3 Accionar el compresor para el sistema neumático.
- 4 Las botellas deben estar colocadas en el molde para luego ubicarlas en la máquina.



5. Se debe tener un seguimiento del funcionamiento de la máquina por si existe algún inconveniente para poder ser atendido por el respectivo operario utilizando el paro de emergencia (STOP).



7. Al terminar el proceso el operario debe presionar apagar la máquina y el compresor
8. Para realizar mantenimiento a la máquina se deberá desconectar la misma para evitar riesgos eléctricos.
9. Después de realizar el mantenimiento a la máquina se deberá constatar que los elementos se encuentren bien colocados para que no exista problemas con el funcionamiento de la máquina.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA DE LICOR ARTESANAL



La máquina dosificadora de licor artesanal puede presentar algunas fallas en las cuales puede tener consecuencias graves para la propia máquina y/o personal. Las fallas pueden presentarse por las condiciones de trabajo a las que está sometida la máquina y que pueden dar lugar a futuros problemas; las fallas más comunes que se pueden presentar es botellas rotas por estar mal colocadas el molde, des calibración de las boquillas, desgaste de los empaques de las boquillas, desgaste de los empaques del distribuidor; errores humanos en la identificación del material adecuado, antes de que estos aspectos afecten a la seguridad de la máquina y a las personal es necesario llevar a cabo un manual de mantenimiento preventivo.

Será necesario llevar a cabo un control mensual de un mantenimiento preventivo para reducir al máximo los problemas de la máquina que se puedan presentar.

Procedimiento general de las rutinas de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo es de suma importancia para la prolongación de la vida útil de la máquina y en el mantenimiento de su funcionamiento adecuado, se han determinado nueve pasos generales que debe poseer una rutina de mantenimiento.

- a) Inspección de las condiciones ambientales.
- b) Limpieza integral externa.
- c) Inspección integral del equipo.
- d) Limpieza integral interna.
- e) Inspección interna.



- f) Reemplazo de partes intercambiables.
- g) Ajuste y calibración.
- h) Revisión de seguridad eléctrica.
- i) Pruebas funcionales completas.

a. Inspección de las condiciones ambientales en las que se encuentra la máquina:

Observar las condiciones del ambiente en las que se encuentra expuesta la máquina, los aspectos que se recomienda evaluar son: presencia de polvo, seguridad de la máquina y vibraciones mecánicas. Cualquier anomalía o no cumplimiento de las condiciones establecidas, debe ser notificado al personal de mantenimiento como observación en la rutina.

Polvo: Revise que no exista presencia de polvo o suciedad en la máquina antes de ser puesta en marcha.

Vibraciones mecánicas: Las vibraciones mecánicas de la máquina pueden ser causadas por falta de calibración mecánica o eléctrica de algunas piezas de la máquina, sobre todo los que necesitan determinada precisión en los procedimientos que realizan.

Seguridad de la instalación: Una instalación correcta, ofrece una seguridad tanto a la máquina, como a las personas operadores. Verifique que la máquina se encuentre instalada en un sitio estable y en buenas condiciones. Además verifique que las instalaciones eléctrica a la que la máquina esté conectada, se encuentre polarizada, protegida con medios de desconexión, que no permita la producción de cortocircuitos o falsos contactos por movimientos mecánicos normales. Esto implicará el tomacorriente, y su tablero de protección y distribución más cercano.

b. Limpieza integral externa:

Eliminar cualquier residuo, líquidos, en las partes externas que componen a la máquina, mediante los métodos adecuados. La limpieza de superficie externa se debe utilizar agua o productos de limpieza para acero inoxidable AISI 304.



c. Inspección externa del equipo:

Examinar la máquina, partes o accesorios que se encuentran a la vista, sin necesidad de quitar tapas, mangueras, estructura, conector de alimentación, para detectar signos de desgastes, vibración, roturas, fugas, o cualquier signo que afecte el funcionamiento de la máquina u obligue a sustituir las partes.

Revisión de componentes mecánicos, para determinar desgaste de empaques, roturas de mangueras, también del sistema neumático y eléctrico-electrónico, en los cuales también es necesario su revisión pertinente.

Revisión de componentes eléctricos-electrónicos. Revisión de alimentación 110v AC y voltajes continuos de 12 VDC, 24VDC y 5 VDC, revisar que el sensor de nivel que se encuentra la tapa del tanque este en óptimas condiciones.



d. Limpieza integral interna:

Eliminar cualquier residuo de líquido, en el tanque, distribuidor, mangueras y boquillas, de la máquina con técnicas adecuadas. La limpieza de superficie interna se lo realiza siempre después de cada producción o puesta en marcha de todas las piezas de la máquina; tanque, distribuidor, boquillas, base de molde, molde de botellas, esta limpieza se realiza con agua o producto especial para acero inoxidable.

e. Inspección interna:

Examinar partes internas de la máquina, para detectar signos de desgaste, fugas, partes faltantes, o cualquier signo que obligue a un reemplazo de alguna parte interna de la máquina.

Revisión de componentes mecánicos, para determinar desgaste de empaques, roturas de manguera.

Revisión de componentes eléctricos, para determinar si existe deterioro del aislamiento, de los cables internos, conectores.

f. Reemplazo de ciertas partes:



La máquina tiene partes diseñadas para gastarse durante su funcionamiento, por ejemplo los empaques. El reemplazo de esta parte es un paso esencial del mantenimiento preventivo, y puede ser realizado en el momento de la inspección.

Ajuste y calibración.

En el mantenimiento preventivo es necesario ajustar y calibrar las partes de la máquina, ya sea ajuste mecánico, eléctrico o electrónico.



Para esto deberá tomarse en cuenta lo observado en la inspección externa e interna de la máquina.

Revisión de seguridad eléctrica.

La realización de esta prueba, dependerá del grado de protección que se espera del equipo en cuestión, según las normas establecidas por cada equipo y las especificadas por sus fabricantes.

Pruebas funcionales completas.

Es importante poner en funcionamiento la máquina en conjunto con el operador y el técnico, en todos los modos de funcionamiento, lo cual además de detectar posibles fallas en la máquina, promueve una mejor comunicación entre el técnico y el operador, para la mejor determinación de fallas en el proceso de operación por parte del operador o del mismo técnico.

A continuación se muestra las respectivas tablas del mantenimiento preventivo del sistema eléctrico y mecánico.



Mantenimiento Preventivo de Sistema de Control			
Ítem	Actividad a Realizar	Posible Resultado de Actividad	Opciones de Solución
Sensor de nivel	Verificar conexión del sensor.	Cables sueltos y Área con polvo.	Limpiar con brocha, conectar cables o reemplazarlo de ser necesario.
	Pruebas de funcionamiento del sensor.	Máquina no mide el nivel del tanque.	Cambio de sensor si fuese necesario.
Módulo de Relés	Revisar conexión del módulo.	Elementos con polvo.	Limpiar con limpia contactos.
	Pruebas de funcionamiento.	No activación de relés.	Cambio de relé si fuese necesario.
Botón ON/OFF	Constatar funcionamiento.	Sistema no enciende.	Conectar los cables a la placa electrónica.
Placa electrónica	Comprobar funcionamiento.	Sistema no activado.	Conexionar los elementos a la placa. Cambiar elementos si fuese necesario.
Paro de emergencia	Verificar actividad.	Máquina sigue con su función.	Acoplamiento de cables hacia dicho elemento.
Luz piloto	Examinar función.	Luz no enciende.	Conectar cables en este elemento. Reemplazar luz piloto.
Fuente de alimentación	Constatar funcionamiento.	No realiza buena conversión.	Conexionar los cables a la fuente. Cambiar elementos de la fuente.
Pantalla TFT arduino	Revisar su funcionamiento.	No muestra el nivel del líquido.	Conectar cables a la placa electrónica. Revisar voltajes. Cambiar pantalla.
Final de carrera	Comprobar activación.	No se activa.	Conexionar cables al sensor. Cambiar final de carrera.

Nota: Sistema de control – Mantenimiento preventivo



Mantenimiento Preventivo de Elementos Mecánicos			
Ítem	Actividad a Realizar	Posible Resultado de Actividad	Opciones de Solución
Boquillas	Revisar funcionamiento.	Mala calibración.	Calibrar las boquillas.
		Empaques en mal estado.	Cambiar los empaques de ser necesario.
Guías de cilindros neumáticos	Revisar calibración.	Dosificación irregular	Calibrar guisa de los cilindros.
Unidad de Mantenimiento	Verificar su funcionamiento.	Mala distribución de aire	Limpieza de filtros de la unidad de mantenimiento.
Empaques de válvula mariposa	Visualizar Ajuste.	Elementos no coincidentes.	Ajustar la unión SMS.
Estructura para máquina	Revisar Resistencia.	Elemento de estructura plegado.	Cambiar elemento plegado o reemplazar el mismo.
Cilindro neumáticos	Examinar su funcionamiento.	Residuos de líquido en el eje del pistón.	Limpiar los residuos o de ser necesario cambiar elemento.

Nota: Sistema mecánico – Mantenimiento preventivo



Check list del sistema de Control						
Ítem	Actividad Requerida	Frecuencia				Observaciones
		3	6	9	+12	
Sensor de nivel	Verificar conexión a sensor.	X				
	Pruebas de funcionamiento del sensor.	X				
Relés de potencia	Revisar conexión del módulo de rele.	X				
	Pruebas de funcionamiento.	X				
Botón ON/OFF	Constatar funcionamiento.		X			
Placa electrónica	Comprobar funcionamiento.	X				
Paro de emergencia	Verificar actividad.				X	
Luz piloto	Examinar función.				X	
Fuente de alimentación	Constatar funcionamiento.	X				
TFT	Revisar su actividad.	X				



Check list de Elementos Mecánicos						
Ítem	Actividad Requerida	Frecuencia (mes)				Observaciones
		3	6	9	+12	
Boquillas	Revisar funcionamiento.		X			
	Constatar su actividad.				X	
Guias de cilindros neumáticos	Verificar su movimiento.		X			
Unidad de Mantenimiento	Visualizar funcionamiento.		X			
Empaques de válvula mariposa	Revisar Resistencia.				X	
Estructura para máquina	Examinar elementos.				X	
Cilindro neumáticos	Revisar componentes.		X			
Final de carrera	Comprobar activación	X				

ANEXO

PLANOS