Diseño de máquina de embotellamiento para línea pasteurizadora de leche

Autor
Juan Sebastián Murillo Páez

Docente director
Alexander Alvarado Moreno

Universidad Distrital Francisco José De Caldas
Tecnología Mecánica / Ingeniería Mecánica
Bogotá, Colombia
2024

Diseño de máquina de embotellamiento para línea pasteurizadora de leche

Autor
Juan Sebastián Murillo Páez

Docente director
Alexander Alvarado Moreno

Universidad Distrital Francisco José De Caldas
Tecnología Mecánica / Ingeniería Mecánica
Bogotá, Colombia
2024

NOTA DE ACEPTACION

_____
_____
_____
_____
_____
_____

Firma del director

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

Bogotá, 2024

Tabla de contenido

1. RESUMEN DEL PROYECTO 8
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 9
3. JUSTIFICACION 10
4. OBJETIVO GENERAL 11
4.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS 11
5. ANTECEDENTES 12
6. MARCO TEORICO 15
6.1. DECISIONES Y CALIDAD 15
6.1.1. Matriz de selección 15
6.1.2. QFD 15
6.2. NORMAS DEL DISEÑO 16
6.3. EMBOTELLADORAS Y SUS BENEFICIOS 17
7. METODOLOGIA DEL DISEÑO 20
7.1. MATRIZ QFD 22
7.1.1. Requerimientos del cliente. 22
7.1.2. Benchmarking 22
8. MATRICEZ PUGH 27
8.1. MATRIZ DE SELECCIÓN PARA EL SISTEMA PRINCIPAL 27
8.1.1. Facilidad de cálculo y construcción 27
8.1.2. Mantenimiento 28
8.1.3. Seguridad 28
8.1.4. Acople de sistemas auxiliares 28
8.1.5. Costo 29
8.2. MATRIZ DE SELECCIÓN DE DISEÑO 29
8.2.1. Estructura 30
8.2.2. Eficiencia de transmisión de potencia 31
8.2.3. Sistema de entrada de vasos 32
8.2.4. Salida de los vasos 32
8.2.5. Acople de sistemas auxiliares 33
8.2.6. Eficiencia de espacio 33
9. DISEÑO PRELIMINAR 34
9.1. MESA DE TRABAJO 34
9.2. SISTEMA PRINCIPAL (PLATO GIRATORIO) 35
9.3. SISTEMA DE VASOS 36
9.4. SISTEMA DE LLENADO 37
9.5. SISTEMA DE TAPAS 39
9.6. SISTEMA DE TAPADO (ENROSCADO) 39
9.7. BANDA TRANSPORTADORA 41

10. DESARROLLO 43
10.1. GENERALIDADES PARA EL DISEÑO DE MAQUINARIA RELACIONADA A LA PRODUCCION ALIMENTARIA 43
10.2. GUIA DE CALCULOS 44
10.3. CALCULOS 44
10.3.1. Carga a soportar 44
10.3.2. Sistema principal 45
10.3.2.1. Plato giratorio 45
10.3.2.2. Eje principal 48
10.3.3. Sistemas Auxiliares 50
10.3.3.1. Sistema de vasos 51
10.3.3.2. Sistema de tapado 57
10.3.4. Mesa de trabajo 60
10.3.5. Banda transportadora 61
10.3.6. Consideraciones posteriores al diseño y el cálculo. 65
11. RESULTADOS 66
12. RELACION DE COSTOS DE PROYECTO 68
13. RECOMENDACIONES 70
13.1. Optimización del sistema de extracción del vaso 70
13.2. Utilización del material 70
13.3. Banda transportadora 70
14. CONCLUSIONES 71
15. REFERENCIAS 74

Índice de figuras

Figura 1 ejemplo de matriz. 15
Figura 2. Casa de la calidad QFD 16
Figura 3. Coeficientes de fricción (f) de pares roscados. 17
Figura 4. Coeficientes de fricción del collarín de empuje. 17
Figura 5. Diagrama de flujo metodología del diseño 21
Figura 6. Boceto de prototipo 34
Figura 7. Mesa de trabajo 34
Figura 8. Plato giratorio 36
Figura 9. Eje principal 36
Figura 10 Sistema de vasos 37
Figura 11 Separadora de vasos 37
Figura 12. Sistema de llenado 38
Figura 13. Soporte de sensor 38
Figura 14. Sistema de tapas 39
Figura 15. Sistema de tapado (roscado) 40
Figura 16. Platina para el tapado 40
Figura 17. Acople para el tapado (roscado) 41
Figura 18. Banda transportadora 41
Figura 19. Visualización como platina 46
Figura 20. Visualización de fuerza puntual 46
Figura 21. Centroide 47
Figura 22. Partes del sistema principal 49
Figura 23. Dimensiones del eje 49
Figura 24. Sistema de vasos 51
Figura 25. Soportes del sistema 52
Figura 26. Fuerza en el eje 52
Figura 27. distancia de la fuerza 53
Figura 28. Diagramas de la carga 54
Figura 29. Elemento más critico 55
Figura 30. Compresión en el elemento 56
Figura 31. Cargas en el sistema 57
Figura 32. Soporte con guías 57
Figura 33. Dimensiones del elemento 58
Figura 34. Visualización parte superior del sistema 59
Figura 35. Platina auxiliar 59
Figura 36. Cargas en la mesa 60
Figura 37. Comportamiento de la carga 61
Figura 38 boceto banda transportadora 61
Figura 39 sección critica 62
Figura 40 dimensiones del eje 62
Figura 41 cargas en el eje 63
Figura 42. Fuerza cortante y momento flector 64

Índice de tablas

Tabla 1. Competidor 1 23
Tabla 2. Competidor 2 23
Tabla 3. Competidor 3 24
Tabla 4. Competidor 4 24
Tabla 5. Competidor 5 24
Tabla 6. Matriz QFD 25
Tabla 7. Matriz de selección para sistema de movimiento general del dispositivo 27
Tabla 8. Matriz de selección para sistema de ingreso y salida de los recipientes 30
Tabla 9 Costos de material 68

1. RESUMEN DEL PROYECTO

Este proyecto busca diseñar y construir el prototipo de una maquina embotelladora de leche con la finalidad de facilitar los procesos que se llevan a cabo de manera artesanal en las zonas rurales del país; por lo tanto el prototipo es diseñado para pequeñas cantidades, teniendo el parámetro principal para el prototipo es necesario establecer un parámetro de selección mediante matrices ya que este mismo nos permitirá seleccionar el diseño conceptual adecuado para proseguir con los cálculos alusivos al diseño de ejes, estructuras, resistencia del material.

Obteniendo los datos necesarios para proceder a la selección de los materiales, estos siendo investigados previamente y generando nuevamente una matriz de selección la cual nos permite comparar sus diferentes características, costos y así mismo determinar el material a usar. Posteriormente, se inicia el proceso de fabricación donde se someterán los distintos materiales a sus respectivos procesos iniciando con el corte, seguido de torneado a los ejes y tornillos, taladrado, soldado y roscado, conforme el diseño lo requiere y especifica; así mismo con iniciar el ensamblado del prototipo y la realización de pruebas con su respectiva corrección.

El área de trabajo del prototipo consta de una mesa con espacio para cableado con dimensiones de 0.50*0.90m donde en su superficie cuenta con el eje central de operación, la base circular unida al eje central la cual recibirá los vasos vacíos y mediante su rotación, esta se detendrá en las áreas de llenado, tapado, roscado y su respectiva salida a una banda transportadora la cual llevará los vasos llenos a la siguiente estación. Como estructura auxiliar esta cuenta con soportes alrededor de la base los cuales soportan tornillos sinfín que desplazan los sistemas de tapado y roscado.

Sumado a lo anterior se requiere de la creación de la documentación de detalle para complementar y sustentar el comportamiento de los materiales del prototipo, planos de construcción, matrices de selección y descripción del prototipo.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A medida del avance socio-tecnológico en el país surgen empresas pasteurizadoras de leche aledañas a las grandes ciudad y en puntos estratégicos del país para poder generar una mayor cobertura con su producto, esto debido a que el mismo es indispensable y hace parte de la canasta básica familiar el cual es el más básico para la economía del hogar en el país; en las zonas más rurales del país es común ver como los propios campesinos ganaderos comercializan la leche generada en sus fincas, esta leche tiene un proceso de pasteurización totalmente artesanal, esto debido que la leche cruda no es apta para el consumo humano. Un estudio financiero realizado por la universidad católica (Quintero Niño & Rutto Ortega, 2020), estima que con algunas modificaciones al predio y una buena inversión inicial es viable una planta pasteurizadora del producto; esto con el fin de generar una mayor economía en la zona rural, hacer más seguro el producto, tener una mayor comercialización entre las fincas aledañas y pueblos cercanos a la misma. Aceptando la viabilidad por los propietarios ganaderos, queda por resolver la incógnita ¿Cómo empacarlo? Puesto que en la actualidad el proceso es puramente artesanal incluyendo su empaquetado para distribución, la variable a resolver claramente es de las partes finales del proceso en una pasteurizadora, inicialmente se trabajara con recipientes plásticos de 8oz para una mayor cantidad de unidades finales y un mejor control de calidad; Debido a las bajas unidades se empleara una embotelladora circular para reducir el área de trabajo, la cantidad de personal operario y obtener un foco concentrado. Solucionando así el último proceso, el empacado, es primordial el diseño parametrizado a las necesidades del cliente, por ende, el enfoque principal es el diseño de la embotelladora.

3. JUSTIFICACION

El estudio realizado en la UTS de Santander, observa el rápido crecimiento del sector lechero en el país a lo largo de estos últimos 6 años, dando el foco pertinente en la investigación y desarrollo en las zonas rurales del país debido a la informalidad del proceso por parte de los campesinos con fincas pequeñas y medianas capaces de producir de leche pasteurizada apta para el consumo humano (Castilla Gomez & Vergel Gomez, 2023) notando un crecimiento porcentual de un 24% con una poca oportunidad de créditos e inversiones en este sector campesino, así mismo los pocos sectores que logran hacerse a una oportunidad de inversión con tal de mejorar y parametrizar su proceso, denota una cantidad considerable de dinero en la adquisición de la parte final del proceso, una empaquetadora para una finca lechera mediana está rondando el promedio de los 11 millones de pesos colombianos (Quintero Niño & Rutto Ortega, 2020). Actualmente en la economía se busca obtener el mejor producto relación calidad-precio obteniendo importantes beneficios para su propia industria; permitiendo un enfoque más practico es necesario reducir los costos y obtener un beneficio igual o similar a lo propuesto (Quintero Niño & Rutto Ortega, 2020).

Gracias al crecimiento denotado en el estudio de este sector (Castilla Gomez & Vergel Gomez, 2023), el prototipo propuesto en este proyecto cubriría la necesidad de un campesino con cantidades menores o medianas de cabezas de ganado que buscan parametrizar y una pequeña industrialización del proceso; tecnológicamente hablando se busca tapar la brecha entre las grandes cantidades que son capaces de producir las embotelladoras lineales , las cuales por su costo y las cantidades de ganado que tiene el campesino no son de un carácter adquisitivo primordial y el mismo opta por el llenado y tapado de manera artesanal, continuando con un déficit de la eficiencia en el proceso de producción pequeño.

Buscando la expansión económica enfocada en este sector, socialmente espera la creación de empleo en estas zonas, una mayor eficacia del proceso, así como una mayor calidad del producto final que busca ser distribuido en este ambiente; generar la colaboración entre fincas para aumentar la cantidad de leche cruda es parte importante del proceso de expansión económica en los sectores rurales ya que una mayor cantidad del producto crudo combinado con la eficiencia del proceso utilizando la maquinaria básica permite una mayor cantidad de producto final con mucha más calidad que su proceso artesanal, permitiendo que el producto más básico de la canasta familiar obtenga mucho más contenido nutricional para los hogares en estas zonas rurales donde el enfoque principal de sustento es el campesino, aumentando la salud en la comunidad consumidora del producto.

4. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un prototipo de maquina el cual facilitara el proceso de embotellado en la microindustria de la pasteurización de leche en bajas cantidades

4.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el diseño conceptual mediante matrices de selección.
- Realizar los cálculos pertinentes al diseño.
- Seleccionar materiales para el prototipo en base a los cálculos de diseño.
- Fabricar y ensamblar el prototipo comprobando los requerimientos de diseño.
- Elaborar la documentación de detalle como memorias de cálculos y planos.

5. ANTECEDENTES

Los avances tecnológicos en pro de socavar los vacíos dentro de las necesidades sociales enfocan no solo en la creación de prototipos, sino en el rediseño de los mismos ya existentes; un pilar fundamental en el avance ingenieril es verificar las maquinas existentes en busca de mejoras, modificaciones, reorganización en pro de una mayor eficiencia y/o trabajo operacional. Debido a este pilar fundamental es necesario aplicar esta misma investigación cuantitativa-cualitativa.

Simulacion de un sistema de llenado, sellado y etiquetado de leche bovina en el municipio de Cumbal

Para el autor durante esta investigación logro dictaminar que entre más alejada la población de la capital del país o la misma capital del municipio, los recursos son más escasos y el trabajo económico depende mucho del campesino, así como este no encuentra mayores ayudas por los bancos o el mismo gobierno. el trabajo con la leche es de origen artesanal, en todos sus aspectos, es decir recolección, pasteurización, llenado, envasado y hasta etiquetado; el resultado de esta actividad refleja en el campesino un desgaste que, en consecuencia, este mismo opta por la venta de la leche recolectado por un menor precio a las grandes industrias. Es necesario cubrir este vacío fomentando el crecimiento en la industria y asa generar una mejor economía.

Utilizando un sistema PLC, se desarrolla el diseño de un sistema de llenado, sellado, etiquetado el cual es el paso inicial para la construcción de un prototipo el cual facilite el proceso artesanal del campesino que genera el gran desgaste del productor, así como generar una mayor eficiencia, higiene, calidad y hasta el aumento nutricional del alimento primordial en la canasta básica familiar (Barahona & Montenegro, 2022).

Construcción de una maquina llenadora y tapadora lineal para botellas PET. De 500cc semiautomática

El autor durante esta investigación dictamina que aun en la existencia de las empresas y con sus procesos ya establecidos, sigue habiendo una necesidad de la mejora, del crecimiento, expansión y hasta aumentar el número de productos finales con la misma o hasta una mejor calidad. Teniendo el enfoque en las empresas que comercializan con bebidas embotelladas; el prototipo diversifica muy bien sus aplicaciones en la industria. El sistema simplificado de los actuadores, la transmisión de potencia, sus movimientos lineales y la capacidad de llenar 4 botellas en el mismo proceso, generan una alta eficiencia del proceso, así como la cobertura en la necesidad de las pequeñas o medias industrias, ya que este modelo de prototipo opera de manera sencilla, así como una gran cantidad de unidades finales que es capaz de producir ya que en la practica el prototipo tiene una capacidad de hasta 840 botellas por hora; teniendo en cuenta la gran capacidad del prototipo, la sencillez de su operación y su costo de producción, el prototipo es capaz de generar no solo la alta eficiencia del proceso mecánico sino que también garantiza la alta calidad del proceso y de su producto final (Muñoz Sanchez, 2016).

Diseño y construcción de una maquina para envasado de agua

Como punto de partida el autor determina que la contaminación es uno de los principales problemas de la sociedad actual; empresas de México en solución a esta alternativa, buscan nuevas fuentes hídricas, en concreto Ahuelican S.A. siendo una empresa dedicada a la purificación de agua en busca de satisfacer la necedad de este vital líquido pone en juego la búsqueda de una maquina capaz de realizar el envasado en pequeñas presentaciones menores a los 2 lts, las cuales representan una mejor portabilidad y de fácil transporte por el usuario. Buscando la expansión comercial en el estado de Guerrero, México, teniendo cementado su proceso de purificación, el prototipo logra satisfacer el objetivo buscado por la empresa, esto debido a que propone dos alternativas de solución, la primera evocando a una llenadora lineal, el segundo utilizando una llenadora circular, los prototipos construidos a bajo costo dan pie a la construcción de mejores maquinas que permiten la observación del mercado y la viabilidad de que la empresa juegue en determinados sectores comerciales (Ortega Navarrete, 2013).

Diseño y construcción del prototipo de una máquina de embotellado de jugos pasteurizados

Los autores describen como el proceso artesanal de embotellado denota un gran consumo de tiempo y personal, ya que consume la proactividad del mismo grupo, buscando una solución para reducir el costo operativo de esta acción final en el proceso de las bebidas azucaradas de la empresa SAVIDA S.A. Encontrando esta actividad contraproducente en la empresa, primordialmente debe de dársele solución, buscando la creación de un prototipo de maquina llenadora, reemplazando netamente el ejercicio artesanal del llenado.
Generando parámetros de alta calidad para el funcionamiento del prototipo, fabricando las piezas en cnc, movimiento por sistema hidráulico, llenado de botellas mediante inyectores que controlan el llenado mediante presión dentro de la botella; postulando una capacidad de llenado de hasta 25000 botellas. Denotando la versatilidad que muestra el uso de máquinas cnc, con software CAD/CAM, contando con la implementación propuesta por la empresa, cumpliendo el objetivo de la misma, generando una mejor calidad del producto final, aseverando el presupuesto propuesto por la empresa así como cumpliendo con las necesidades del cliente así como lograr ser asertivo con los aspectos, económicos, funcionales, culturales y políticos; de igual manera asegurando el prototipo respecto a las normas ISO, normas de calidad y sus estándares más altos a nivel nacional e internacional (Vasquez Ospina & Cortés Angel , 2014).

Propuesta de diseño de una maquina llenadora de envases PET

El autor en el documento tiene como punto de partida la búsqueda en la diversidad en el rubro de pequeñas o medias empresas plantea el diseño de una embotelladora capaz de utilizar diferentes envases PET, los cuales localmente se pueden encontrar a menor costo al por mayor, dado que en El Salvador poseen una baja cantidad de empresas enfocadas en el diseño y producción de máquinas llenadoras para los mercados de industrias pequeñas, debido a esto y sus altos costos las pequeñas empresas optan por el

embotellamiento de manera artesanal, denotando una baja calidad del producto final, así como una eficiencia operacional baja. El prototipo presenta una geometría simple la cual es fácil de producir por talleres locales con buena maquinaria, así como un sistema hidroneumático con su debido manual operativo facilitado su implementación y operación, así reduciendo costos de construcción e implementación; encontrando una forma competitiva referente al mercado de máquinas embotelladoras, con el plus de la accesibilidad por parte de las empresas pequeñas y medianas, la selección del material jugando una parte importante de los costos de producción, realizado el prototipo en acero inoxidable lo cual postula las normas de calidad y las leyes referentes a maquinas enfocadas a alimentos de la canasta básica. El prototipo entrando al mercado genera mejores entradas de ingresos, así como ampliando una mayor competitividad respecto a las grandes empresas (Cortez Espinosa, Parada Zelaya , & Valencia Chavez , 2021).

6. MARCO TEORICO

6.1. DECISIONES Y CALIDAD

6.1.1. Matriz de selección

Esta herramienta tiene como objeto apoyar la toma de decisiones con una estructura de ponderación numérica para así determinar de manera objetiva la mejor vía decisiva ya que cada decisión cambia la forma de trabajo y operación. (Rivera Mejorada , 2022)

Figura 1 ejemplo de matriz**.**



MATRIZ DE SELECCIÓN

PROYECTO: Compra de auto nuevo

ITEM	Modelos	Diseño	Costo	Espacio int.	Tecnología	SUMA	Decisión
1	Modelo A	5	5	1	5	16	1
2	Modelo B	5	1	3	3	12	2
3	Modelo C	3	3	1	1	8	3

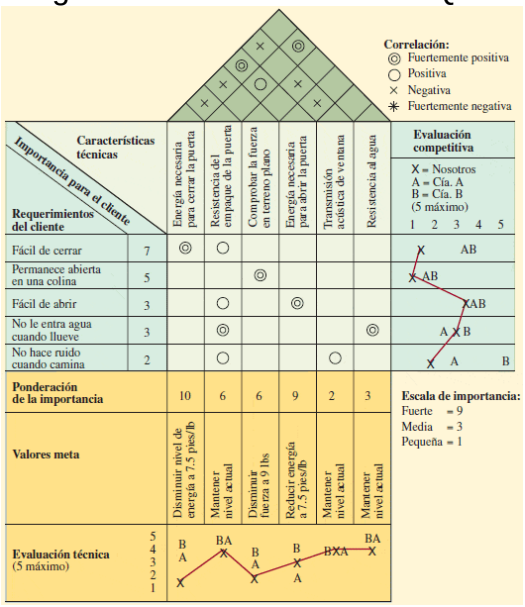
ALTO 5 MEDIO 3 BAJO 1

Nota: Fuente (Rivera Mejorada, 2022)

6.1.2. QFD

Calificar una necesidad del cliente es una toma de decisión bastante importante ya que esta, determinara el enfoque a tomar durante el diseño y la creación del prototipo; es por ello que “el despliegue de la función de calidad” o **Quality Function Deployment (QFD)** por su nombre en inglés, nos permite tener un sistema donde se evalúa las necesidades del cliente, el rendimiento del producto y la competencia de mercado; esto, con el fin de tener una opción de crecimiento teniendo un panorama más completo de la situación; estos datos toman forma en un gráfico donde de manera sistemática se puede averiguar las necesidades del cliente y obtener un mejor desarrollo del producto o su respectiva evolución después de su diseño y creación. (Ionos Digital Guide , 2021)

Figura 2. Casa de la calidad QFD



Nota: Fuente. (Ionos Digital Guide , 2021)

6.2. NORMAS DEL DISEÑO

Ejes

P representa la potencia suministrada al eje, **T** es el par torsional o el torque y **w** es la velocidad angular en el sistema.

$$\boldsymbol{p = T * w} \qquad \text{Ecu. 1}$$

Esfuerzo en los ejes de los cuales se determinan factores de seguridad y se revisan posibles fallos por fatiga u otros factores relevantes.

$$\sigma_a = K_f = \frac{32M_a}{\pi d^3} \qquad \text{Ecu. 2}$$

$$\sigma_m = K_f = \frac{32M_m}{\pi d^3} \qquad \text{Ecu. 3}$$

$$\tau_a = K_{fs} = \frac{16T_a}{\pi d^3} \qquad \text{Ecu. 4}$$

$$\tau_m = K_{fs} = \frac{16T_m}{\pi d^3} \qquad \text{Ecu. 5}$$

$$\sigma_a = K_f = \frac{M_a C}{l} \qquad \text{Ecu. 6}$$

$$\sigma_m = K_f = \frac{M_m C}{l} \qquad \text{Ecu. 7}$$

$$\tau_a = K_{fs} = \frac{T_a C}{J} \qquad \text{Ecu. 8}$$

$$\tau_m = K_{fs} = \frac{T_m C}{J} \qquad \text{Ecu. 9}$$

El esfuerzo de von mises nos puede ayudar a determinar un posible fallo dentro del diseño, debido a la energía de distorsión, siendo esta una magnitud física proporcional a este esfuerzo.

$$\sigma'_a = (\sigma_a^2 + 3\tau_a^2)^{1/2} = \left[\left(\frac{32K_f M_a}{\pi d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{16K_{fs}T_a}{\pi d^3}\right)^2\right]^{1/2} \qquad \text{Ecu. 10}$$

$$\sigma'_m = (\sigma_m^2 + 3\tau_m^2)^{1/2} = \left[\left(\frac{32K_f M_m}{\pi d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{16K_{fs}T_m}{\pi d^3}\right)^2\right]^{1/2} \qquad \text{Ecu. 11}$$

Tornillos de potencia

$\boldsymbol{T_R}$ representa el par de torsión que se requiere para dos propósitos: superar la fricción en la rosca y elevar la carga.

$$T_R = \frac{F * d_m}{2}\left(\frac{1 + \pi f d_m \sec a}{\pi d_m - f l \sec a}\right) + \frac{d_c f_c}{2} \qquad \text{Ecu. 12}$$

F representa la fuerza de empuje ejercida por el tornillo.

$$F = \frac{2T_R}{d_m\left(\frac{1 + \pi f d_m \sec a}{\pi d_m - f l \sec a}\right) + \frac{d_c f_c}{2}} \qquad \text{Ecu. 13}$$

VM representa la ventaja mecánica del tornillo.

$$VM = \frac{fuerza\ de\ salida}{fuerza\ de\ entrada} \qquad \text{Ecu. 14}$$

Figura 3. Coeficientes de fricción (f) de pares roscados.

Material del tornillo	Material de la tuerca			
	Acero	Bronce	Latón	Hierro fundido
Acero, seco	0.15-0.25	0.15-0.23	0.15-0.19	0.15-0.25
Acero, aceite para máquina	0.11-0.17	0.10-0.16	0.10-0.15	0.11-0.17
Bronce	0.08-0.12	0.04-0.06	—	0.06-0.09

Nota: Fuente, Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2019). Diseño en ingeniería mecánica Shigley. McGraw-Hill Education.

.

Figura 4. Coeficientes de fricción del collarín de empuje.

Combinación	En operación	Arranque
Acero suave sobre hierro fundido	0.12	0.17
Acero duro sobre hierro fundido	0.09	0.15
Acero suave sobre bronce	0.08	0.10
Acero duro sobre bronce	0.06	0.08

Nota: Fuente, Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2019). Diseño en ingeniería mecánica Shigley. McGraw-Hill Education.

6.3. EMBOTELLADORAS Y SUS BENEFICIOS

Gracias al crecimiento industrial que se encuentra en medida que avanza el tiempo y la sociedad, se presentan en ciertos casos necesidades específicas de una proporción industrial para una producción baja enfocada a las micro empresas y/o empresas nacientes en el mercado, de igual manera el crecimiento en el sector lechero hace notar la necesidad enfocada en investigación y ciencia hacia el sector rural ganadero y su forma informal de producción, comercialización y distribución (Castilla Gomez & Vergel Gomez, 2023).

Las grandes empresas productoras y embotelladoras manejan maquinas llenadoras lineales, esto debido a las grandes cantidades que producen y su capacidad tan grande para abarcar el mercado nacional, por ende se busca diseñar una embotelladora de menor tamaño y capacidad la cual tendrá un forma circular debido a las cantidades a manipular por los ganaderos, su menor costo de producción, lo último tratándose de un estimado ya que el material a trabajar es acero inoxidable y se necesita una menor cantidad.

Los campesinos, en las zonas más rurales del país son un factor importante en el comercio del país esto debido a que entre ellos comercializan la leche pasteurizada y empacada de manera artesanal, actualmente se sigue incrementando la producción de este producto primordial, así como su venta y distribución informal; actualmente en zonas específicas del país se continúan generando estrategias para controlar, comercializar y distribuir este producto (Barbosa Pinzon, 2015). En base a lo anterior se busca la factibilidad de adquirir una línea pasteurizadora en las fincas lecheras del país en base a los estudios de costos y capacidades del predio donde se ubica la finca (Quintero Niño & Rutto Ortega, 2020). Así mismo mediante proyectos a manera de reducir los costos en la distribución en estas plantas de producción pequeñas se es necesario encontrar nuevas formas de no solo reducir el costo de la maquinaria y operacional, aumentando la eficiencia y productividad; debido a esto uno de los principales focos en la baja producción es su embotellado, ya que en la actualidad en su mercado informal se sigue haciendo de manera artesanal incluso con quienes ya adquirieron la pasteurizadora para bajas cantidades de leche, puesto que una embotelladora lineal requiere de un costo adquisitivo mayor, más personal tanto operacional como de mantenimiento, es necesario rediseñar y diseñar una embotelladora para menores cantidades, que sea más fácil de operar, que necesite menos operadores y que ocupe un menor espacio y consumo energético. La mejor opción es optar por una embotelladora circular (Muñoz Sanchez, 2016), hecha en acero inoxidable debido a la operación con producto alimenticio, si bien el acero inoxidable no es precisamente el material más económico a trabajar, la resolución 4142 de 2012, establece el uso de materiales metálicos que entraran en contacto con producto alimenticio en el territorio nacional (Social, 2012). Esta resolución determina el uso de un acero inoxidable de nivel quirúrgico ya que este no cambia, ni el olor, color, composición, sabor o aspecto del alimento; cumpliendo así con una de las leyes/resoluciones para el material a usar. Rediseñando la embotelladora circular y adaptándola a las leyes del territorio nacional se busca cumplir con la necesidad de suplir e industrializar el proceso artesanal hecho por los campesinos, y así como en las líneas del proceso de pasteurización para bajas cantidades de leches darle solución a uno de los procesos finales, reduciendo costos y adaptándose a las unidades necesarias finales por el campesino dueño o colaborador de las fincas lecheras del país.

El campesino con fincas de pocas cabezas de ganado en el momento de la inversión inicial a su planta pasteurizadora se encuentra con el inconveniente de la inversión inicial, esto ya que las industrias de mediano o gran alcance utilizan embotelladoras de forma lineal debido a las cantidades de leche disponibles a usar y las cantidades finales del producto puesto a la venta (Quintero Niño & Rutto Ortega, 2020), debido a estos costos iniciales, es imperativo la reducción del costo en maquinaria y personal, así como el área de trabajo se ve reducido debido a la cantidad de hectáreas que posee el campesino. Adaptándose a la necesidad del cliente es primordial la cantidad de producto que necesita embotellar y las unidades finales destinadas a la venta, una embotelladora circular es la indicada, gracias a que esta ocupa una menor área para su instalación, menor cantidad de unidades diarias; contando con un menor personal para el mantenimiento y acciones necesarias para su mantenimiento , este siendo un ejemplo para una embotelladora industrial en la

zona de Guayaquil – Ecuador (Calle Flores, 2017), interpolando este proceso de mantenimiento a una línea embotelladora de menores cantidades y horas diarias de trabajo, se entiende la menor cantidad de trabajo y personal encargado de este proceso, dando una mejor viabilidad para los pequeños ganaderos en el país que comercializan este producto de manera artesanal y sus derivados.

7. METODOLOGIA DEL DISEÑO

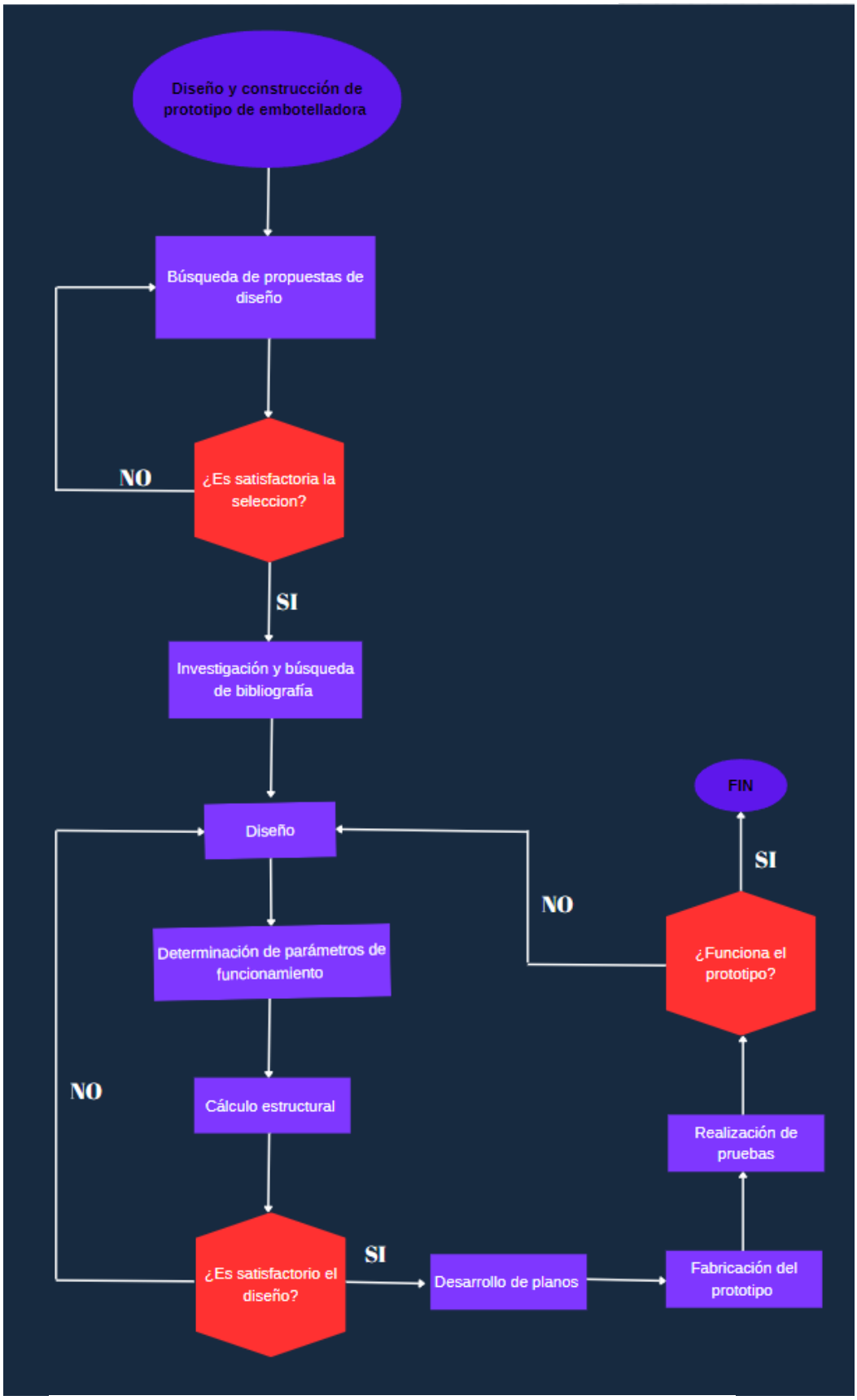
Es necesario determinar un plan de acción para llevar a cabo el desarrollo, diseño y construcción del prototipo referente a la embotelladora en cuestión, por lo tanto, inicialmente, se realizó una exhaustiva investigación y recopilación de fuentes incluyendo autores que hayan realizado maquinas similares en costo, funcionamiento y sistemas complementarios de los mecanismos a implementar y optimizar anteriormente. Seguido de la búsqueda, se analizó fervientemente cada una de las opciones investigadas aplicadas en matrices de selección que se usaron como apoyo principal para el desarrollo y optación de la idea principal de diseño, la cual posee una primordial importancia para esta propuesta.

Habiendo una definición del tipo de embotelladora y sistemas complementarios a desarrollar, se optó, por recurrir nuevamente al proceso investigativo el cual se enfocará en fuentes técnicas y especializadas para reunir la base teórica, formulas y ecuaciones necesarias para describir el proceso de diseño en cuanto a las estructuras, sistemas mecánicos y sensoriales los cuales llevan a cabo el proceso de embotellamiento. Todo el sustento teórico (sumado a los conocimientos teórico-prácticos adquiridos durante el proceso de aprendizaje de la carrera) se utilizaron para el desarrollo esquemático y conceptual, incluyendo cálculos y procesos matemáticos para el dimensionamiento y selección adecuada de los materiales, incluyendo elementos adicionales que componen la estructura de la embotelladora.

Posterior y con la siguiente fase en ejecución la cual consiste de la generación de planos basados en los cálculos estructurales y de dimensionamiento para las partes que conforman la embotelladora al igual que los sistemas que ayudaran a su completa ejecución en las distintas fases del proceso de embotellado. En base a los dimensionamientos realizados en los planos, se realizaron las acciones relacionadas a la fabricación del prototipo, compra, mecanizado, unión y ensamblaje de cada uno de los componentes del mecanismo.

Para completar la última fase de este proceso, se basó en realizar las pruebas pertinentes del funcionamiento con la embotelladora ya finalizada. Con el propósito fundamental de comprobar que de manera correcta los parámetros de diseño que se complementaron sobre el papel asemejan a lo que realmente sucede con la máquina.
Por consiguiente, se mostrará un diagrama de flujo el cual visualiza de una manera más sencilla y resumida el proceso que se siguió para la realización de esta monografía.

Figura 5. Diagrama de flujo metodología del diseño



Nota: Fuente propia

7.1. MATRIZ QFD

Durante esta sección del documento se prioriza el desarrollo de lo propuesto en el primer objetivo específico de esta monografía. Finalizando la recolección de información pertinente y necesaria de las embotelladoras circulares existentes en el mercado, así como embotelladoras con sistemas similares y teniendo en cuenta los diseños declarados en el histórico de antecedentes, se procede a ejecutar una matriz QFD la cual se encuentra ubicada en el apartado de marco teórico, con la intención de rescatar y unificar las características más importantes dentro de las embotelladoras circulares a bajas producciones para los clientes y/o usuarios (Que's) y la forma para suplir las anteriores (Como's). Por consiguiente, se identificó la forma en correlacionar el Que's con el Como's, para identificar las características predominantes a tener en cuenta.

A su vez, la matriz QFD permite realizar una comparativa entre los distintos competidores y la construcción de los respectivos prototipos, de una manera en que se puede correlacionar y observar de manera asertiva la fusión entre los Que's y los Como's. Por lo tanto, esto facilito el proceso de diseño ya que el resultado de la matriz dictamino puntos claves, los cuales muestran factores que entre la clientela y los competidores probablemente no consumaban satisfactoriamente en la correlación necesidad-solución que muestra la matriz.

Obteniendo estos puntos clave en la matriz, permitió esclarecer los factores imprescindibles no solo para los clientes sino para aquellos críticos de calidad en el diseño. Para lograr satisfactoriamente se optó por la utilización de métodos cuantitativos, que se encentrar presentes en dicha matriz, por ello es fundamental para el proceso de diseño.

7.1.1. Requerimientos del cliente.

Se deben esclarecer y plantear requerimientos básico-primordiales para el cliente, los cuales se consideran los más relevantes. Para ponderar con relevancia cada una de las características fundamentales para el cliente, por lo tanto, se opta por realizar una encuesta en donde el cliente es capaz de definir la importancia para el diseño.

- Que sea capaz de llenar, tapar, sellar y movilizar el producto a otro punto por medio de banda transportadora.
- Que el tamaño de la mesa de la maquina sea de 1.19*0.69*90 m
- Que el formato de tamaño de recipiente sean vasos de 500 mL
- Que sea capaz de manejar 3 diferentes niveles de llenado
- Que necesite la mínima cantidad de operarios

7.1.2. Benchmarking

Teniendo los requerimientos del cliente, en esta sección se muestra de manera eficiente los diferentes productos a disposición en el mercado los cuales sean capaces de cubrir en su totalidad estos estándares impuestos por el cliente. Seguido de lo anterior, se identificaron de manera asertiva cada una de las características más representativas de estos, permitió esclarecer y determinar los parámetros de selección de manera precisa y objetiva.

Tabla 1. Competidor 1

Competidor 1: Ic Filling Systems; Máquina llenadora automática de microbloques a contrapresión - 661 EPV		
Tamaño de la mesa	2,5*1,3*1 m	
Tamaño de los recipientes	150-750 ml	
Niveles de llenado	Único	
Cantidad de operarios	Dos	
Capacidad de producción	1,500/hora	
Precio	N.E.	

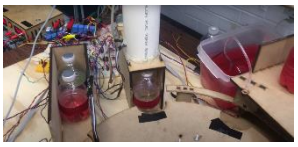
Nota. (Systems, 2023)

Tabla 2. Competidor 2

Competidor 2: Comac; Sagitta 12-12-1 P		
Tamaño de la mesa	2,5*1,3*1 m	
Tamaño de los recipientes	250-900 ml	
Niveles de llenado	Único	
Cantidad de operarios	Dos	
Capacidad de producción	3,000/hora	
Precio	N.E.	

Nota. (Comac kegging, 2024)

Tabla 3. Competidor 3

COMPETIDOR 3: UNAM FACULTAD DE INGENIERÍA; SISTEMA DE ENVASADO DE BOTELLAS		
Tamaño de la mesa	1,5*1*1,1 m	
Tamaño de los recipientes	150-750 ml	
Niveles de llenado	Único	
Cantidad de operarios	tres	
Capacidad de producción	70/hora	
Precio	N.E.	

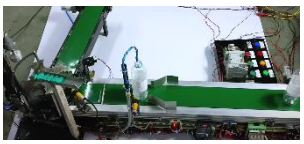
Nota. (UNAM, 2018)

Tabla 4. Competidor 4

Competidor 4: EMP; Automatic bottle filling and capping machine - Arduino		
Tamaño de la mesa	1,2*0,6*0,8 m	
Tamaño de los recipientes	600 ml	
Niveles de llenado	Único	
Cantidad de operarios	Dos	
Capacidad de producción	300/hora	
Precio	N.E.	

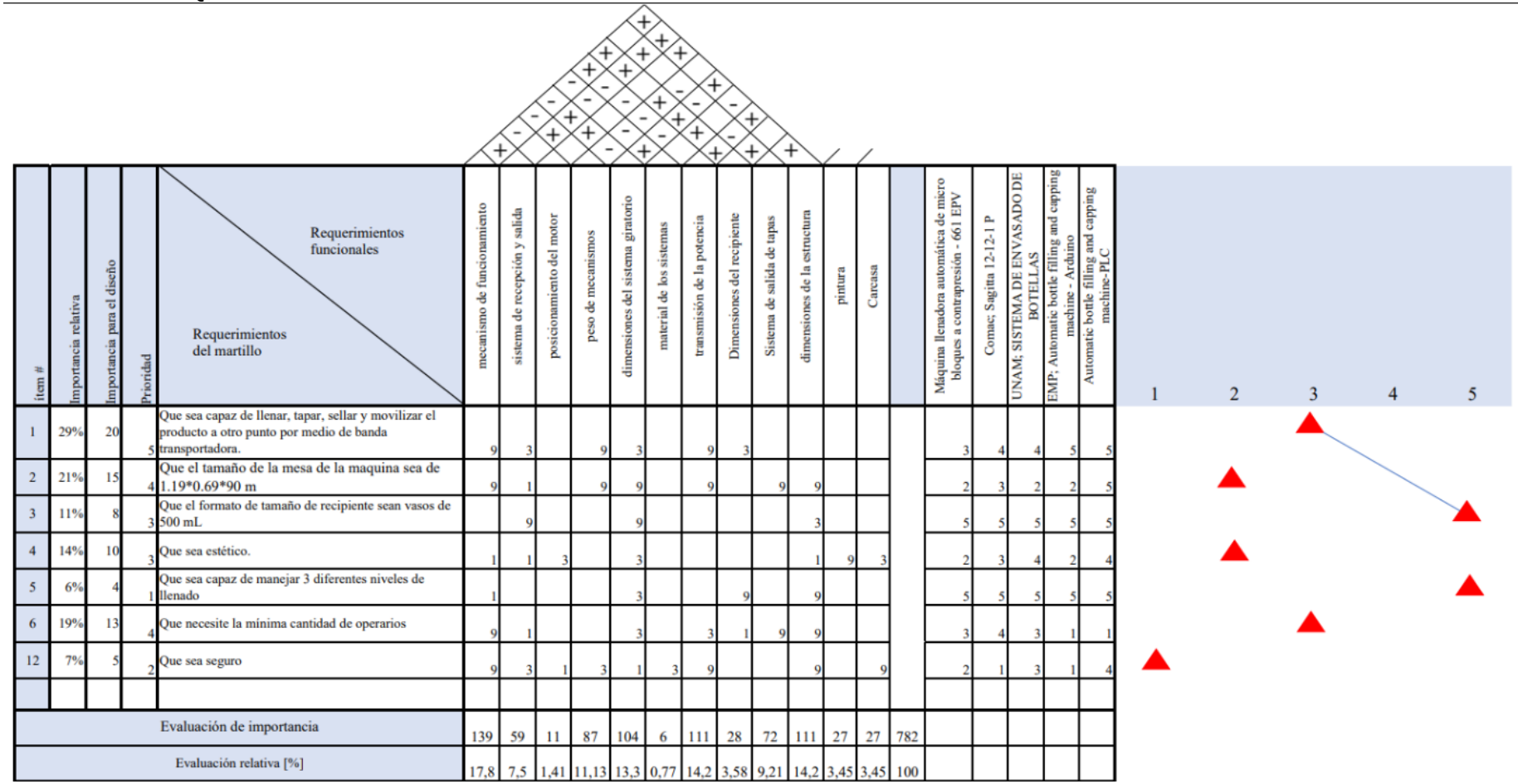
Nota. (EMP, 2021)

Tabla 5. Competidor 5

Competidor 5: Nevon Projects; Automatic bottle filling and capping machine-PLC		
Tamaño de la mesa	1,1*1,2*0,9 m	
Tamaño de los recipientes	750 ml	
Niveles de llenado	Único	
Cantidad de operarios	Dos	
Capacidad de producción	85/hora	
Precio	N.E.	

Nota. (Projects, 2018)

Tabla 6. Matriz QFD



item #	Importancia relativa	Importancia para el diseño	Prioridad	Requerimientos funcionales / Requerimientos del martillo	mecanismo de funcionamiento	sistema de recepción y salida	posicionamiento del motor	peso de mecanismos	dimensiones del sistema giratorio	material de los sistemas	transmisión de la potencia	Dimensiones del recipiente	Sistema de salida de tapas	dimensiones de la estructura	pintura	Carcasa		Máquina llenadora automática de micro bloques a contrapresión - 661 EPV	Comac, Sagitta 12-12-1 P	UNAM; SISTEMA DE ENVASADO DE BOTELLAS	EMP; Automatic bottle filing and capping machine - Arduino	Automatic bottle filling and capping machine-PLC
1	29%	20	5	Que sea capaz de llenar, tapar, sellar y movilizar el producto a otro punto por medio de banda transportadora.	9	3		9	3		9	3						3	4	4	5	5
2	21%	15	4	Que el tamaño de la mesa de la maquina sea de 1.19*0.69*90 m	9	1		9	9		9		9	9				2	3	2	2	5
3	11%	8	3	Que el formato de tamaño de recipiente sean vasos de 500 mL		9			9					3				5	5	5	5	5
4	14%	10	3	Que sea estético.	1	1	3		3					1	9	3		2	3	4	2	4
5	6%	4	1	Que sea capaz de manejar 3 diferentes niveles de llenado	1				3			9		9				5	5	5	5	5
6	19%	13	4	Que necesite la mínima cantidad de operarios	9	1			3		3	1	9	9				3	4	3	1	1
12	7%	5	2	Que sea seguro	9	3	1	3	1	3	9			9		9		2	1	3	1	4
Evaluación de importancia					139	59	11	87	104	6	111	28	72	111	27	27	782					
Evaluación relativa [%]					17,8	7,5	1,41	11,13	13,3	0,77	14,2	3,58	9,21	14,2	3,45	3,45	100					

Nota Fuente Propia

Observando y analizando de manera objetiva la matriz QFD, se pueden determinar los aspectos con más relevancia a tomar en cuenta en la construcción del prototipo de embotelladora circular así como las similitudes entre los diferentes prototipos y máquinas ya construidos, en este caso podemos observar en orden de mayor importancia los aspectos a tomar en cuenta mecanismo de funcionamiento, transmisión de potencia, dimensiones del sistema giratorio, dimensiones de la estructura, peso de los sistemas. Estas características según la matriz son de suma importancia para el diseño, sin embargo, de igual manera características como la estética, el costo y el mantenimiento son de suma relevancia al momento de ejecutar cualquier acción referente al diseño de la máquina y la construcción del prototipo.

Continuando con el análisis objetivo, encontramos en el apartado de análisis de ingeniería, una correlación en la dificultad en base a la construcción de aspectos tales como sistema de recepción y salida de vasos, sistema giratorio, sistema de salida de tapas, los cuales llegan a ser los aspectos de mayor complejidad en cuanto a su construcción y/ o lograr un correcto funcionamiento.

Los aspectos que mayor importancia objetan a la hora del diseño y construcción son el sistema giratorio, la recepción y salida de vasos, estos debido a que son el inicio, mitad y final del ciclo de embotellamiento, sin embargo, el sistema de vaciado de tapas toma un papel fundamental ya que hace parte de uno de los procesos requisito por parte del cliente pero con los modelos ya presentados esta construcción se vuelve meramente una reinvención de los sistemas ya creados y que conceptualmente eleva la dificultad.

Planteando una evaluación de competencia enfocándose en aspectos publicados por los vendedores pudimos determinar no sólo en base a las características, sino que, ayudándonos visualmente de las imágenes subidas, tener inspecciones más a fondo y obtener un criterio más objetivo.

8. MATRICEZ PUGH

Continuando con el desarrollo del primer objetivo planteado nos ayudamos con la elaboración de matrices PUGH, adjuntando resultados más objetivos a la hora de tener opciones para el desarrollo, así como alternativas para el diseño y construcción agregándole un mayor peso a la hora de tener un diseño preliminar bien establecido.

8.1. MATRIZ DE SELECCIÓN PARA EL SISTEMA PRINCIPAL

Teniendo en cuenta la suma importancia que tiene el elemento principal para poder determinar y obtener en un solo espacio todos aquellos elementos que por separado conforman una serie de máquinas enfocadas en el embotellamiento y sellado de fluidos en recipientes cilíndricos con tapa, este elemento no en todos los prototipos y maquinas vistos es de la misma por ende esta matriz nos permitió aseverar un mejor diseño el cual permite una mejor utilización del espacio y así identificar la mejor variable alternativa.

Tabla 7. Matriz de selección para sistema de movimiento general del dispositivo

Opcion / Criterio	Sistema de banda de entrada y salida transportadora con plato giratorio	Sistema de plato giratorio con los sistemas auxiliares integrados	Sistema de banda transpotadora de entrada con plato giratorio	Sistema de plato giratorio con banda transportadora de salida
Facilidad de construccion	1	2	4	4
Facilidad de calculo	2	3	5	5
Mantenimiento	2	2	4	4
Seguridad	4	4	4	4
Acople de sistemas auxiliares	3	2	3	4
Costo	2	2	4	4
Total	14	15	24	25

Nota: Fuente propia. Para el caso de esta matriz la calificación se hará por medio de la siguiente puntuación: (5) es muy favorable o positivo; (4) es favorable; (3) es indiferente; (2) desfavorable y (1) muy desfavorable.

Con la matriz anterior podemos determinar que la mejor opción para construcción es un sistema de plato giratorio con salida a banda trasportadora, con lo cual se plantea el análisis de cada uno de los criterios de evaluación que de plantearon anteriormente.

8.1.1. Facilidad de cálculo y construcción

Tomando las indicaciones iniciales por parte del cliente se encuentra gracias a la matriz que el sistema más complicado para su construcción y cálculos requiere de dos bandas trasportadoras una para el ingreso de botellas vacías y el segundo para la salida de los recipientes ya tapados y con producto, en cuanto al especifico de construcción se determina que por dimensiones totales y el espacio pata la mesa de trabajo este no llega a cumplir los requerimientos iniciales así como el trabajo que lleva construir dos bandas transportadoras. Por otro lado, en el tema de cálculos para cada uno de los aspectos de la banda como lo son la entrada y la salida manejan distintas velocidades lineales esto debido a los pesos que van a transportar, así como los cálculos para la trasmisión de potencia de la misma, ejes y la propia banda, por lo tanto, este

tipo de sistema agrega más variables a controlar, así como para la construcción.
Con el sistema de plato giratorio encontramos que, aunque aumente la facilidad para los cálculos necesarios de los sistemas en cuestión, agrava el aspecto de la salida de los productos terminados esto debido a la concentración de los productos en un conducto donde otro operario debe retirarlos para que así el sistema pueda seguir embotellando.

8.1.2. Mantenimiento

Teniendo en cuenta las opciones presentadas anteriormente, tenemos como mantenimiento y su seguimiento una operación más sencilla en cuanto al sistema giratorio con final en banda transportado ya que en el primer prototipo de doble banda transportadora se incurriría en un mismo tipo de mantenimiento para dos sistemas el cual si bien no es complejo determina más trabajo al momento de este realizarse; aun teniendo en cuenta esto, por linealidad de ideas el mantenimiento más sencillo debería ser para el prototipo que no posee bandas, sin embargo este prototipo posee dos sistemas basados en ingreso y extracción por pistón, lo cual es un tipo de mantenimiento muy distinto y más complicado ya que requeriría un desarme por completo del prototipo, solo para poder ejecutarlo en dichos sistemas de pistón.

8.1.3. Seguridad

En casos hipotéticos donde alguno de los sistemas falle o presente un mal funcionamiento, el más sencillo de los prototipos para un cambio o re ajuste, son aquellos de bandas ya que por lo general el desgaste del material de la banda es el primer fallo a presentar así que como solución debe ser el cambio de la misma, volviendo a incurrir en los puntos anteriores, es menos complejo hacer el cambio para una sola banda que para dos, debido a que como se postuló anteriormente es un doble trabajo debido a las unidades presentes en el prototipo, si bien cada uno de los prototipos presenta los sistemas auxiliares con bastante cercanía entre ellos, sigue teniendo menor dificultad los sistemas de una sola banda, esto a que presentan menor complejidad a la hora de ingreso o extracción de los vasos tanto vacíos como ya llenos (finalizados), esto a que el segundo prototipo que no presenta bandas, si posee un sistema más complicado que son los pistones y con mayor complejidad de cambio y/o desarme.

8.1.4. Acople de sistemas auxiliares

Habiendo recopilado la información anterior en los ítems anteriores ya desarrollados encontramos que de igual manera en cada uno de ellos se presenta el mismo caso, cada uno de los sistemas auxiliares como lo son el sistema de ingreso de vasos, el sistema de llenado, el sistema de puesta de tapas y su respectivo tapado; se encuentran en mismo espacio que por dimensiones requeridas por el cliente se encuentran posicionados muy cerca uno del otro. Respecto al segundo prototipo los demás encuentran un alivio al tener el ingreso y/o salida por método de banda transportadora, alegando una mayor optimización del espacio, bajando la dificultad tanto de construcción

como de acople esto debido, a que, estos sistemas de transporte si bien no van acoplados directamente al sistema de movimiento si van acoplados en el espacio de la mesa liberando espacio y posiciones asociado a sistema principal de movimiento.

8.1.5. Costo

En un prototipo donde el espacio es vital aumentan los costos debido a la reducción en el tamaño y la maximización del funcionamiento, por ende, es de vital importancia que los costos no se maximicen, teniendo en cuenta los prototipos presentados las mejores postulaciones costo beneficio adquieren la mejor puntuación en esta matriz como lo son las opciones con una sola banda transportadora ya que la construcción de la misma respecto a la construcción de los sistemas a pistón resultan más costosos y complejos de lograr.

Contemplando de manera objetiva la anterioridad del documento y explorando las diversas opciones para lograr un diseño eficaz en esta embotelladora se opta por realizar una comparativa de pros y contras reuniendo la información presente en los antecedentes y la búsqueda del mercado para aseverar una óptima decisión la cual brinda una mayor certeza respecto al diseño en cuestión a realizar.

8.2. MATRIZ DE SELECCIÓN DE DISEÑO

Con el objeto de poder visualizar de una manera asertiva las ventas y desventajas que pudo traer consigo la elaboración de la propuesta de la embotelladora, se procede a realizar una matriz PUHG con el objetivo exclusivo de comparar los distintos prototipos a tomar en cuenta respecto a la ya anterior realizada que nos dio como posibilidades tres prototipos iniciales los cuales son la embotelladora circular con sistema de entrada y salida de vasos por parte de un sistema de pistón elaborado por la facultad de ingeniería de la UNAM, las dos opciones de embotelladora con banda transportadora sea en la entrada de vasos o la salida de vasos cuando esto ya estén finalizados (llenos y tapados); ambas realizadas por parte del canal de YouTube EMP utilizado una tarjeta programadora Arduino. En esta matriz de plantean cada una de las características que distinguen los prototipos. Buscando establecer que opción de diseño es más favorable respecto a los anteriores puntos ya mencionados, por ejemplo, que sistema de entrada y salida de vasos es más conveniente y viable, al igual que el resto de sus características destacables.

Tabla 8. Matriz de selección para sistema de ingreso y salida de los recipientes

Opcion / Criterio	Sistema de plato giratorio con los sistemas auxiliares integrados	Sistema de banda transpotadora de entrada con plato giratorio	Sistema de plato giratorio con banda transportadora de salida
Estructura	3	4	5
Eficiencia de transmision de potencia	2	3	4
Sistema de entrada de vasos	4	2	4
Sistema de salida de vasos	3	4	5
Acople de sistemas auxiliares	2	4	5
Eficiencia de espacio	2	4	4
Total	16	21	27

Nota: Fuente propia. Para el caso de esta matriz la calificación se hará por medio de la siguiente puntuación: (5) es muy favorable o positivo; (4) es favorable; (3) es indiferente; (2) desfavorable y (1) muy desfavorable.

Para esta matriz el apartado de estructura infiere no solo al chasis que soportara todo el sistema principal y auxiliar, sino también la construcción de los mismos ya mencionados; en el apartado de eficiencia de transmisión de potencia, se contemplan la cantidad de motores necesarios para la operación general del prototipo así teniendo en cuenta el aprovechamiento de sistemas mecánicos de apoyo; otro de los ítems siendo el sistema de entrada de vasos, plantea la eficacia y optimización en los sistemas mecánicos de tal manera que no sea necesario un operario para que ingresen los recipientes vacíos así como la facilidad de operación y construcción del sistema; el ítem de salida de los vasos confiere en calificación a la facilidad y seguridad que este le aporta al producto finalizado en su transporte a la siguiente estación en la línea de producción; para el ítem de acople de sistemas auxiliares califica una característica complementaria de vital importancia para el mantenimiento y posible reparación o cambio de piezas el cual permite tener una visión más objetiva respecto a la solución de posibles inconvenientes; teniendo unas dimensiones preestablecidas gracias a los requerimientos del cliente el bloque de eficiencia de espacio nos permite percibir como cada prototipo respecto a los requerimientos tiene eficacia teniendo en cuenta la conexión respecto a la línea de producción establecida originalmente.

8.2.1. Estructura

Respecto a cada descripción hecha por ítem tenemos que evaluando la estructura principal de funcionamiento es parte vital de dicha objetividad así como el chasis, se debe de expandir la visión ya que como se acoplan en cada prototipo los sistemas auxiliares complementarios a la embotelladora se presenta el principal inconveniente ya que en cómo es el conjunto combinado de los mismos respecto al sistema principal tenemos algunas discordancias

respecto a cómo cada uno de los postulados funciona; por ende para el primer postulante se encuentra tanto en la entrada de vasos, el suministro de tapas y la extracción de los vasos acoplados directamente al sistema principal y sin posibilidad de ser intercambiados, aunque si bien es indiferente en su puntuación que presenta, nos permite ver que las ventajas que posee son opacadas por las contras que dificultan su diseño y construcción. Por el contrario los otros postulantes obtiene una mayor puntuación esto debido a la facilidad que obtiene para la salida de los productos finalizados y la posibilidad para desensamblar cada sistema auxiliar y poder realizar más fácil un mantenimiento o un reemplazo de piezas en desgaste severo o que ya no resultan funcionales, aun así el que mayor obtiene puntuación es el último postulante el cual presenta la banda a la salida del producto ya que este permite el transporte del mismo desde la embotelladora hasta una siguiente estación para que tenga una mayor facilidad de recepción por el mismo.

8.2.2. Eficiencia de transmisión de potencia

Realizando un análisis a profundidad respecto al diseño de los estudiantes de la UNAM cuyo prototipo se encuentra en YouTube, obtiene la calificación más baja esto debido al uso de pistones neumáticos los cuales aumentan costos de producción y mantenimiento así como dificultando el proceso del mismo, para la movilidad del sistema principal que resulta de igual manera que con los otros competidores en un plato giratorio el cual le otorga posición a los recipientes impulsado por un motor le da un plus en cuestiones prácticas y sencillas para su mantenimiento pero no para su desensamble, utilizando para el sistema de tapado dos cilindros los cuales son movidos por un motor y engranajes limita la posibilidad de un cabio de recipiente así como una constante atención a este sistema debido al desgaste de los piñones teniendo una deficiencia respecto a este sistema. Respecto a los otros dos competidores los cuales manejan sistemas similares que de igual manera los prototipos se encuentran en sus respectivos canales de YouTube; por orden de calificación se observa al prototipo hecho por EMP el cual presenta como principal transmisión de potencia para el ingreso de los recipientes una banda transportadora sencilla la cual permite el ingreso de dichos recipientes al sistema principal que de igual manera es un plato giratorio de diferente medida respecto al primer competidor, este competidor en el sistema de tapado utiliza un sistema de presión de embolo y motor el cual agrega sencillez a la forma que transmite la potencia para subir y bajar el segundo motor que se encarga de sellarlo, con la misma presentación del anterior que es roscándolo sin embargo este posee un plus el cual cubre con totalidad la tapa e incluye la posibilidad de intercambio con base a las dimensiones del recipiente, teniendo en cuenta esta gran mejora, permite obtener una mayor puntuación en la matriz. Para el competidor con la mayor calificación encontramos una diferencia en la parte de posición ya que intercambia la banda para que ya no sea de entrada sino de salida de productos finalizados, de esa manera ya no es necesario un operario que introduzca uno a uno cada uno de los recipientes vacíos para su posterior llenado; este tercer competidor posee el mismo sistema de plato giratorio que los anteriores postulantes, sin embargo este tercer competidor al igual que el segundo ofrece la posibilidad de cambio de plato dependiendo de las dimensiones necesarias para el recipiente, dejándolo en las mismas

capacidades, el cambio que se encuentra con este competidor es en la base del sistema de tapado ya que cambia el sistema de embolo de presión por un motor del cual ya no se necesita estar en constante observación, generando una mejor transmisión de potencia ya que el motor posee más fuerza que el embolo y de igual manera ofrece el mismo plus del competidor anterior que es la posibilidad del cambio en la copa que rosca las tapas de los recipientes, por lo tanto en este ítem el competidor 3 es el que obtiene la puntuación más alta.

8.2.3. Sistema de entrada de vasos

Continuando con la guía de menor a mayor calificación encontramos que para este ítem es el segundo competidor el cual posee dicha calificación mínima, ya que, si bien la banda transportador ayuda de manera más sencilla que el recipiente ingrese de una manera más sencilla es de vital necedad que un operario coloque los vasos uno a uno y este en constante observación que ninguno se descarrile o este seguido de otro causando un conflicto con el resto del prototipo. Para el primer competidor se encuentra de un mejor sistema gracias al pistón neumático que posee este prototipo haciendo que la única necedad de un operario se ingresar los recipientes pertinentes a llenar y que estos mismos ingresan al sistema principal con una mejor posición respecto al anterior competidor. El tercer competidor posee la misma calificación que el competidor anterior, ya que de igual manera solo es necesaria la supervisión del operario en cuestión de abastecer y re abastecer los recipientes a llenar, utilizando un sistema de cuñas con movimiento que dejan que vaso caiga en el espacio en el plato giratorio y este último se encargue de darle posición final al recipiente para el resto de los sistemas.

8.2.4. Salida de los vasos

Para este ítem en cada uno de los prototipos es necesario un operario que no solo supervise la salida sino que esté atento a la cantidad que salgan esto gracias a que en cada uno de estos prototipos están dispuestos para ser continuado por otra estación en una línea embotelladora, más sin embargo es esta disposición la que nos confiere de manera objeta en esta misma evaluación, por lo tanto el competidor con menor calificación nuevamente es el primero, esto debido a que para el sistema de salida presentado en YouTube por parte de los estudiantes del UNAM tiene una capacidad sin obstrucción de 3 recipientes, de igual manera no hay tanta posibilidad para que por sí mismo se transporten del sistema principal a un punto b de recogida para la siguiente estación, así como la obstrucción rápida ya que por posiciones admisibles del plato puede llenar consecutivamente más de 4 vasos y este último sistema presenta obstrucción después de 3 vasos en la salida; para el siguiente calificado el sistema de salida es por gravedad a un recipiente donde es capaz de almacenas hasta media docena de producto finalizado, por lo tanto esta cantidad de almacenaje le da una mayor puntuación más sin embargo el hecho de que los recipientes sean sustraídos por gravedad llega a determinar un posible daño a los productos finalizados así como la posibilidad de que no terminen en el recipiente de almacenamiento y provocar daños a los operadores. Para el ultimo prototipo con la banda transportadora para la salida de vasos ofrece una mayor seguridad respecto a su almacenamiento y

transporte del producto finalizado, así como la capacidad de mover hasta 6 vasos hasta el punto B que es el referente para la recogida.

8.2.5. Acople de sistemas auxiliares

Para esta sección de la matriz es vital tener la correcta visualización en base a los videos de YouTube de cada uno de los competidores así como también su explicación ya que para obtener una mejoría en el aspecto de diseño y una facilidad para su fabricación, mantenimiento y corrección de averías es necesario una baja complejidad respecto a la carcasa; por esto nuevamente el prototipo propuesto por la UNAM lleva la más baja calificación ya que en su construcción y funcionamiento todos los sistemas auxiliares pertenecen a un solo chasis lo cual una avería en la carcasa o sistema auxiliar significa el reemplazo casi por competo respecto al chasis auxiliar o una necesidad de cambio de parámetros es necesario modificar por completo; con los dos competidores restantes encontramos calificaciones similares esto ya que en ambos prototipos los sistemas auxiliares son intercambiables y de fácil acomodación en distintas posiciones en la mesa de trabajo, más sin embargo para todo el acople en conjunto permite una sola posición respecto a cualquier posición de la mesa; para la calificación más alta esta logra suplir satisfactoriamente la posibilidad de una organización aprovechando cada una de las dimensiones de la mesa así como la posibilidad de una óptima reorganización en caso de necesitarla.

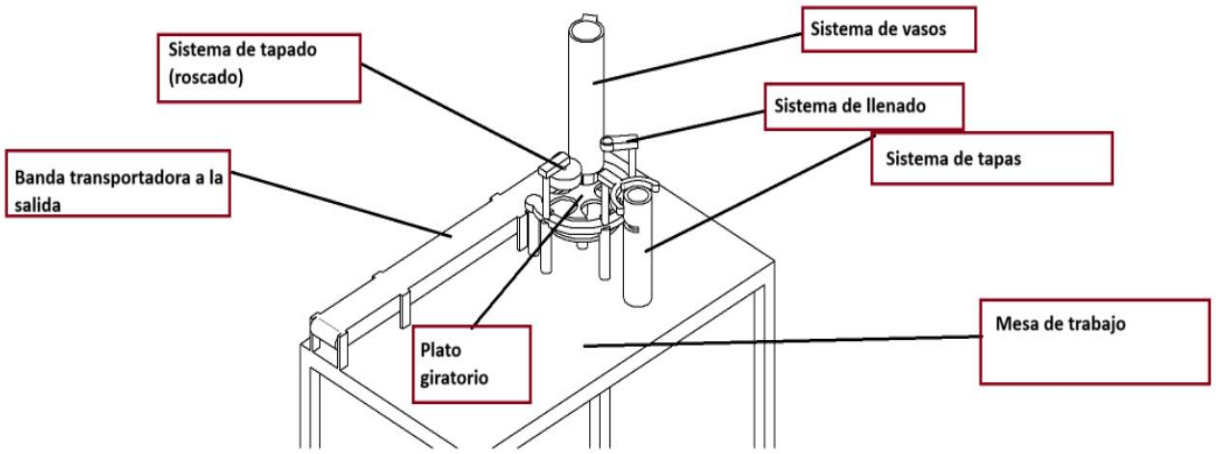
8.2.6. Eficiencia de espacio

Teniendo en cuenta los ítems anteriores se llega a una conclusión objetiva con una alta correlación al ítem anterior ya que con la posibilidad de acomodación de cada sistema se encuentra la utilización del espacio por lo tanto y en correlación al ítem anterior el primer postulante posee la calificación más baja ya que el sistema completo y su carcaza ocupan una gran concentración así como llega a no cumplir con las dimensiones preestablecidas por el cliente; por lo tanto y gracias a su fácil forma de ubicación los otros dos contendientes poseen la misma calificación más sin embargo el segundo contendiente fabricado por EMP aunque solo posee una única forma de ubicación deja un espacio suficiente para que el operador en caso de una parada de emergencia pueda manipular la máquina de la manera que esta implique serlo, por lo mismo el tercer contendiente posee más facilidad para re ubicaciones o acomodaciones a gusto del cliente y preferencias para todo el sistema de embotellado.
Gracias a esto se pueden determinar las mejores opciones de cada uno de los distintos prototipos fabricados y para así ofrecer el mejor diseño aun con posibilidades de mejora.

9. DISEÑO PRELIMINAR

Gracias a la búsqueda y su objetiva clasificación de distintas embotelladoras circulares tanto como maquinaria profesional como prototipos gracias a las matrices de PUGH utilizadas, por ende, es posible desarrollar un diseño preliminar sobre el cual se efectúan los cálculos para las piezas que conformarán los distintos sistemas que conforman el prototipo así generar un correcto boceto del prototipo y sus sistemas auxiliares.

Figura 6. Boceto de prototipo

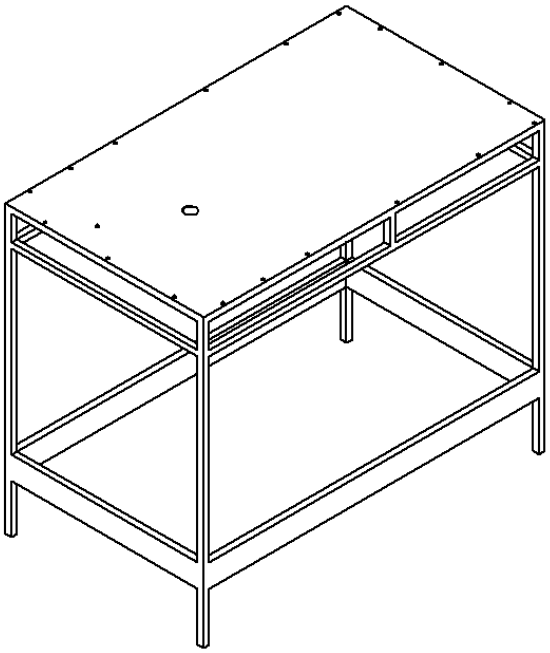


Nota. Fuente propia

Este prototipo consta de un sistema principal con eje vertical y un plato giratorio con el espacio para cada uno de los vasos movido por un motor paso a paso; el sistema auxiliar de vasos centrado y anclado por tornillos basado el cual aporta los vasos por gravedad y posicionado por el plato; el siguiente sistema auxiliar de llenado el cual inyecta liquido por manguera y censando el nivel de llenado; continuado por el giro del sistema principal posee un sistema auxiliar de tapas el cual por arrastre permite el posicionamiento de las mismas anclado por tornillos; para finalizar el proceso de embotellado se encuentra un proceso de tapado (roscado) el cual posee un tornillo sinfín el cual sube y baja un segundo motor paso a paso para rotar un acople para sellar el vaso; para finalizar el proceso este posee en la línea final una banda transportadora movido por un motor DC, la cual mueve el recipiente ya lleno y tapado desde el sistema principal hasta el final de la mesa.

9.1. MESA DE TRABAJO

Por consiguiente, además de las dimensiones preestablecidas por parte del cliente, se realiza una estructura reforzada para soportar el peso de cada uno de los sistemas adicionando un peso máximo por el plato giratorio de 5 espacios una cantidad de 3 recipiente llenos y en espera de llenado una cantidad máxima de 7 recipientes vacíos; contando con una lámina superior encargada de cubrir la estructura y generar una planitud.
Figura 7. Mesa de trabajo

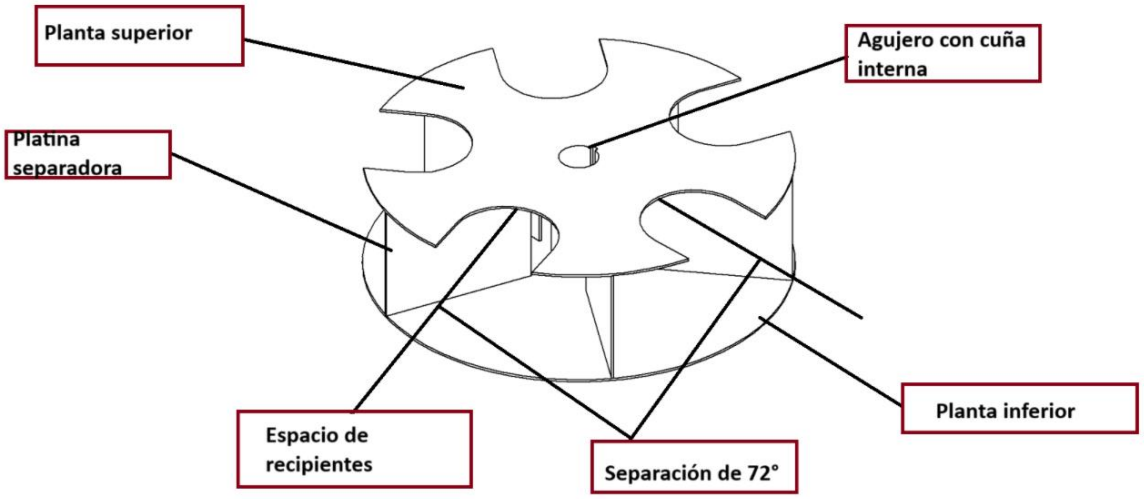


Nota. Fuente propia

9.2. SISTEMA PRINCIPAL (PLATO GIRATORIO)

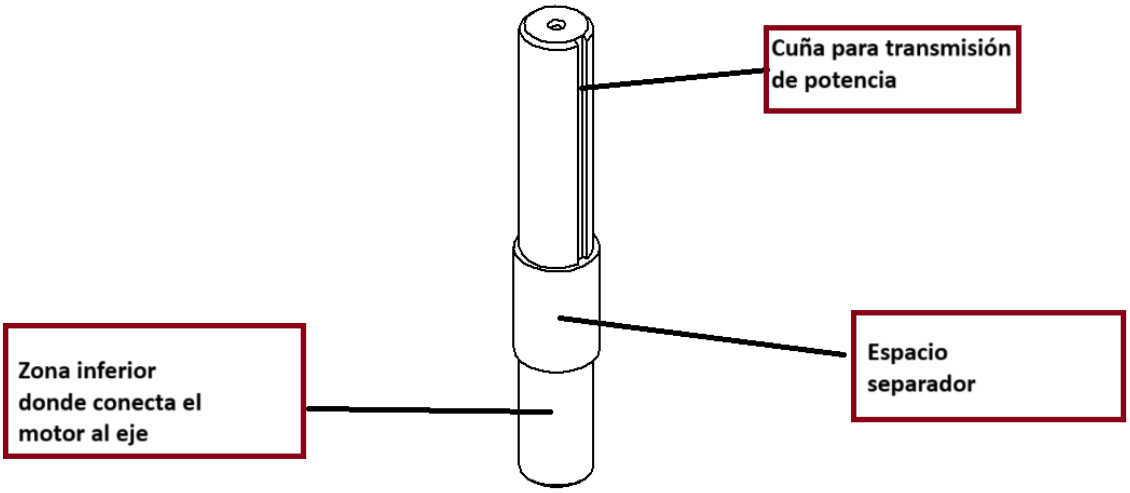
Para el principio de funcionamiento se opta por un motor NEMA 23 con un torque de 1.5 Nm el cual es capaz de mover 16 Kg como máximo, este motor va atornillado por la parte inferior de la superficie de la mesa el cual posee un eje que se conecta al eje principal del sistema con elemento de sujeción de cuña y prisioneros; acompañado de un plato de doble planta los cuales la planta superior se encarga de darle posición a los recipientes y la planta de nivel inferior la cual sostiene el vaso; estas plantas separadas por platinas y un cilindro de cuña interna para generar tracción desde el eje principal al plato. Debido a la cantidad de espacios para recipiente en el plato (5und) este motor paso a paso otorga la cavidad y exactitud de posicionar cada espacio con su respectivo sistema auxiliar a 72° el uno del otro.

Figura 8. Plato giratorio



Nota. Fuente propia

Figura 9. Eje principal



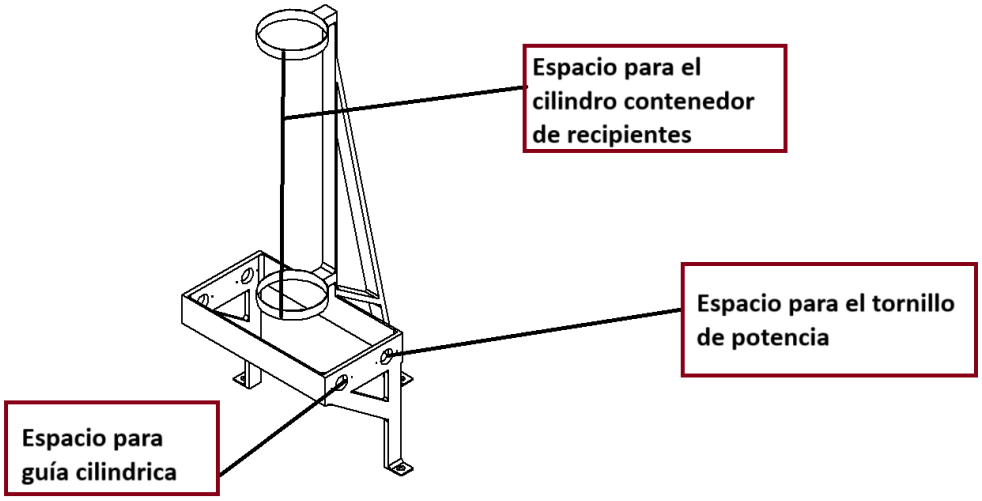
Nota. Fuente propia

9.3. SISTEMA DE VASOS

Para este sistema su principio está basado en el funcionamiento de las máquinas expendedoras de café de centros comerciales los cuales por medio de cuñas separadoras las cuales dentro de la línea de vasos que cada uno está metido dentro del otro formando una torre de los mismos, gracias a esta torre estos se mantiene en una sola posición estático mientras el sistema de cuñas se mueven para separarlos y mantenerlos en la misma posición y que el vaso separado pueda caer en la base y ser llenado posteriormente por los diferentes sistemas; con base a lo anterior y teniendo ese punto de partida, el sistema diseñado funciona por un movimiento horizontal gracias a un tornillo de potencia de rosca cuadrada, este anterior movido por otro motor NEMA 23 y una guía rectificada cilíndrica, el sistema de cuñas hecho por impresión 3D el

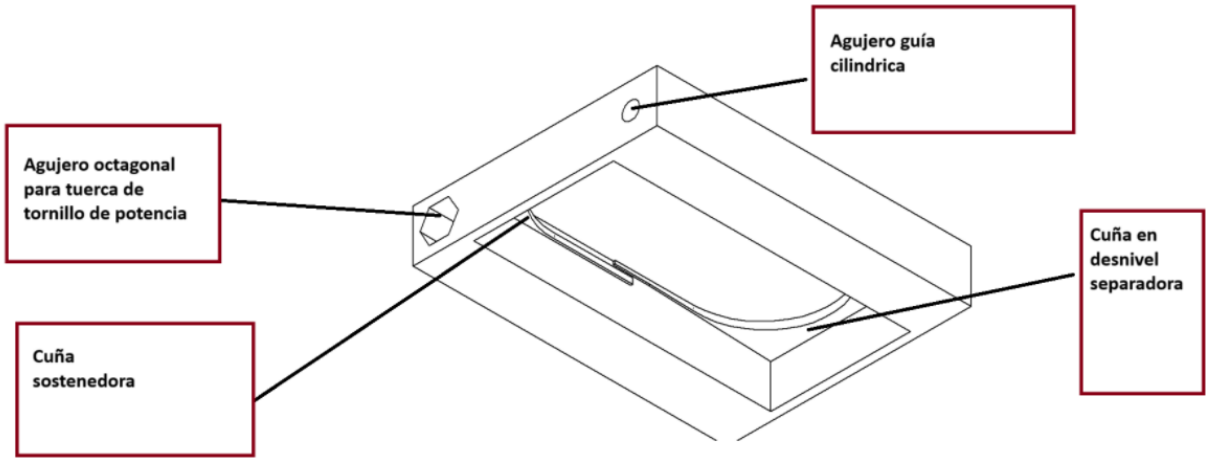
cual es capaz de separar los vasos porque la cuña encargada se imprimió con un desnivel para hacer bajar el recipiente y mantener el anterior aun sostenido y en posición, de tal manera, que el recipiente cae por gravedad en la posición indicada en el plato giratorio.

Figura 10 Sistema de vasos



Nota. Fuente propia

Figura 11 Separadora de vasos

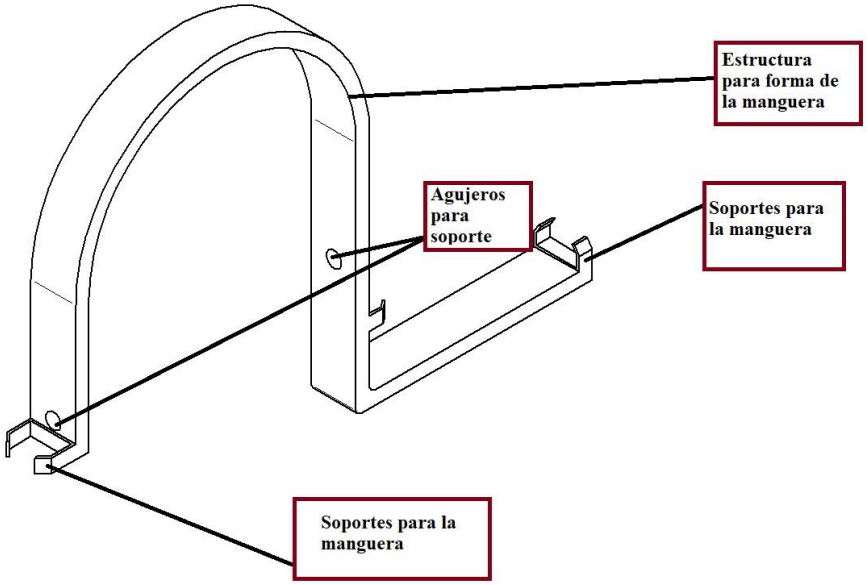


Nota Fuente Propia

9.4. SISTEMA DE LLENADO

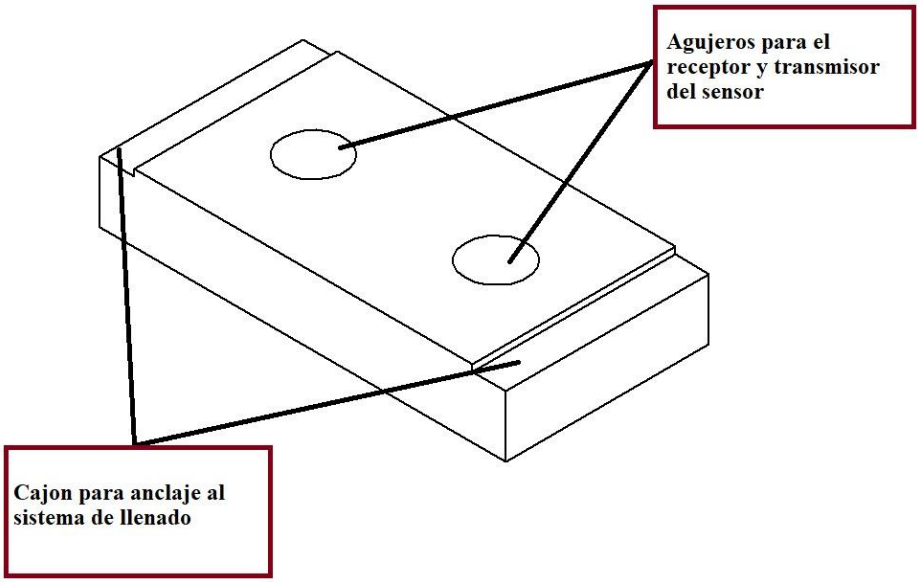
Respecto a los diseños que se presentan en las matrices se presenta una manguera la cual no muestra algún sistema de medición para llenado y así mismo estas solo manejan un único nivel de llenado, para este diseño se decidió producir una guía plana la cual le dará forma a la manguera y así mismo esta posee un espacio entre el arco producido para dar forma a la manguera donde se posiciona un sensor ultrasónico para este de la posibilidad de generar distintos niveles gracias a su toma de medida con exactitud.

Figura 12. Sistema de llenado



Nota Fuente Propia

Figura 13. Soporte de sensor

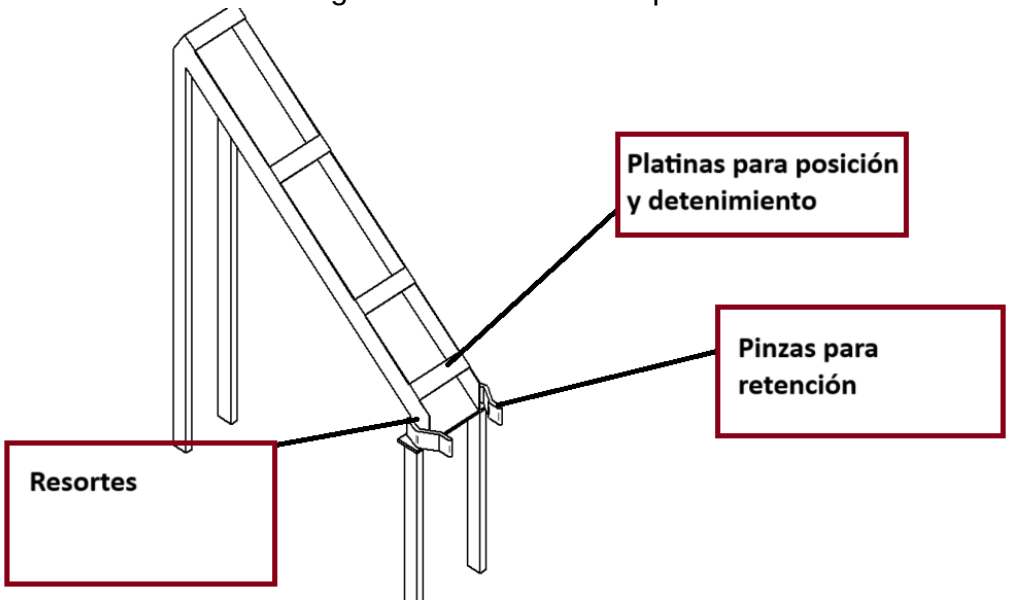


Nota Fuente Propia

9.5. SISTEMA DE TAPAS

Dentro de las matrices el primer competidor fue el que obtuvo menos puntos de los tres tenía en cuestión individual un sistema para la colocación de las tapas y que estas tengan un mejor posicionamiento a la hora de pasar a la siguiente estación, por lo tanto, al momento del diseño la mejor disposición es usar lamina y doblarla para generar los limites pertinentes para mantener una concentricidad respecto a la posición de los recipientes. Y un sistema de pinzas con resorte para mantener en posición la tapa, detener la siguiente y que la misma deslice.

Figura 14. Sistema de tapas

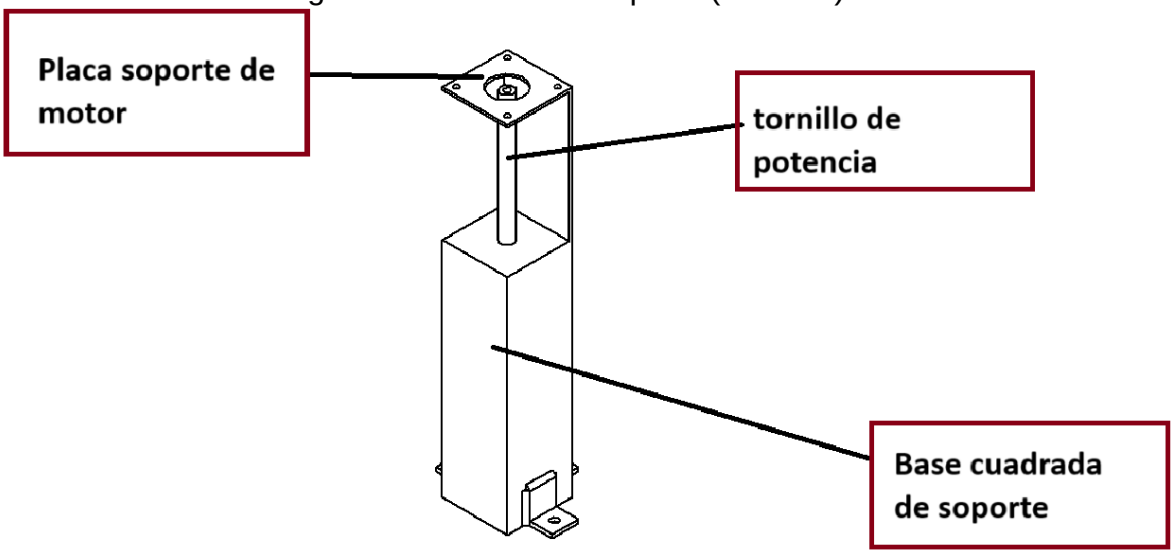


Nota Fuente Propia

9.6. SISTEMA DE TAPADO (ENROSCADO)

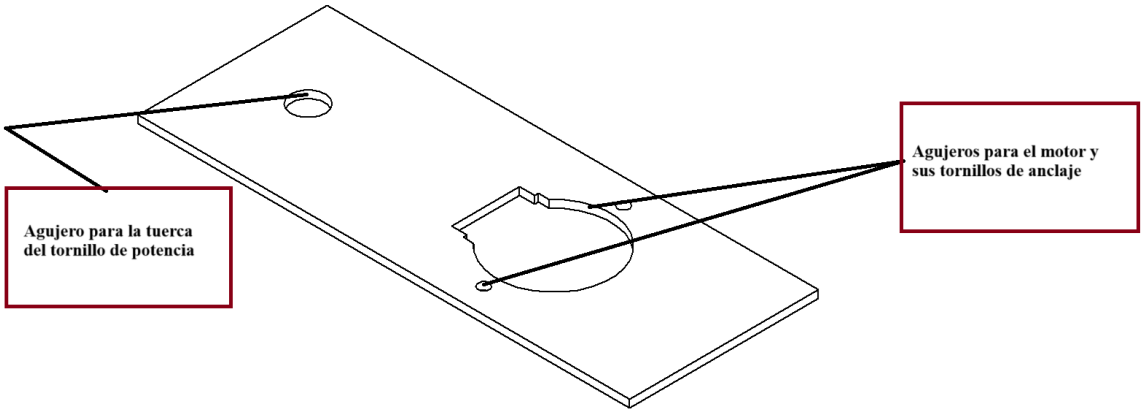
Una constante común dentro de cada uno de los participantes es el sistema para el tapado ya que se basa en un principio de ascensor el cual asciende y desciende un segundo sistema de roscado el cual posee un acople de roscado el cual recubre la tapa e internamente posee un elemento de goma el cual genera adherencia para este cumplir el objetivo de roscar la tapa y que esta quede sellada.

Figura 15. Sistema de tapado (roscado)



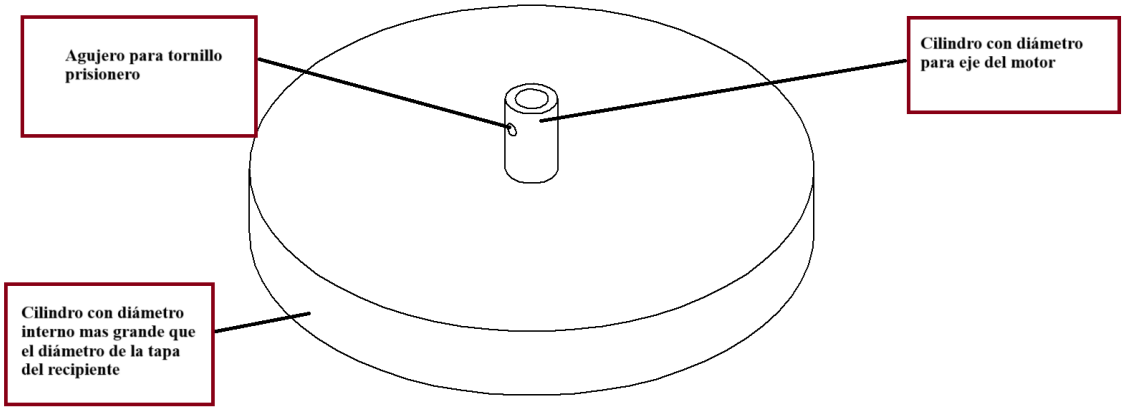
Nota Fuente Propia

Figura 16. Platina para el tapado



Nota Fuente Propia

Figura 17. Acople para el tapado (roscado)



Nota Fuente Propia

9.7. BANDA TRANSPORTADORA

Para casi todas las propuestas examinadas en el benchmarking encontramos varios elementos en común, de igual manera por los requerimientos del cliente para esta embotelladora es la capacidad de mover el recipiente ya finalizado desde el sistema principal a un punto B el cual es designado como uno de los extremos de la mesa, por consiguiente la banda transportadora que es un elemento en la mayoría de competidores, se vuelve esencial, por ende, se desarrolla su diseño preliminar en base al restante de la longitud de la mesa esto debido por la ocupación del sistema principal y sus auxiliares.

Figura 18. Banda transportadora



Nota Fuente Propia

Teniendo en cuenta lo anterior, junto con el listado de diseños de cada uno de los sistemas pertenecientes a la embotelladora, se obtiene una lista de trabajo referente a la importancia de construcción por orden de importancia. La relevancia del boceto general de la banda transportadora nos permite dar

ubicación a cada uno de los distintos sistemas que conforman la embotelladora junto con la banda transportadora y de esa manera determinar los materiales a usar y en qué medidas estos deben ser obtenidos listos para su maquinado y obtener cada una de las partes necesarias para desarrollar la embotelladora de manera efectiva.

10. DESARROLLO

10.1. GENERALIDADES PARA EL DISEÑO DE MAQUINARIA RELACIONADA A LA PRODUCCION ALIMENTARIA.

Para el diseño de este prototipo no solo basta con las propias generalidades del diseño, esto debido a la relación que se obtiene al estar enfocada para la producción de alimentos en cualquiera de sus faces en este caso se toma de las fases finales que son el empaquetado más concretamente el embotellado para alimentos de primera necesidad (Leche). Partiendo de esta necesidad específica, es determinante el desglose del problema general de diseño (Maquina embotadora de medidas específicas para volúmenes pequeños y cantidades bajas) partiendo de este problema que abarca la finalidad del diseño, se debe de discernir de manera correcta y objetiva problemas menos generales para hacer efectivo el diseño, es decir no basta con solo tener el problema definido y el ejercicio para resolverlo, es de vital importancia poder dividir en pequeñas soluciones específicas para que el paso a paso nos dirija a la solución general.

Aun teniendo definido el problema general, este por sí mismo no basta para encontrar la solución total a dicho problema, teniendo claro este hecho es necesario ahondar aún más en este planteamiento, para encontrar vestigios singulares los cuales nos permitirán desarrollar un paso a paso más detallado y preciso para poder efectuar con precisión un diseño capaz de cumplir con los requerimientos del cliente y solucionar esta brecha entre las grandes maquinarias y la ejecución del proceso de manera artesanal.
Con esto presente ya tenemos dos pasos, el problema general y la profundización para el desglose del problema; permitiendo pasar de lo general a lo particular, aún más teniendo que cada sistema fue desglosado como uno aparte del otro debido a las implicaciones del mismo por lo tanto es un tercer paso el cual nos brinda herramientas específicas para efectuar un desglose correcto para encontrar las soluciones singulares y específicas para cada aspecto de la máquina.

Gracias a la partición del problema general, la ayuda del boceto inicial para la máquina y la subdivisión de cada sistema, se es posible obtener una guía para el cálculo de las partes y todos los componentes que engloban la embotelladora; obteniendo así una cuarta herramienta o en si el cuarto paso que nos encamina al diseño final gracias a las matrices de selección con los parámetros necesarios a seguir y los objetivos ya establecidos. Con esta herramienta ya establecida y visualizada se genera una jerarquización para el cálculo de los distintos componentes y sistemas, dando por resultado una manera ordenada de la cual partir y seguir el paso a paso para el desarrollo de los mismo obteniendo como resultado la facilidad para empezar los cálculos, por dónde empezar y que estos mismos ayudan a realizar otros cálculos pertinentes.

Aun con la linealidad establecida para la realización de este proceso, es notable encontrar una brecha hacia el diseño final puesto que el proceso ya descrito funciona como una corrección constante para los parámetros iniciales

que permitirán dirigirse y llegar hasta el diseño final el cual se establece como el más óptimo en base a los requerimientos del cliente, la utilización de materiales permitidos por el gobierno y la funcionalidad del mismo.

10.2. GUIA DE CALCULOS

En base a lo anterior mencionado, esta es una guía descriptiva de cómo se realizaron los cálculos para cada sistema y en general de la embotelladora.

1. Sistema principal
2. Sistemas Auxiliares
3. Mesa de trabajo
4. Banda Transportadora
5. Ruedas para movilidad de la mesa
6. Consideraciones posteriores al diseño y el calculo

10.3. CALCULOS

10.3.1. Carga a soportar

Para estimar de manera correcta las condiciones sobre las cuales debe operar el sistema principal; iniciando por el eje y el plato donde los recipientes tendrán posición. Teniendo en cuenta los elementos principales para el primer sistema es vital de suponer pesos, medidas preliminares y en conjunto con los bocetos, es posible determinar dichas características para realizar el cálculo referente a las cargas que soportara el eje principal, así como la estática que conformara el plato encargado de posicionar los recipientes, así como de transportarlo a través de cada uno de los sistemas. Teniendo la idea presentada (**Ver figura 10 y Figura 11**) y los métodos a realizar ya tenemos el 70% del problema planteado el porcentaje restante es la realización pertinente de dichos cálculos.
Con el problema planteado, se debe definir la variable principal a trabajar, los cuales son los recipientes (vasos); cada uno de estos tiene un peso aproximado de 10 g (0.01 Kg) en el estado vacío; la tapa del mismo recipiente un peso aproximado de 3g (0.003 Kg). La embotelladora tiene como principal enfoque la leche siendo este el líquido en base al cual se va a trabajar, este líquido, posee una densidad similar a la densidad del agua.

La densidad que posee el agua depende de la temperatura, esto ya que el valor aproximado de la misma es de 1000 Kg/m3 pero a una temperatura de 20° C seria de 998 Kg/m3 (Zarza, 2024); teniendo esta claridad, se debe investigar la densidad de la leche, ya que, esta depende en qué estado se encuentre ya que si la leche se encuentre desnatada tiene una densidad de 1038 Kg/m3, la leche deslactosada posee una densidad de 1027 Kg/m3 (Murcia, s.f.); por lo tanto se aproxima a la misma densidad del agua por practicidad de los cálculos que es de 1000 Kg/m3.

La capacidad máxima de cada uno de los recipientes es de 500 ml o 0.5 L, por la practicidad de cálculos igualamos cada uno de los valores presentados para facilitar su interpretación respecto a las unidades en las ecuaciones a usar.

$$1\ L = 0.001\ m^3$$ Ecu. 15

Con la anterior equivalencia definimos que:

$$0.5\ L = 0.0005\ m^3$$ Ecu. 16

Con las unidades igualadas aplicamos la ecuación.

$$M = \rho * V$$ Ecu. 17

Reemplazando valores.

$$M = 1000\frac{Kg}{m^3} * 0.0005\ m^3\ \rightarrow\ M = 0.5\ Kg \sim 500\ g$$ Ecu. 18

Con la masa definida de la capacidad del vaso, debemos sumar cada uno de las masas para determinar la carga que ejercerá cada uno de los recipientes en estado de llenado máximo que son los 0.5 L.

$$M_t = 0.5\ Kg + 0.01\ Kg\ \rightarrow\ M_t\ = 0.51\ Kg$$ Ecu. 19

Esta masa total ya calculada es la que utilizaremos para la mayoría de cálculos de diseño de las partes de la máquina, esta masa se debe transformar en variables de fuerza para realizar los cálculos mencionados anteriormente.

$$F = M * G$$ Ecu. 20

$$F\ = 0.51\ Kg * 9.81\ \frac{m}{s^2}\ \rightarrow\ F = 5.0031\ \frac{Kg * m}{s^2} \sim 5\frac{Kg * m}{s^2} \sim 5\ N$$ Ecu. 21

La fuerza obtenida es de 5 N aproximadamente por cada uno de los recipientes en estado de llenado máximo del mismo, por lo tanto, tenemos las cargas necesarias para efectuar los cálculos de diseño para cada uno de los sistemas.

10.3.2. Sistema principal

Para este sistema es necesario dividirlo en dos secciones el plato giratorio el cual se encarga de sostener los vasos y darles posición.

10.3.2.1. Plato giratorio

Con este elemento del sistema principal el paso a paso necesario para diseñarlo es aplicar el cálculo estático con las dimensiones preestablecidas por el diseño preliminar, teniendo claro si es necesario modificar estas dimensiones o podemos realizar la construcción a partir de estas ya estando confirmadas.
La carga a utilizar para este caso es del vaso en estado máximo incluyendo el peso de la tapa.

Masa del vaso = 10 g
Masa de la tapa = 3 g
Masa del fluido con capacidad máxima = 500 g

$$M_t = 0.5\ Kg + 0.01\ Kg + 0.003\ Kg\ \rightarrow\ M_t\ = 0.513\ Kg$$ Ecu. 22

$$F = 0.513\ Kg * 9.81\ \frac{m}{s^2} \rightarrow F = 5.033\ \frac{Kg * m}{s^2} \sim 5\frac{Kg * m}{s^2} \sim 5\ N$$ Ecu. 23

Teniendo ya esta carga máxima equivalente a los 5 N, es necesario determinar el momento para cada una de estas cargas en el espacio plano de la lámina inferior ya que esta es la encargada de soportar, estas anteriores mencionadas.

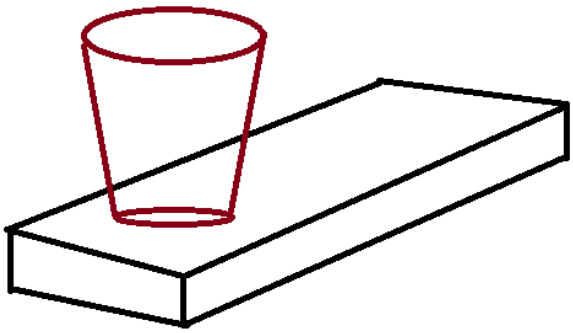
$$M = F * r$$ Ecu. 24

$$M = 5\ N * 0.120\ m$$ Ecu. 25

$$M = 0{,}5886\ Nm$$ Ecu. 26

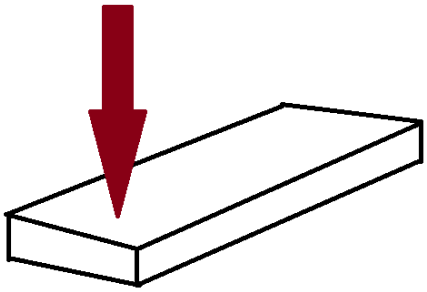
Con este momento equivalente a cada vaso, tenemos como un máximo unitario de vasos que residen en el caso máximo para el plato de 5 unid. Con esto tenemos 5 cargas puntuales repartidas por el radio del plato, con esto en mente se estima una carga en un determinado espacio plano como si fuera un rectángulo, para una mejor visualización del problema.

Figura 19. Visualización como platina



Nota Fuente Propia

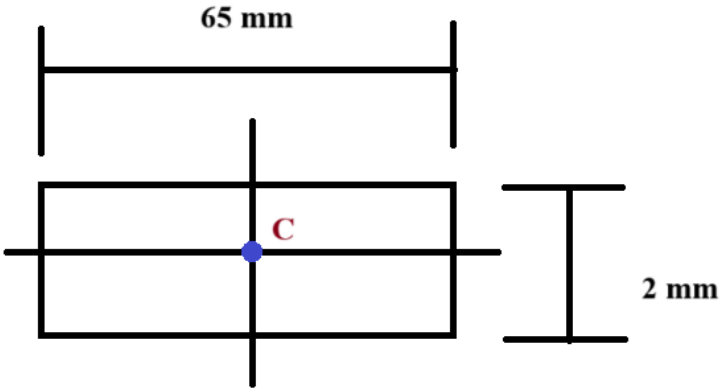
Figura 20. Visualización de fuerza puntual



Nota Fuente Propia

Teniendo esta visualizacion del problema empezamos determinando el momento de inercia.

Figura 21. Centroide



Nota Fuente Propia

$$I_x = \frac{b * h^3}{12} \qquad \text{Ecu. 27}$$

Con las medidas mostradas anteriormente como 65mm ancho del vaso, ancho de la lámina 2 mm, C = 1 mm (centroide).
Establecido el centroide y la ecuación del momento de inercia continuamos con la estimación del factor de diseño; utilizando el libro “Diseño de elementos de máquinas de Norton”, es posible realizar dicha estimación.

$$N_{ductil} = MAX\ (2{,}2{,}3) \qquad \text{Ecu. 28}$$

$$N = 3 \qquad \text{Ecu. 29}$$

Con dicha estimación desglosamos la ecuación del factor de diseño, ya que poseemos datos como el mismo, el esfuerzo a la fluencia, con esto podemos hallar el esfuerzo debido al momento en el material.

$$N = \frac{S_y}{\sigma} \qquad \text{Ecu. 30}$$

Despejando dicha ecuación para el momento

$$\sigma = \frac{S_y}{N} \qquad \text{Ecu. 31}$$

Con los datos $S_y = 241\ MPa$ del acero inoxidable 304, N= 3 obtenidos y la ecuación despejada determinamos:

$$\sigma = \frac{S_y}{3} = 241\frac{MPa}{3} = 80.\bar{3}\ MPa \qquad \text{Ecu. 32}$$

Con el esfuerzo por el momento obtenido, tenemos la ecuación para determinar

$$\sigma_x = \frac{M_y}{I} \qquad \text{Ecu. 33}$$

Teniendo los datos ya anteriormente resueltos como $M_y = 0.5886\ Nm$ y la ecuación para el momento de inercia

$$I_x = \frac{b * h^3}{12}$$ Ecu. 34

reemplazamos en la ecuación

$$\sigma_x = \frac{M * c}{\frac{b * h^3}{12}} = \frac{M * {}^{h}/_{2}}{\frac{b * h^3}{12}} = \frac{12 * M * h}{2 * b * h^3} = \frac{6 * M}{b * h^2}$$ Ecu. 35

Ya con la ecuación reemplazada y desarrollada, despejamos la misma para encontrar la altura mínima que necesitamos para este plato.

$$\sigma_{MAX} = \frac{6 * M}{b * h^2} \rightarrow h = \sqrt{\frac{6 * M}{b * \sigma_{MAX}}}$$ Ecu. 36

Despejada la anterior ecuación, reemplazamos los valores con el fin de encontrar la altura mínima.

$$h = \sqrt{\frac{6 * 0.5886\ Nm}{0.065\ m * 80.\overline{3}\ x\ 10^6 Pa}}$$ Ecu. 37

$$h = 0.822567\ mm$$ Ecu. 38

Con este resultado determinamos la altura mínima para que la estructura no se pandee por el giro ni por el peso de los recipientes en su llenado máximo.
Con lo tanto procedemos a calcular el factor de seguridad real

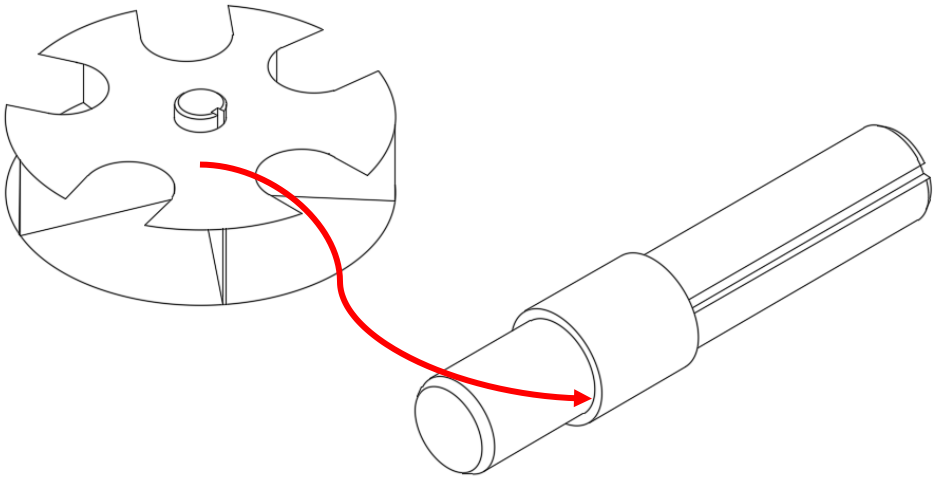
$$N = \frac{h}{h_2} \rightarrow \frac{2}{0.822562} = 2.4314$$ Ecu. 39

Con este resultado, tenemos que para las dimensiones preseleccionas con una altura mínima ya obtenida, tenemos el espesor mínimo para que este plato no pandee, por lo que utilizar un espesor mayor es un sobre dimensionamiento el cual se puede asumir en base al costo del material.

10.3.2.2. Eje principal

El sistema de repartición es el encargado de pasar el vaso por las estaciones correspondientes. Este sistema está acoplado a un eje el cual rota por medio de un motor paso a paso. El eje es parte fundamental del sistema ya que es el que transmite todo el movimiento.

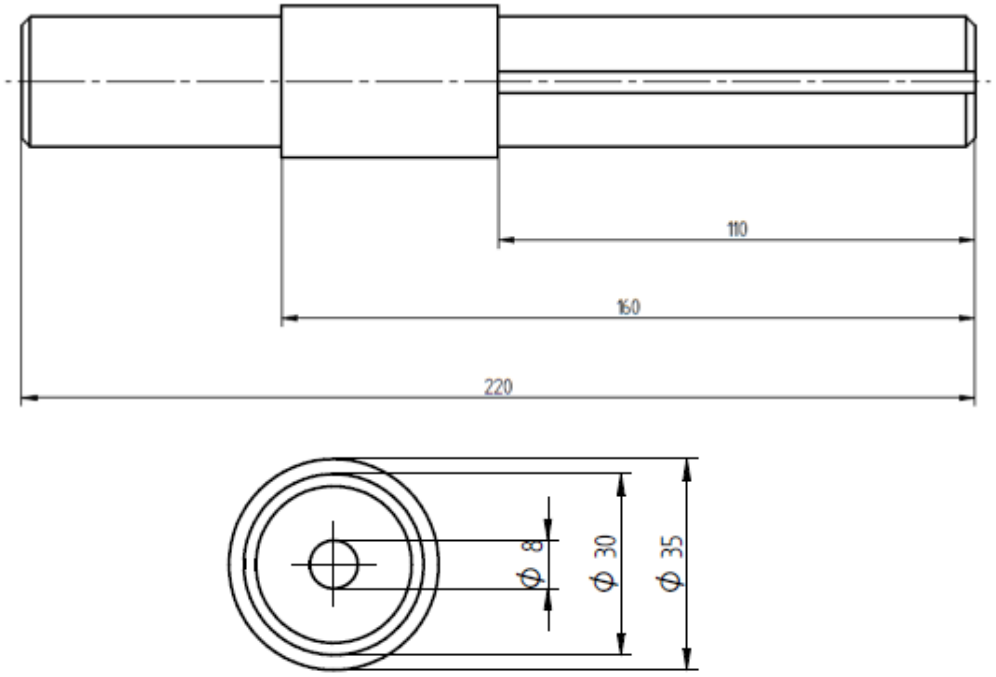
Figura 22. Partes del sistema principal



Nota Fuente Propia

Para el diseño del eje se usó el procedimiento descrito en el capítulo 12 del libro de mott por tal motivo resulta importante tener encuentra las dimensiones del eje y el torque al que este se encuentra sometido.

Figura 23. Dimensiones del eje



Nota Fuente Propia

El eje no se encuentra sometido a ningún esfuerzo cortante o flector, sin embargo, presenta en él un torque necesario el cual debe soportar para determinar la funcionalidad del eje. El torque esta descrito por la siguiente ecuación.

$$T = 5 \cdot r \cdot W$$ Ecu. 40

$$T = 5 \cdot 0{,}12\ m \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2} \cdot 0{,}5\ kg$$ Ecu. 41

$$T = 2{,}943\ Nm$$ Ecu. 42

En donde 5 representa el número de vasos en el sistema de repartición; r representa el radio del sistema de repartición, W representa la fuerza debido al peso de los vasos. Con esto será posible usar la ecuación de diseño de ejes.

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{k_t \cdot M}{S'n}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$ Ecu. 43

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$ Ecu. 44

$$D = \left[\frac{32 \cdot 3}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{3}{4} \cdot \left(\frac{2{,}943\ Nm}{241\ x\ 10^6\ Pa}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 6{,}86\ mm$$ Ecu. 45

Con esto nos es posible decir que para que el eje soporte sin romperse ni dañarse será suficiente únicamente con un diámetro mayor a $6{,}86\ mm$, sin embargo, en el diseño se evidencia que el diámetro del eje es, en realidad, mucho mayor, se podría decir incluso que se encuentra sobre dimensionada, sin embargo, esta fue una decisión de diseño para guardar la proporcionalidad en los elementos que componen los sistemas diseñados.

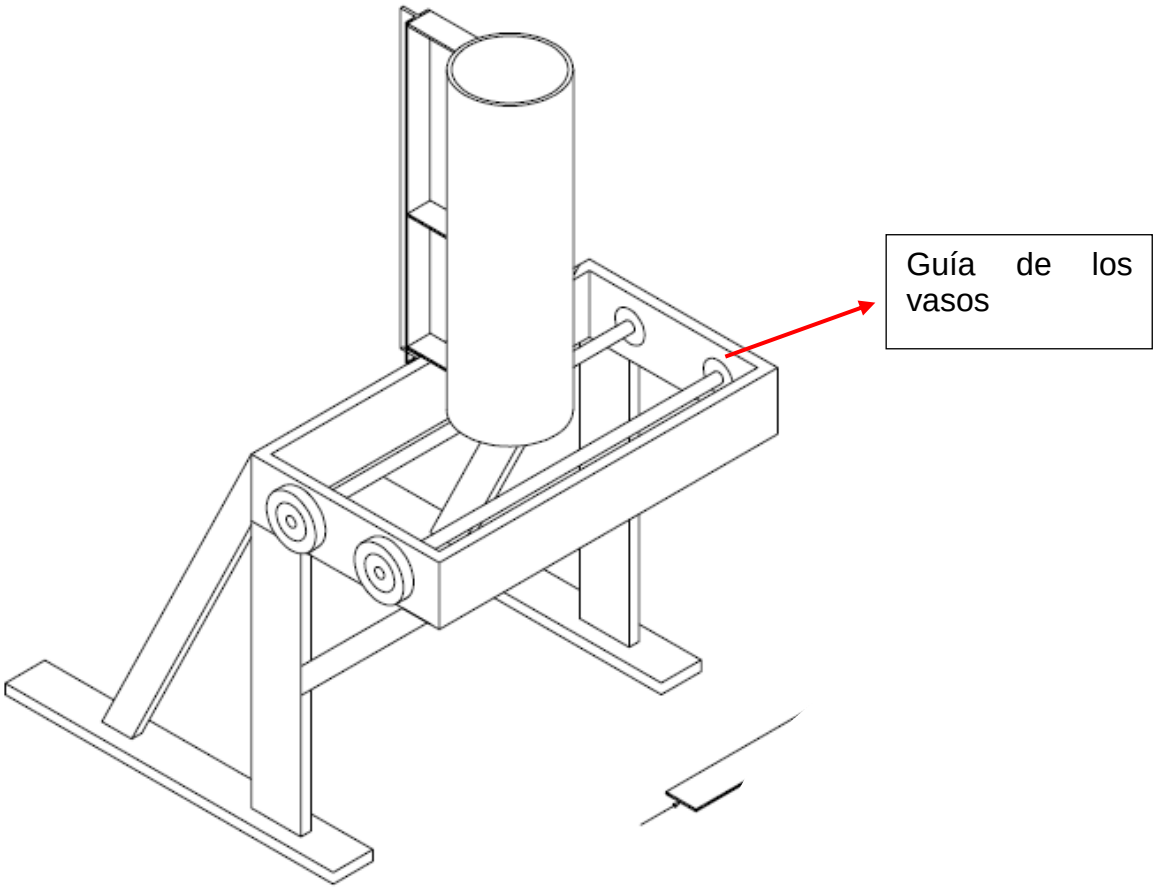
10.3.3. Sistemas Auxiliares

Para cada uno de los sistemas que tratamos en este apartado de cálculos, se le realizo en el apartado estático para cada una de las estructuras a emplear y que estas han sido capaces de no solo soportar el peso de los recipientes sino el peso de los motores, chumaceras, elementos complementarios etc. Teniendo esto en cuenta subdividimos cada uno de los sistemas para una mayor facilidad en los cálculos que se realizaron.

En lo que compete al análisis estructural de los mecanismos que integran todo el sistema de embazado o embotellado de la leche es importante aclarar que iniciaremos en ellos en el orden en que se utilizan o tienen utilidad en el sistema. Es decir, primero se iniciará con el sistema de deposición de vasos, luego el sistema de llenado no se le dará mayor importancia debido al poca cantidad o nula cantidad de esfuerzos que sufre; posterior se usará el sistema de deposición de tapas, y el de roscado de las mismas para finalmente terminar con la banda transportadora

10.3.3.1. Sistema de vasos

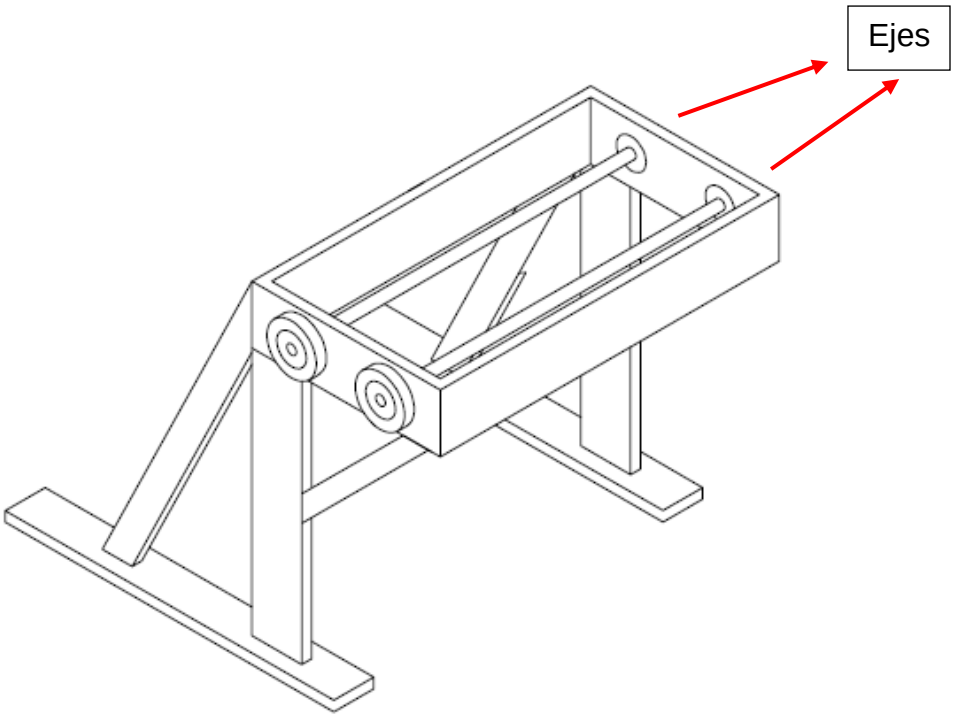
Figura 24. Sistema de vasos



Nota Fuente Propia

Como se ve en el sistema de deposición de vasos este consta principalmente, de una guía para los vasos, inicialmente planeada para depositar 11 vasos con un peso alrededor de 110 g entre todos. La guía, aunque parece ser el elemento más crítico debido a que está en voladizo, en realidad es el elemento menos crítico. Como su nombre lo indica la guía únicamente guía la posición de los vasos para ser depositados en los puntos deseados.
El primero de los elementos más críticos con los ejes los cuales sostienen el sistema de deposición de vasos

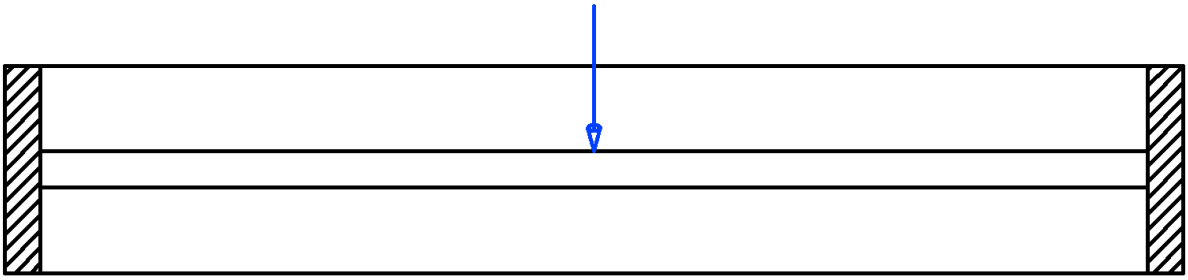
Figura 25. Soportes del sistema



Nota Fuente Propia

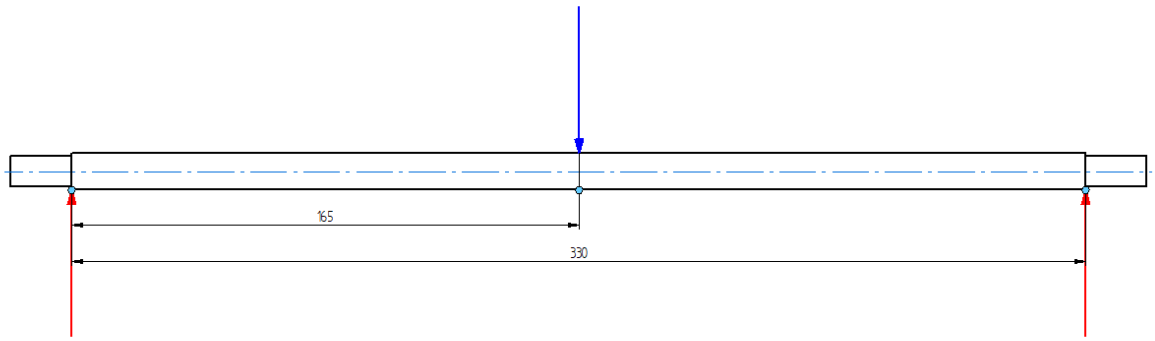
Ahora bien, por simple inspección visual sabemos que el peso de los 11 vasos estará repartido por sobre los dos ejes, sin embargo, sin embargo, para hacer del diseño un proceso más conservativo, es decir suponer que todo el peso de los vasos lo soporta un único elemento

Figura 26. Fuerza en el eje



Nota Fuente Propia

Figura 27. distancia de la fuerza



Nota Fuente Propia

$$\sum M_A = 0 \qquad \text{Ecu. 46}$$

$$R_B = \frac{0.165 * 0.11\ Kg * 9.81}{0.33} \qquad \text{Ecu. 47}$$

$$R_B = 0.539\ 55\ N \qquad \text{Ecu. 48}$$

$$\sum F_y = 0 \qquad \text{Ecu. 49}$$

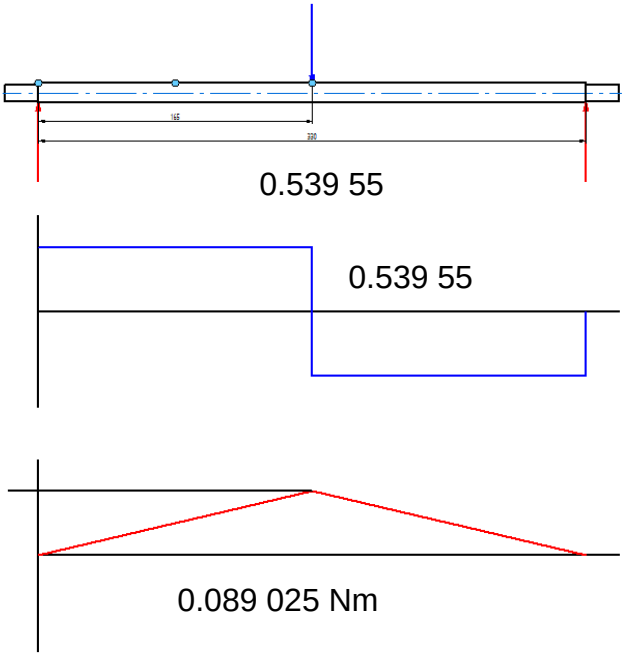
$$0 = R_A + R_B - F \qquad \text{Ecu. 50}$$

$$R_A = (0.11 \cdot 9.81) - 0.539\ 55 \qquad \text{Ecu. 51}$$

$$R_A = 0.539\ 55\ N \qquad \text{Ecu. 52}$$

Calculando las reacciones en los apoyos nos es posible hallar las gráficas de momento cortante y momento flector.

Figura 28. Diagramas de la carga



Nota Fuente Propia

Así con esto es posible calcular el diseño del eje más exactamente el diámetro tentativo que se necesita

$C_R = 0.9$; $C_s = 1.0$; $C_m = 1.0$; $C_{st} = 1.0$ $Sn = 172.365\ Mpa$ Ecu. 53

$$S'n = Sn \cdot C_r \cdot C_s \cdot C_m \cdot C_{st} = 155.1285\ Mpa \quad \text{Ecu. 54}$$

$S'n = 155.128\,5\ Mpa$; $Kt = 2.5$; $N = 2$; $M = 0.089\,025\ Nm$ Ecu. 55

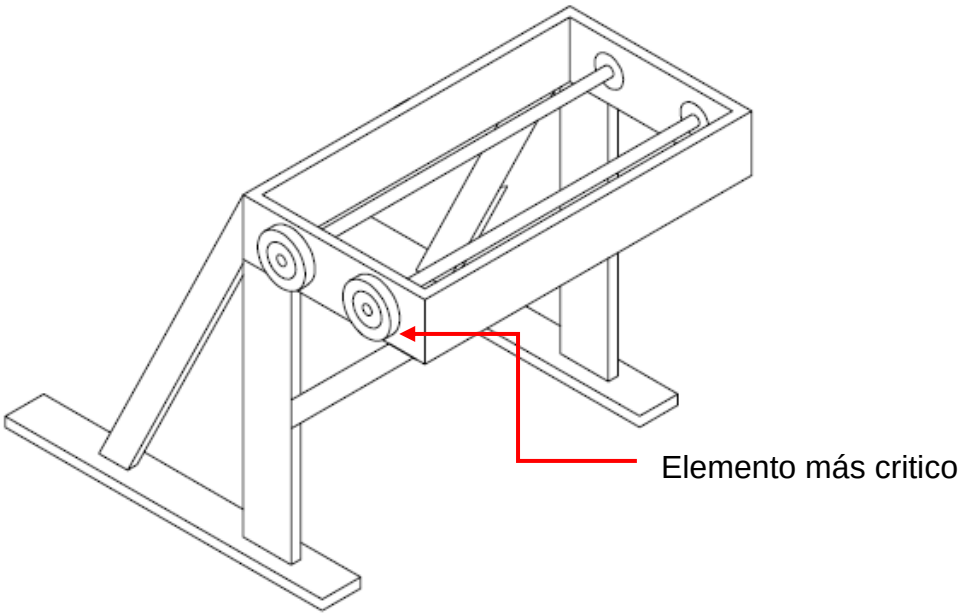
Ecu. 56

$$D = \left[\frac{32N}{\pi}\sqrt{\left[\frac{K_t \cdot M}{S'n}\right]^2 + \frac{3}{4}\left[\frac{T}{S_y}\right]}\right]^{\frac{1}{3}} = 0.00308\,032\ m = 3.080\ mm$$

El diámetro mínimo de diseño del eje es equivalente a 3 mm

Ahora bien, por ese lado se realizará el traslado de la fuerza sobre toda la estructura. Sin embargo, cabe aclarar que solo se calculará en el punto más crítico que es el que está soportando la fuerza más grande.

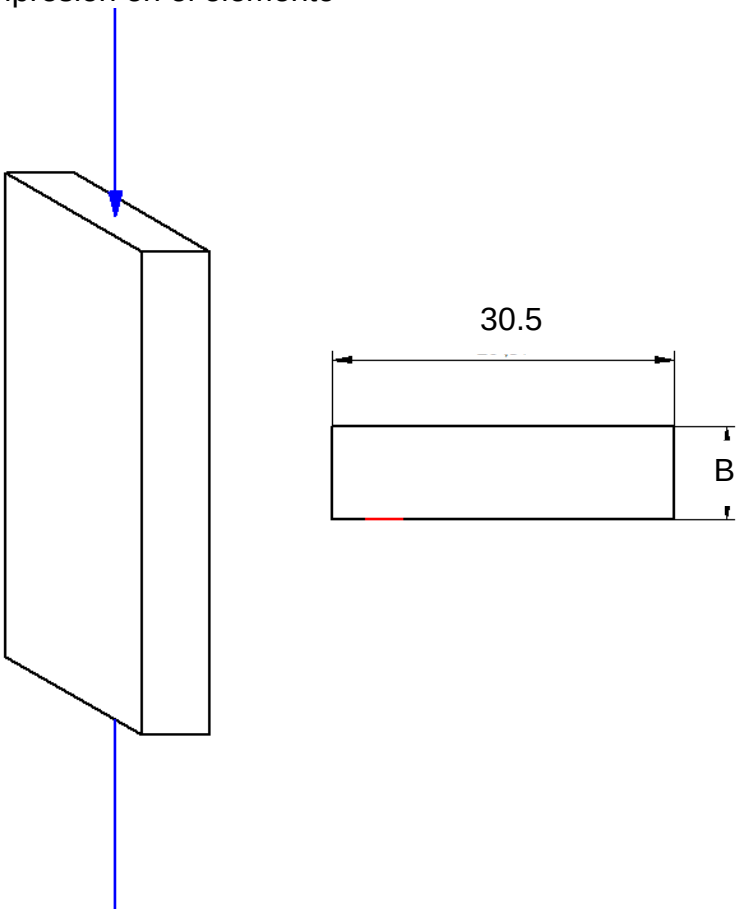
Figura 29. Elemento más critico



Nota Fuente Propia

Si se ve con atención este es elemento que tiene o soporta la mayor cantidad de fuerza, para saber la fuerza que soporta se usara la fuerza debido a los vasos que le ejercen al elemento una ligera compresión.

Figura 30. Compresión en el elemento



Nota Fuente Propia

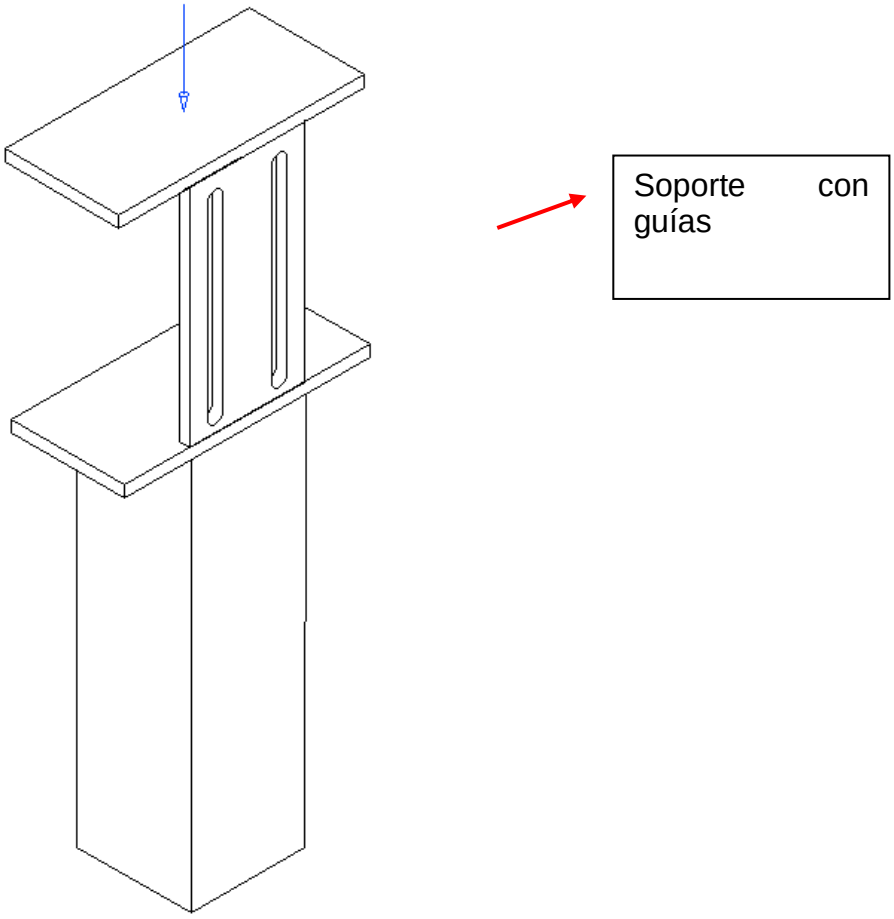
$$N = 3 \qquad S_y = 241\ Mpa \qquad \text{Ecu. 57}$$

$$N = \frac{S_y}{\sigma} \quad ; \quad \sigma = \frac{S_y}{N} \quad ; \quad \sigma = \frac{F}{A} \quad ; \quad A = b \cdot h \qquad \text{Ecu. 58}$$

$$b = \frac{F \cdot N}{S_y \cdot h} = \frac{1.079\ 1\ N \cdot 3}{241\ x\ 10^{6} \cdot 0.030\ 5} = 4.404\ x\ 10^{-4}\ mm \qquad \text{Ecu. 59}$$

10.3.3.2. Sistema de tapado

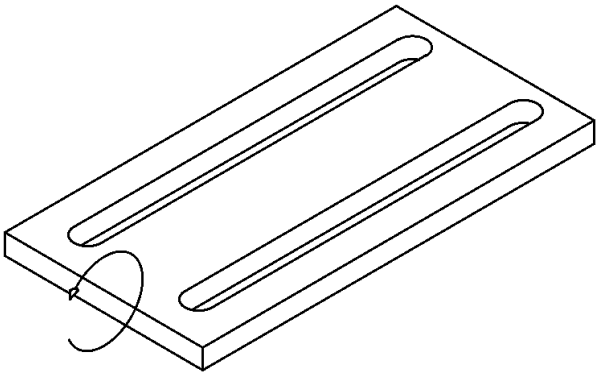
Figura 31. Cargas en el sistema



Nota Fuente Propia

Lo primero que debemos notar en el sistema es que esta pose una fuerza genera un momento sobre el soporte con las guías, debido a que el motor se encuentra desfasado con el área transversal del soporte con las guías.

Figura 32. Soporte con guías



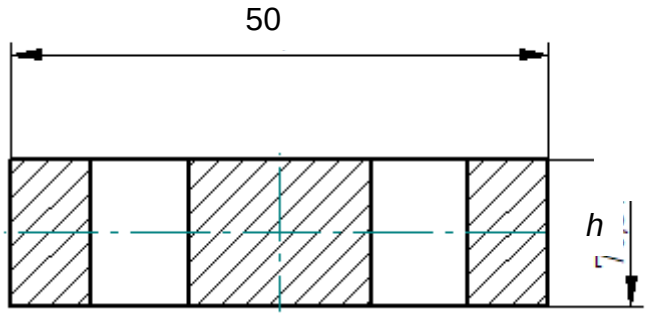
Nota Fuente Propia

Ahora bien, ese momento dependerá del peso del motor y el desfase de este.

$$M = 2\ Kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 0.02\ m = 0.392\ 4\ Nm$$ Ecu. 60

Este momento permitió calcular el grosor mínimo de la platina

Figura 33. Dimensiones del eler



Nota Fuente Propia

$$S_y = 241\ Mpa \quad ; \quad N = 3 \quad ; \quad C = \frac{h}{2}$$ Ecu. 61

$$N = \frac{S_y}{\sigma}\ ; \quad I = \frac{h^3}{12}(b - b_1) \quad ; \quad \sigma = \frac{Mc}{I}$$ Ecu. 62

$$\sigma = \frac{6M}{h^2(b - 2b_1)}$$ Ecu. 63

$$\frac{S_y}{N} = \frac{6M}{h^2(b - 2b_1)}$$ Ecu. 64

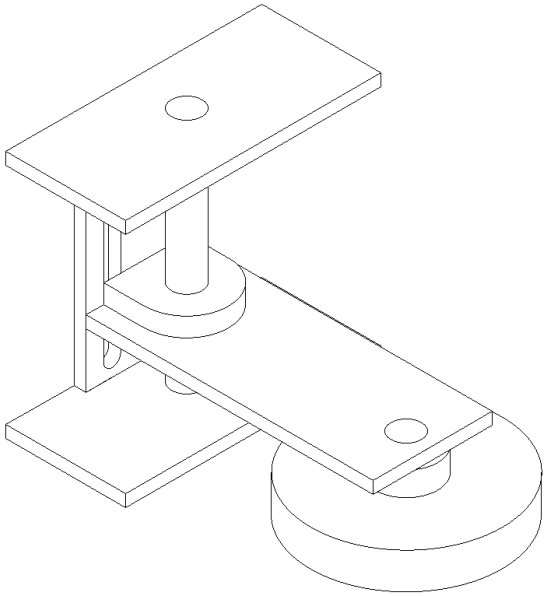
$$h = \sqrt{\frac{6\ M \cdot N}{h^2(b - 2b_1)S_y}} = \sqrt{\frac{6\ (0.3924\ Nm) \cdot 3}{\big(50 - 2(7)\big) \cdot 241\ x\ 10^6\ Pa}}$$ Ecu. 65

$$= 2.853\ 257\ x\ 10^{-5}\ m = 0.0285\ mm$$

Esa ecuación establece que el ancho mínimo para esa platina es de 0.0285 mm.

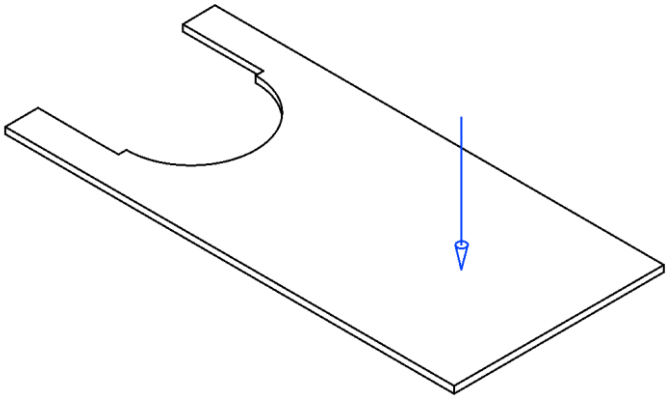
Ahora bien, por otro lado, la parte del sistema que se encarga del tapado también se encuentra en voladizo y también está sufriendo un momento que tendera a doblar la platina.

Figura 34. Visualización parte superior del sistema



Nota Fuente Propia

Figura 35. Platina auxiliar



Nota Fuente Propia

$$M = 1\ kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 0.109\ m = 1.069\ Nm \quad \text{Ecu. 66}$$

$$S_y = 241\ Mpa \quad ; \quad N = 3 \quad ; \quad C = \frac{h}{2} \quad \text{Ecu. 67}$$

$$N = \frac{S_y}{\sigma}\ ; \quad I = \frac{bh^3}{12} \quad ; \quad \sigma = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ecu. 68}$$

$$\sigma = \frac{6M}{bh^2} \quad \text{Ecu. 69}$$

$$\frac{S_y}{N} = \frac{6M}{bh^2} \quad \text{Ecu. 70}$$

$$h = \sqrt{\frac{6M \cdot N}{b \cdot S_y}} = \sqrt{\frac{6(1.039\ Nm) \cdot 3}{0.065\ m \cdot 241\ x\ 10^6\ Pa}} = 1.092\ 644\ x\ 10^{-3}\ m \quad \text{Ecu. 71}$$

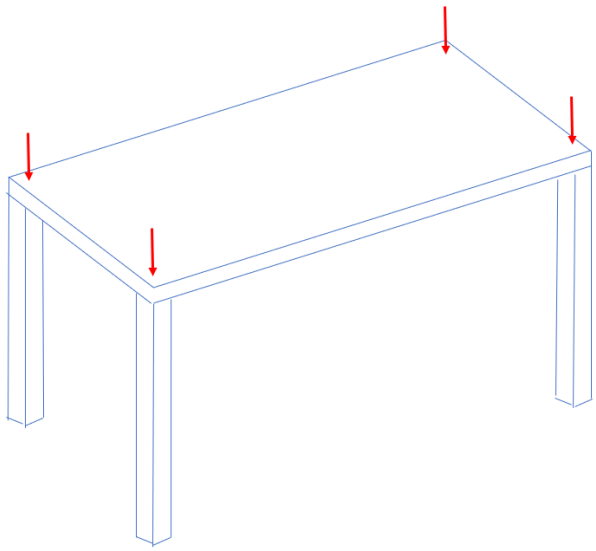
$$= 1.092\ mm$$

Con esto se tiene que el grosor mínimo que necesite la platina es de 1.092 mm.

10.3.4. Mesa de trabajo.

En un principio se diseñará la mesa suponiendo que la mesa soporta un peso de alrededor de 15 kilos, que están distribuidos por toda la mesa. Sin embargo, para hacer un diseño más conservativo se supondrá que la mesa y más exactamente sus elementos soportaran una carga puntual de 15 kg independiente mente.

Figura 36. Cargas en la mesa



Nota Fuente Propia

Con esto se supondrá que los apoyos de la mesa soportaran un esfuerzo a compresión y se comportan del siguiente modo

Figura 37. Comportamiento de la carga



Nota Fuente Propia

Esto permite ver cómo será aplicado el esfuerzo a través de este elemento.

$$N = 3 \quad S_y = 241\ Mpa \quad N = \frac{S_y}{\sigma} \quad \sigma = \frac{S_y}{N} \qquad \text{Ecu. 72}$$

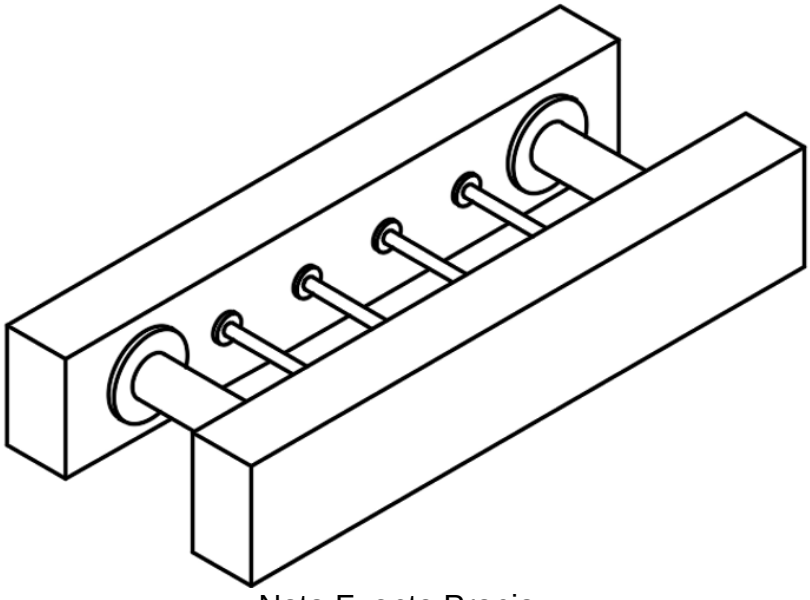
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \frac{S_y}{N} = \frac{F}{A} \quad a = \sqrt{\frac{FN}{S_y}} = \sqrt{\frac{15\ kg\ \cdot 9.81\ \frac{m}{s^2} \cdot 3}{241\ x\ 10^6}} \qquad \text{Ecu. 73}$$

$$= 0.001\ 353\ 41\ m = 1.353\ mm$$

El lado del cuadrado de mínimo 1.353

10.3.5. Banda transportadora.

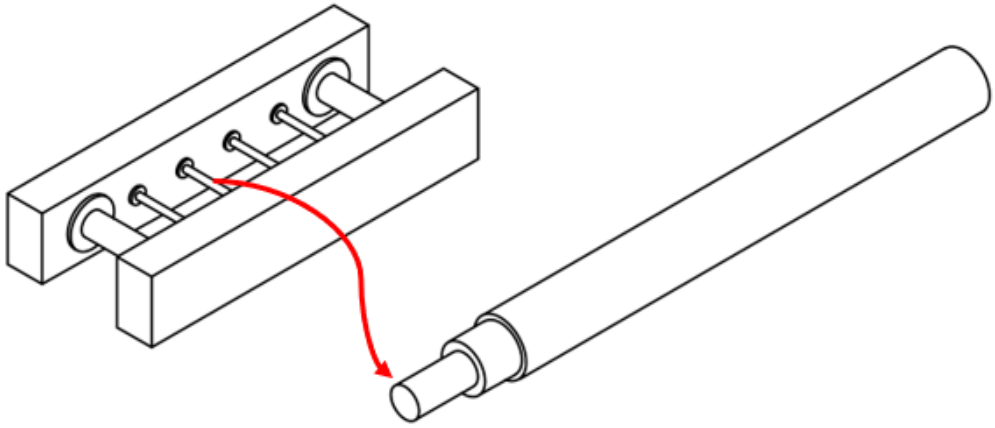
Figura 38 boceto banda transportadora



Nota Fuente Propia

Este es el diseño preliminar de la banda transportadora. En la figura se observa únicamente los soportes de esta no la banda; estos soportes están compuestos por un juego de 5 rodillos pequeños y dos rodillos de mayores dimensiones, los segundos se encargan de transmitir la potencia a la banda y generar la tensión necesaria, por otro lado, los primeros se ocupan de dar forma a la banda además de soportar el peso generado por el elemento que la banda transporta (vaso).

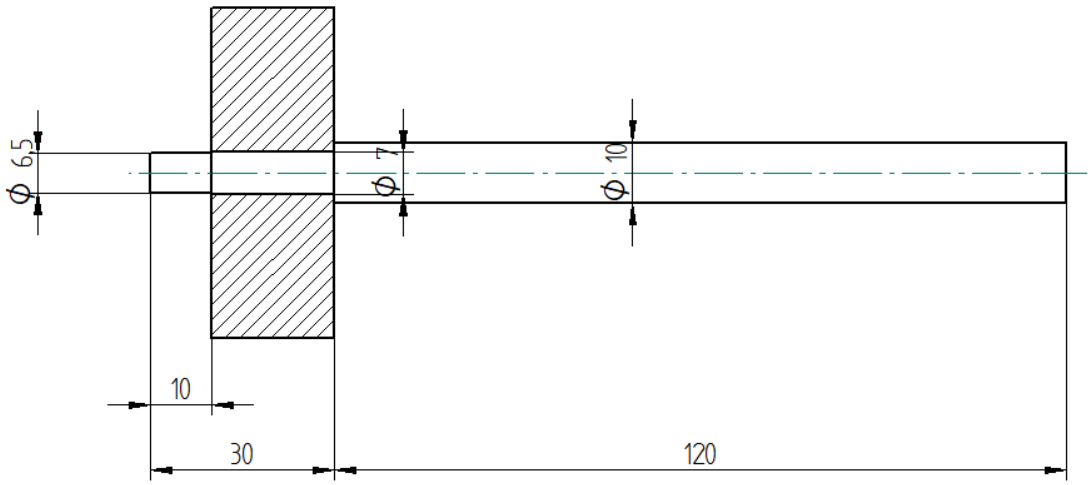
Figura 39 sección critica



Nota Fuente Propia

Para empezar con el diseño correspondiente de la banda, se tomará la parte más crítica de la banda en este caso, son los rodillos pequeños, puesto que están sometidos a un mayor peso, pero con menores dimensiones, por lo que, este es un elemento crítico, el cual guiara el diseño de la banda.

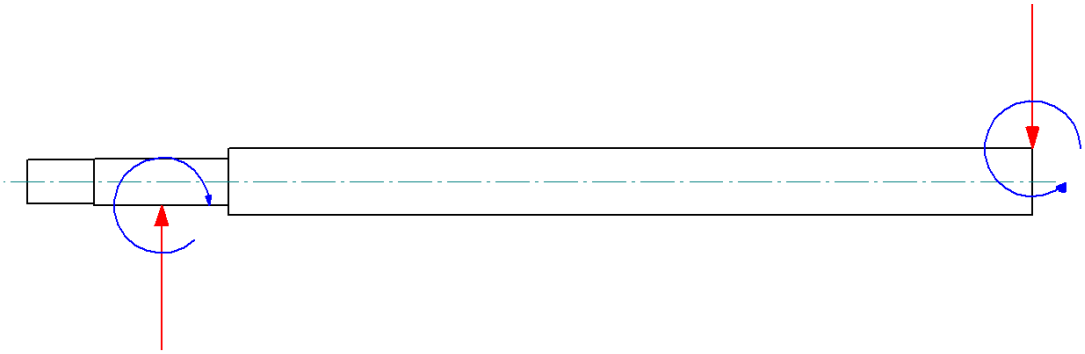
Figura 40 dimensiones del eje



Nota Fuente Propia

Iniciaremos el análisis con las reacciones que surgen en este elemento, para ello se aclara que las reacciones se tomaron en los casos más críticos, por ejemplo, primero tenemos las cargas R_A y M_A estas son las cargas debidas a la reacción del soporte en el punto A y las cargas W_v y M_v son aquellas debidas al momento y el peso generado por el vaso (elemento a transportar).

Figura 41 cargas en el eje



Nota Fuente Propia

$$\sum F_y = 0 \qquad \text{Ecu. 74}$$

$$R_A - W_v = 0 \qquad \text{Ecu. 75}$$

$$R_A = W_v \qquad \text{Ecu. 76}$$

$$R_A = (0{,}5\ Kg) \cdot \left(9{,}81 \frac{m}{s^2}\right) = 4{,}905\ N \qquad \text{Ecu. 77}$$

$$\sum M = 0 \qquad \text{Ecu. 78}$$

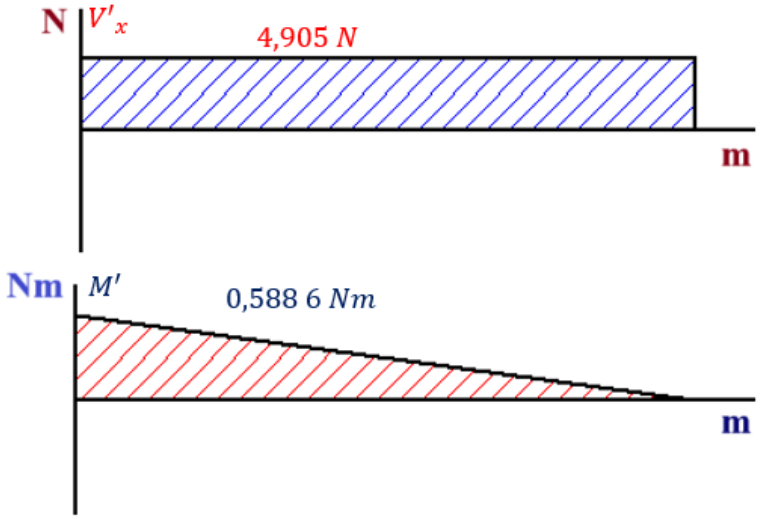
$$M_v - M_A = 0 \qquad \text{Ecu. 79}$$

$$M_A = M_v \qquad \text{Ecu. 80}$$

$$M_A = W_v \cdot (0{,}12) = 0.5886\ Nm \qquad \text{Ecu. 81}$$

Con esto es posible realizar los diagramas de fuerza cortante y momento flector, además de usar la ecuación de ejes para determinar las dimensiones y el diseño óptimo.

Figura 42. Fuerza cortante y momento flector



Nota Fuente Propia

Antes de usar la ecuación de diseño de ejes será necesario determinar el valor de $S'n$.

$$S'n = Sn \cdot C_R \cdot C_m \cdot C_{st} \cdot C_s \quad \text{Ecu. 82}$$

$$S'n = 172{,}369\ Mpa \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 0{,}81 = 139{,}618\ 59\ Mpa \quad \text{Ecu. 83}$$

El valor de Sn fue tomado de (Robert mott, figura 5-8), y los datos de los factores $C_R, C_m, C_{st}\ y\ C_s$ fueron tomados siguiendo el procedimiento de libro de robert mott.

Con esto nos será posible, ahora, usar la ecuación del diseño de ejes para poder determinar la dimensión mínima necesaria para el eje.

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{k_t \cdot M}{S'n}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y}\right)^2}\right]^{\frac{1}{3}} \quad \text{Ecu. 84}$$

$$D = \left[\frac{32 \cdot 3}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{2{,}5 \cdot 0{,}588\ 6\ Nm}{139{,}618\ 59\ x\ 10^6\ pa}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{1{,}4}{241\ x\ 10^6\ pa}\right)^2}\right]^{\frac{1}{3}} \quad \text{Ecu. 85}$$

$$D = 0{,}00709511\ m = 7{,}093\ mm\ \cong 7\ mm \quad \text{Ecu. 86}$$

Como podemos evidenciar el diámetro mínimo del eje es aproximadamente 7 mm que justamente lo planteado en el diseño geométrico esto para un material que corresponde con el acero inoxidable 304. Además de esto podemos establecer un diseño con factor de seguridad de 3, ya que la ecuación fue usada con este factor.

10.3.6. Consideraciones posteriores al diseño y el cálculo.

Con la confirmación teórica vista en los anteriores calculo debemos tener claridad, respecto al paso siguiente que es la fabricación de cada uno de las partes calculadas, aun con las dimensiones preseleccionadas y el cálculo determinando si estas mismas son viables o no, hay que ver la disponibilidad en el mercado para los grosores de materiales, el mismo tipo de material que planteamos en los cálculos, así como, la facilidad de este para su maquinado. Teniendo en cuenta lo anterior, en el proceso de fabricación del prototipo fue necesario adaptarnos a los materiales y sus dimensiones disponibles en el mercado, la facilidad de los mismos para su compra, la facilidad para su maquinado y la capacidad del mismo para que no se pandeara por la soldadura. Por esto, es de suma importancia, determinar qué tanto es necesario sobredimensionar los resultados obtenidos para poder adaptarse al mercado de los materiales.

11. RESULTADOS

Con la finalidad de contrastar la respectiva información teórica y su aplicación para cada cálculo de diseño efectuado respecto a la embotelladora contra la construcción del previsto prototipo, es necesario generar el presente apartado; postulando un análisis profundo de dichas generalidades respecto a su fabricación.

La embotelladora a nivel de diseño poseerá las siguientes características:

- Sistemas autónomos tales como, entrada de vasos, sistema de llenado, puesta de tapas, roscado de tapas, salida del vaso.
- Capacidad máxima de 5 vasos en proceso.
- Banda transportadora desde el sistema principal al borde de la mesa
- Dimensiones de la mesa de 1.19*0.69*90 m
- El motor principal con torque igual o superior a 1.5 N
- Los motores auxiliares con torque igual o superior a 0.8 N
- Estructuras con capacidad de almacenamiento máximo para 8 vasos
- La estructura principal presente facilidad para su movilidad (traslado)

Gracias al diseño preliminar se obtiene una pre visualización de las diferentes posiciones de cada uno de los sistemas auxiliares, en contraste, al momento del ensamble, no todas las disposiciones fueron las previstas esto porque por una mejor extracción del recipiente y pase a la banda; esta, se dispuso en la mitad de la mesa por un mejor efecto estético y la disposición respecto al resto de los sistemas y un mejor paso a la siguiente estación de embotellado.

Para cada sistema se observó en cuanto a su diseño preliminar la necedad de cambios mínimos en cuanto a una exactitud a su funcionamiento; por ejemplo para el sistema de tapado fue necesario agregar una lámina con dobles al final la cual aporta posición a la tapa respecto al vaso ya que este sistema funciona por movimiento del plato para sustraerla del sistema, teniendo como método de sujeción unas pinzas las cuales al final poseen un resorte, esto con el propósito de sostener la tapa ya que estas bajan por gravedad y en el momento de movimiento del sistema principal son haladas por la orilla del vaso, en el momento en que la tapa ya está posicionada sobre el vaso el resorte se encuentra comprimido ya que se encuentra en transición fuera del sistema, ya cuando la transición termina, teniendo la tapa fuera del sistema; el resorte se encarga de volver a la posición original las pinzas que sostienen nuevamente la siguiente tapa.

Para el sistema de vasos aun contemplando las medidas exactas en su diseño y aun dejando una tolerancia suficiente para que el recipiente quede holgado y tenga una facilidad para su salida al sistema principal, mas, sin embargo, fue necesario re ajustar esas medidas con ayuda de una lima basta y una lija 1500 de grano la cual no solo facilito la salida del recipiente, sino que mejoro la movilidad del sistema en su generalidad, esto debido a que aun en la construcción en base a los planos y cálculos realizados es vital rectificas y tomar las acciones necesarias en dicho proceso.
De igual manera en el sistema para la inserción de las tapas como dicho anteriormente en los procesos de fabricación y construcción fue necesario

rectificar los límites de dichas construcciones y asegurar los agujeros para su acople con movimiento, de igual manera los topes para los resortes que ayudaran en sus compresión y tensión para ejecutar el sistema de manera correcta.

Continuando con la construcción para el sistema de tapado (roscado) se elaboró en su diseño mediante un sistema de tornillo de potencia como eje central el cual ejecuta un sistema tipo elevador con un sistema integrado por motor paso a paso; este tornillo de potencia elevara un segundo motor el cual posee un acople con el diámetro de la tapa el cual internamente tiene un recubrimiento para generar una superficie de adherencia por un polímero elástico (caucho) el cual genera la suficiente fricción para tapar bien el recipiente y este no presente fugas, en su construcción fue necesario rectificar las tolerancias predichas por el diseño preliminar; así como agregar unos ranurados con el fin de agregar guías a la platina del segundo motor, para una mayor precisión a la hora del funcionamiento.

Para el sistema principal del cual se compone el eje y el plato de posición, fue necesaria la intervención con lima para eliminar las impurezas generadas por el oxicorte así como de las esquinas filosas fueron removidas; estas ya que no se contemplaron su peligrosidad a la hora de mandar a hacer los cortes, en el momento de su remoción fue necesario también generar unas ranuras cada una de manera central y a 72° de distancia cada una esto para que la extracción del producto final sea más sencilla y este proceso final evite caídas del recipiente o alguna mala operación la cual resulte ene el detenimiento de la máquina.

12. RELACION DE COSTOS DE PROYECTO

Dentro de la realización del proyecto, fue necesario determinar en qué material seria la construcción del prototipo del mismo, esto debido a que por normativa sanitaria de los pocos materiales que cumplen con la misma es el acero inoxidable, mas sin embargo, con la finalidad de que el prototipo cumpla con los estándares funcionales de la maquina real diseñada, se optó por escoger materiales no aptos con una resistencia similar para emular a la maquina real, por lo tanto se maneja un costo menor al que sería la fabricación con el material apto.

Tabla 9 Costos de material

Costos de fabricación	
Estructura de la mesa	$ 120.000
Lamina de la mesa y plato giratorio	$ 140.000
Eje central	$ 40.000
Acoples de aluminio	$ 25.000
Tornillo de potencia	$ 12.000
Varilla rectificada	$ 10.000
Lamina de sistema auxiliar de vasos	$ 90.000
Cuadrante estructura de sistema auxiliar de vasos	$ 20.000
Lamina de sistema de tapas	$ 10.000
Impresiones 3D de sistema de tapas y vasos	$ 90.000
Cuadrante y estructura de tapado	$ 25.000
Nylon de enroscado	$ 25.000
Lamina de guarda	$ 60.000
Chumaceras	$ 80.000
Aluminio para la banda transportadora	$ 130.000
Ejes de banda transportadora	$ 50.000
Cinta de banda transportadora	$ 18.000
Caja panel de control	$ 40.000
Tornillería general	$ 60.000
Soldadura	$ 30.000
Pintura	$ 190.000
Total	$ 1.265.000

Nota Fuente Propia

Esta tabla de costos es para materiales de lámina comunes como lo son el CR (Cold Rolled) y el HR (Hot Rolled) para lo que es la estructura de la mesa, la cubierta de la mesa, los sistemas auxiliares, guardas, soporte de los motores etc. Tornillería cincada en vez de tornillería de acero inoxidable; las chumaceras si comparten el mismo valor ya que estas pueden tomarse como estándar, así mismo, el costo de pintura desaparecería al usar el material original, pero en contra medida el valor de soldadura aumentaría drásticamente gracias al tipo de soldadura especial que requiere el material.

13. RECOMENDACIONES

Para este apartado es imperativo aclarar que, para cada diseño con su fabricación de prototipo, hay cabida para la mejora y actualización del mismo, por ende, habiendo finalizado el proceso mencionado anteriormente, puedo ofrecer las siguientes mejoras para la actualización del prototipo:

13.1. OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DEL VASO

Como primer paso para el funcionamiento del prototipo es la caída del vaso vacío al sistema principal de una manera autónoma, durante la fabricación se denoto el mayor tamaño de este sistema frente a los demás esto claro, ya que para el vaso cayera de una manera controlada fue necesario no solo diseñar el sistema para que al momento del que el vaso fuese expulsado en dirección al sistema principal este aun pueda retener los siguientes vasos en cola, teniendo en cuenta que debe mantener una posición estática para no afectar la caída libre del vaso, es posible una reducción del tamaño de este auxiliar y que aun mantenga su correcto principio de funcionamiento.

13.2. UTILIZACIÓN DEL MATERIAL

Para este caso el prototipo fue construido en acero de uso común tal como laminas en CR y HR, acero 1020 y 1045, aluminio, tornillería cincada etc. Es imperativo para la realización de la maquina sea con material autorizado por la secretaria de salud, es decir, acero inoxidable y materiales derivados que no posean componentes que cambien la inocuidad de los alimentos, es por ello que es de alta necesidad al momento de la fabricación de esta máquina sea en materiales aprobados y destinados al uso en alimentos.

13.3. BANDA TRANSPORTADORA

Teniendo en cuenta el punto anterior, si bien este elemento que hace parte del prototipo cumple con los requisitos de diseño y cumple de manera óptima su función principal es posible un aumento de su tamaño para un mejor transporte hacia las otras áreas de la línea pasteurizadora y que el personal operario a cargo de la misma tenga un mayor rango de visualización por si alguna eventualidad imprevista sucede.

14. CONCLUSIONES

- Mediante la exhaustiva investigación de los prototipados y/o hasta maquinas industriales de bajas cantidades; obteniendo un listado de cada una de ellas como por ejemplo las características, dimensiones, requerimientos de infraestructura, cantidades de operación, unidades finalizadas por hora etc. Contrastando lo anterior frente a los requerimientos del cliente se generó una nueva lista la cual fue clasificada en base a la relevancia que le proporciono el cliente a cada uno de sus requerimientos; teniendo ese punto de partida se produjo la primera matriz de selección la cual califico la operación general de las máquinas y prototipos pre seleccionados descartando las máquinas de uso industrial, gracias a su gran tamaño y la complejidad que están presentes en su mantenimiento y operación. Reduciendo la cantidad de competidores, para la segunda matriz el número de competidores comparten componentes similares, así como principios de funcionamiento y unas ligeras discordancias referentes a las posiciones para sus sistemas auxiliares. Por lo tanto, en su ponderación final dentro de la segunda matriz; estas obtuvieron calificaciones similares, de igual manera, relucieron los prototipos con características similares y estos incluían una banda transportadora para su funcionamiento. Con lo anterior ya establecido, únicamente resalta la posición de la banda si es en el inicio para la inserción de los vasos o al final del sistema para que los recipientes ya finalizados sean capaces de moverse hasta el extremo de la mesa, debido a que la única decisión restante que no pueden suplir las matrices de selección, resulta en manos del cliente quien, por conveniencia, determina que esta misma se ubique al final del sistema. Por consiguiente, gracias a este método empleado se descartó de manera sencilla y asertiva los competidores uno por uno dejando en constancia que diseño se emplearía y que modificaciones son necesarias realizarlas.

- Con el diseño conceptual ya definido con el objetivo anterior, lo siguiente es realizar un diseño preliminar de cada uno de los sistemas a emplear partiendo de los prototipos con mayor puntaje en las matrices de selección, de esa manera relacionamos estos prototipos con el diseño preliminar ya de partiendo de estas particularidades presentamos unas dimensiones preliminares con las cuales se especula por lógica que funciona correctamente cada sistema por lo tanto tenemos unas dimensiones preestablecidas con las que empezaremos a trabajar en el diseño de esta, con las cuales dependiendo del resultado estas dimensiones serán modificadas o se continuara con ellas en su fabricación. De igual manera como en la explicación anterior con el diseño preliminar tenemos unas dimensiones pre establecidas de cada uno de los sistemas, por ende, aplicaremos el procedimiento mencionado en las diferentes teorías de diseño; partiendo desde estas dimensiones, aplicamos las teorías de diseño que se encuentra en los libros “Diseño de máquinas de Norton” y en “Diseño de elementos de máquinas por Robert Mott”. Con lo anterior ya determinado, se procede a realizar un diseño preliminar de las partes que conforman toda la

maquina partiendo del sistema principal el cual consta de un eje central y un plato el cual le da posición a cada uno de los vasos a usar; con este diseño preliminar se inician los cálculos de la estática del plato aplicado a un solo material este siendo el acero inoxidable 304, obteniendo su grosor y factor de seguridad los cuales permiten determinar que las dimensiones determinadas en el diseño, son correctas y es viable seguir este mismo. Teniendo la confirmación de los cálculos hechos para cada una de las piezas, se realizan las modificaciones pertinentes en base al procedimiento anteriormente realizado.; directamente con el paso ya definido, así como, los diseños preliminares y sus dimensiones para rectificar mediante las teorías de diseño, es como se determinó y se rectificó las medidas preestablecidas debido a los valores de sus respectivos factores de seguridad, obteniendo, una media de 2.1 en los mismos; teniendo como resultado el hecho de no necesitar modificar los valores preestablecidos por nosotros mismo y así fabricar cada uno de los sistemas que conformaran la máquina.

- En el caso de la fabricación de esta máquina es vital entender que la única carta de materiales con certificación para este proceso, son cualquier acero inoxidable, aceros con baños especiales y polímeros que no alteren las características organolépticas del alimento; estos anteriores, como lo serían los aceros con baños en aceite o en metales como el oro y la plata, estos todos, descartados a razón del costo de obtención y su forma de maquinado. Por lo tanto, como dicho en el objetivo anterior se tomó como base uno de los aceros más comunes y comerciales en inoxidables siendo este el 304, teniendo una investigación hecha en los establecimientos de metalmecánica, oxicortes y dobladoras en base a los planos realizados con ayuda de los cálculos ya realizados, cual es el que nos recomendaban, costos de los mismos y su facilidad para su mecanizado. Teniendo este punto de partida en cuanto a dimensiones, factores de seguridad, costos y facilidad de maquinado, de igual manera, que con el anterior material se realiza el mismo tipo de investigación para los materiales a usar el cual se definen como acero AISI SAE 1045 para los ejes, HR (Hot Rolled) para el plato de posición y los sistemas auxiliares que poseen motor como el sistema para los vasos y el sistema de tapado, CR (Cold Rolled) en sus calibres de lámina para el sistema de las tapas, recubrimiento de la mesa y la guardia del plato, Aluminio para los acoples de los motores a los ejes, Poliamida (nailon) para el acople que tiene como función roscar las tapas, acero AISI SAE 1020 para los soportes de rodamientos del sistema de vasos, filamento de poliamida para la impresión 3D de la separadora de vasos y las pinzas retenedoras del sistema de inserción de tapas, tubo o perfil cuadrado -rectangular de HR para la fabricación de las estructuras de la mesa y los sistemas auxiliares; estos materiales con función de reemplazo del acero inoxidable y los polímeros certificados por el ministerio de salud para la fabricación de máquinas con enfoque de procesamiento de alimentos.

- Para el siguiente objetivo, es pasar de la culminación teórica de los anteriores objetivos a la práctica de la fabricación, con los planos

realizados es momento de realizar la compra de los materiales necesarios, tornillería, chumaceras, o ‘ring, rodamientos, banda de la banda transportadora, tornillos de potencia, motores, drivers, botones (paro de emergencia, encendido), pantalla led, sensores, finales de carrera etc. Con dichos materiales ya comprados, cortados; pasan a la siguiente fase que es su maquinado, donde gracias al manual de tolerancias de Casillas, se realizan ajustes a todos los elementos como por ejemplo agujeros, ejes, soportes, acoples etc. Gracias a estas herramientas presentes en los planos, libros y la experiencia de los laboratoristas se finaliza la etapa de producción de las diferentes partes que componen cada sistema y se procede con el último paso en la fabricación; para la etapa de ensamblaje se utilizaron procesos de fijación como la soldadura para las estructuras de la mesa y para cada uno de los sistema auxiliares los cuales emplean un método de sujeción permanente como lo son tornillos; estos, para un fácil transporte de la máquina y una facilidad para el mantenimiento de los sistemas ya mencionados. Teniendo dicho ensamble de las partes de la maquina se procede a realizar uno de los últimos pasos, el cableado de los motores, drivers, sensores, tarjetas programadas, pantalla, paro de emergencia y switch de encendido; estas evidencias del proceso las podemos encontrar en los anexos de este documento. Ya con la última etapa de ensamblaje se procede a realizar las respectivas pruebas al prototipo realizado para determinar las características que este posee.

15. REFERENCIAS

Barahona, C., & Montenegro, J. (Mayo de 2022). *Simulacion de un sistema de llenado, sellado y etiquetado de leche bovina en el municipio de Cumbal*. Obtenido de Corporacion Universitaria de Nariño: http://repositorio.aunar.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/20.500.12276/1272/Art.%20I.M.C%20192.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Barbosa Pinzon, N. D. (2015). *Propuesta estrategias para la produccion y distribucion de leche en Acacías, Meta*. Obtenido de Universidad de la Salle: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1470&context=maest_administracion

Calle Flores, J. C. (2017). *Diseño de un programa de mantenimiento de una línea de producción en la embotelladora La Cascada S.A.* Obtenido de Universidad mayor de San Andres: https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18655/PG-2086.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Castilla Gomez , J. A., & Vergel Gomez, Y. A. (1 de Febrero de 2023). *Análisis del sistema de producción lácteo y su índice de crecimiento productivo en los últimos 6 años en Colombia*. Obtenido de Unidades Tecnicas de Santander: http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/11899/F-DC-125%20INFORME%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Comac kegging, b. a. (2024). *Comac*. Obtenido de https://www.comacitalia.es/

Cortez Espinosa, A. E., Parada Zelaya , E. J., & Valencia Chavez , A. I. (Noviembre de 2021). *Propuesta de diseño de una maquina llenadora de envases PET*. Obtenido de Universidad de El Salvador: https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/25518/1/PROPUESTA%20DE%20DISE%C3%91O%20DE%20UNA%20M%C3%81QUINA%20LLENADORA%20DE%20ENVASES%20PET.pdf

EMP. (15 de Septiembre de 2021). *Easy HomeMade Projects*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=26YH8Mtsxzg&t=519s

Ionos Digital Guide . (16 de Septiembre de 2021). *QFD: ¿qué significa Quality Function Deployment?* Obtenido de Ionos Digital Guide web site: https://www.ionos.es/digitalguide/online-marketing/analisis-web/qfd-quality-function-deployment/

Muñoz Sanchez, J. J. (Febrero de 2016). *Construcción de una maquina llenadora y tapadora lineal para botellas PET. De 500cc semiautomática*. Obtenido de Universidad tecnica Del Norte: http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4603

Ortega Navarrete, R. D. (Enero de 2013). *Diseño y construcción de una maquina para envasado de agua*. Obtenido de Universidad autónoma nacional de México: http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/6479/1/TESIS.pdf

Projects, N. (Septiembre de 2018). *Nevon Solutions PVT Ltd*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=JdXzMI1PXcs

Quintero Niño, M. J., & Rutto Ortega, Y. C. (Mayo de 2020). *Estudio de factibilidad de una empresa pasteurizadora de leche en la finca "La Isla"*

en el sector de canal, municipio Fernández Feo, estado Táchira . Obtenido de Universidad Catolica de Colombia: https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/d5b5a27d-fb04-47f6-9a75-7780738d4e3e/content

Rivera Mejorada , J. A. (11 de Enero de 2022). *Matriz de seleccion*. Obtenido de Linkedin: https://es.linkedin.com/pulse/matriz-de-selecci%C3%B3n-josu%C3%A9-alexis-rivera-mejorada

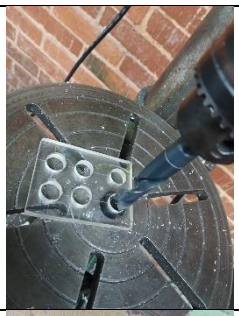
Social, M. d. (12 de Diciembre de 2012). *Resolución 4142 de 2012*. Obtenido de Ministerio de Salud y Proteccion Social: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-4142-de-2012.pdf

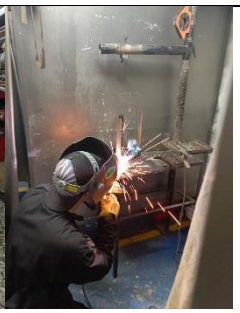
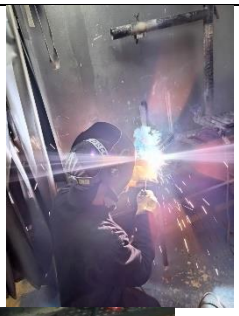
Systems, I. F. (2023). Obtenido de IC Filling Systems LTD: https://www.icfillingsystems.com/

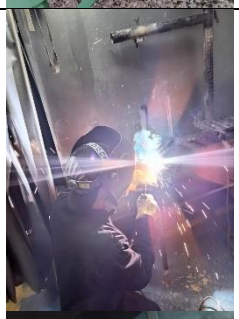
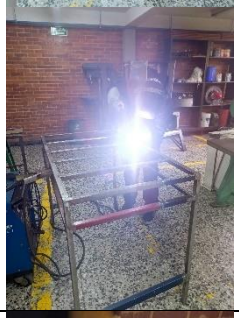
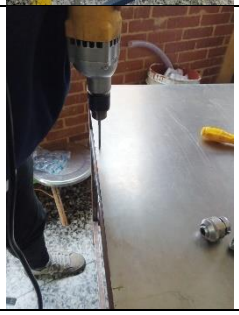
UNAM, D. F. (2018). *Universidad Nacional Autonoma de Mexico*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=W3Y9RtnjLCM

Vasquez Ospina , A. A., & Cortés Angel , K. A. (2014). *Diseño y construcción del prototipo de una máquina de embotellado de jugos pasteurizados*. Obtenido de Universidad Tecnologica de Pereira: https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/b85b536b-c53a-4dd2-9a50-23f77d3946c0/content

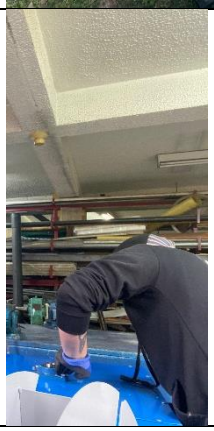
Etapa de fabricación	Evidencias
Montaje y mecanizado del eje (ranurado, agujero de centro, agujero para eje del motor, rosca para prisioneros)	 
Montaje y mecanizado de buje para el plato	
Soldadura del plato y sus partes	 
Doblado, soldado de la guarda y sus soportes a la mesa	 

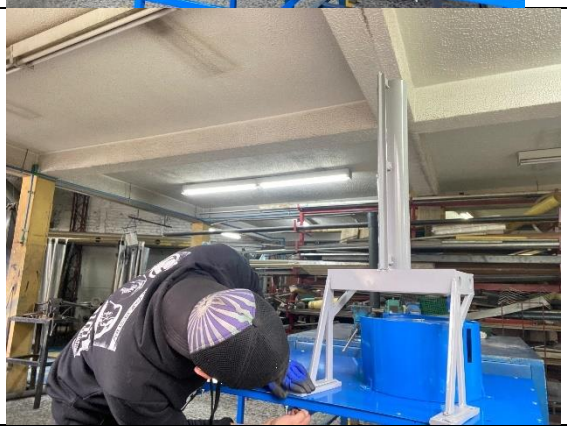
Agujeros para el soporte del sensor	
Doblado de la guía para la manguera de llenado	
Montaje y mecanizado de los soportes de rodamientos	 
Montaje y mecanizado de los agujeros para las platinas laterales del sistema de vasos	   
Montaje y mecanizado de la guía cilíndrica, tornillo de potencia	 

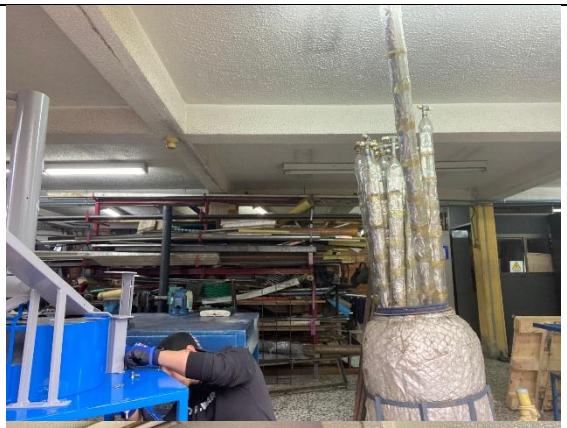
Soldadura de la estructura del sistema de vasos	   
Montaje y ranurado, agujeros, soldadura del sistema de tapado	  
Montaje y mecanizado del acople para el tapado	
Pegado de polímero elástico para el acople de tapado	

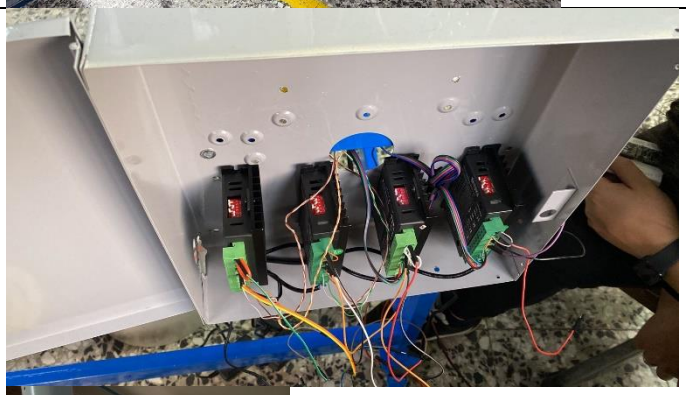
Doblado de la lámina para el sistema de tapas		
Soldado de la estructura del sistema de tapas	 	
Soldadura de la mesa de trabajo	 	
Apertura de agujeros en la mesa para la sujeción de la lámina para la estructura y sistemas auxiliares		

Ensamble de los sistemas auxiliares y principales	
Lijado de todos los componentes del prototipo	
Pintada con la base de alistamiento para la pintura principal de todos los componentes	
Aplicación del color principal de pintura para la estructura de la mesa y la guarda	 

	
Aplicación del segundo color de pintura a los elementos auxiliares	
Ensamble de las partes principales ya finalizadas.	

	  
Ensamble de las partes auxiliares ya finalizadas.	

	  
Ensamble de la banda transportadora al resto del prototipo.	

Ensamble del prototipo con caja de mando.	 
Cableado del prototipo	 

Realización de pruebas finales del prototipo	