

DISEÑO DE UN DOSIFICADOR AUTOMÁTICO DE BAQUELITA PARA DOS
TIPOS DIFERENTES DE BASES DE LICUADORAS PARA LA EMPRESA
NACIONAL DE LICUADORAS NALLET SAS

DIEGO ALEJANDRO RODRIGUEZ MORA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2.019

DISEÑO DE UN DOSIFICADOR AUTOMÁTICO DE BAQUELITA PARA DOS
TIPOS DIFERENTES DE BASES DE LICUADORAS PARA LA EMPRESA
NACIONAL DE LICUADORAS NALLET SAS

DIEGO ALEJANDRO RODRIGUEZ MORA

Proyecto Integral de Grado para optar el título de
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2.019

Nota de aceptación:

Jurado 1
Ing.

Jurado 2
Ing.

Bogotá D.C. agosto de 2019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente Institucional y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García - Peña

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Decano de la Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director del Programa de Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

Las directivas de la universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor.

Dedico este proyecto en primera instancia a Dios, que aunque hubo momentos difíciles gracias a él tuve las fuerzas de continuar; a mi madre, quien me apoyo y me apoya cada segundo en cualquier circunstancia, además de enseñarme la importancia de lograr objetivos como este; a mi hermano, el mejor amigo en todo momento; a mi padre que en gran parte le debo haber escogido esta carrera; a mi abuela que sé, me está mirando desde el cielo; y a cada una de las personas que aunque fuera con una palabra me apoyaron y creyeron en mí.

Diego Alejandro Rodriguez Mora

Agradezco al Ingeniero Larry Torres y Jhonatan Torres por dejarme entrar en su gran empresa Nacional de licuadoras Naliet SAS, darme la oportunidad y confianza para realizar este proyecto y por el inmenso apoyo que tuvieron conmigo; y por ultimo, pero no menos importante, mi familia y amigos por su ayuda incondicional.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	19
1.1 MISIÓN	19
1.2 VISIÓN	19
1.3 PROCESOS	19
1.4 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	20
1.5 IMPORTANCIA DEL PROCESO	21
1.5.1 Materia prima	21
1.5.2 Prensa	22
1.5.3 Proceso de calefacción	23
1.5.4 Moldes	23
1.6 TIPOS DE DOSIFICADORES	24
1.6.1 Dosificadores de solidos	24
1.6.2 Dosificadores volumétricos	25
1.6.3 Dosificadores gravimétricos	25
1.7 PROCESO PASO A PASO	26
2. DISEÑO CONCEPTUAL Y PARÁMETROS	29
2.1 DISEÑO CONCEPTUAL	29
2.1.1 Tolva	29
2.1.2 Sistema de dosificación	29
2.1.3 Sistema de descarga	29
2.2 PARÁMETROS DE DISEÑO	29
2.2.1 Presa hidráulica	29
2.2.2 Molde	30
2.2.3 Dimensiones área de trabajo	31
2.2.4 Turnos	31
2.2.5 Tolva	31
2.2.6 Características de la pieza terminada	32
2.2.7 Características de la baquelita	33
2.2.8 Compresor neumático	33
3. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	34
3.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	34
3.2 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN	34
3.3 ALTERNATIVAS DE DISEÑO	34
3.3.1 Alternativa No 1	34
3.3.2 Alternativa No 2	35
3.3.3 Alternativa No 3	35

3.3.4 Alternativa No 4	36
3.4 MÉTODO DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	36
3.4.1 Identificar la meta general del problema	37
3.4.2 Identificar las alternativas	37
3.4.3 Listar los criterios a emplear en la toma de decisiones	37
3.5 DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN	37
4. DISEÑO DETALLADO	39
4.1 ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL	39
4.2 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	39
4.2.1 Tolva de almacenamiento	39
4.2.2 Diseño de la tolva de almacenamiento	43
4.2.3 Material de la tolva	44
4.2.4 Calculo de esfuerzos para la tolva	45
4.2.5 Compuerta neumática de la salida de la tolva	47
4.2.6 Transporte neumático	49
4.2.7 Compresor	51
4.3 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN	52
4.3.1 Tolva superior	52
4.3.2 Material de la tolva	53
4.3.3 Calculo de esfuerzos para la tolva superior	54
4.3.4 Sensores de la tolva superior	56
4.3.5 Anillo de división	58
4.3.6 Compuertas neumáticas	58
4.3.7 Cilindro de almacenamiento	63
4.3.8 Cilindro de dosificación	65
4.3.9 tubos telescópicos	66
4.4 AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA	68
4.4.1 Descripción de funcionamiento del dosificador	73
4.4.2 Descripción de secuencia	74
4.4.3 Paro de emergencia y condiciones de inicio	76
5. SIMULACIÓN POR ELEMENTOS FINITOS	77
5.1 ANÁLISIS POR EL M.E.F PARA EL CILINDRO DE ALMACENAMIENTO	77
5.2 ANÁLISIS POR EL M.E.F PARA EL CILINDRO DE DOSIFICACIÓN	80
6. MANUALES	83
6.1 MANUAL DE OPERACIÓN	83
6.1.1 Descripción general	83
6.1.2 Funcionamiento del equipo	83
6.1.2.1 Advertencias	83
6.1.2.2 Encendido de la maquina	84
6.1.2.3 Precauciones de operación	84
6.1.2.4 Preparación de la maquina	84
6.1.3 Operación automática	84

6.1.3.1 Primer paso	84
6.1.3.2 Segundo paso	85
6.1.3.3 Tercer paso	85
6.1.3.4 Pare de emergencia	85
6.2 MANUAL DE MONTAJE	85
6.2.1 Ensamble sistema de alimentación	86
6.2.2 Ensamble sistema de dosificación	89
6.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO	93
7. IMPACTO AMBIENTAL	98
7.1 ESTADO ACTUAL DEL PROCESO	98
7.2 RESIDUOS PELIGROSOS	98
7.3 MATRIZ DE IMPACTO	100
8. EVALUACIÓN FINANCIERA	103
8.1 INVERSIÓN	103
8.2 DIFERENCIA COSTOS DE OPERACIÓN	104
8.3 MARGEN DE UTILIDAD	105
9. CONCLUSIONES	106
10. RECOMENDACIONES	107
BIBLIOGRAFIA	108
ANEXOS	110

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Características de las bases para licuadora.	32
Tabla 2. Asignación de ponderación.	39
Tabla 3. Ponderación de criterios.	40
Tabla 4. Ponderación lineal.	40
Tabla 5. Calculo score para cada alternativa.	40
Tabla 6. Datos experimentales prueba 1.	42
Tabla 7. Datos experimentales prueba 2.	43
Tabla 8. Datos experimentales prueba 3.	43
Tabla 9. Datos experimentales prueba 4.	44
Tabla 10. Datos experimentales base de licuadora 1.	63
Tabla 11. Datos experimentales base de licuadora 2.	64
Tabla 12. Actividades de mantenimiento.	98
Tabla 13. Actividades de inspección.	99
Tabla 14. Actividades de ajuste.	99
Tabla 15. Actividades de lubricación.	99
Tabla 16. Actividades de limpieza.	100
Tabla 17. Evaluación EPM.	103
Tabla 18. Importancia EPM.	104
Tabla 19. Matriz de evaluación ambiental EEPMM	105
Tabla 20. Cotización para montaje de dosificador.	106
Tabla 21. Costos de ingeniería.	107
Tabla 22. Costos de fabricación y montaje.	107
Tabla 23. Comparativo tiempo.	107
Tabla 24. Comparativo precio.	108

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Moldeo por compresión.	20
Imagen 2. Bulto de baquelita.	21
Imagen 3. Prensa hidráulica.	22
Imagen 4. Sistema de calefacción.	23
Imagen 5. Molde hembra (parte inferior).	23
Imagen 6. Molde macho (parte superior).	24
Imagen 7. Dosificador volumétrico.	24
Imagen 8. Dosificador gravimétrico.	25
Imagen 9. Almacenamiento de material.	26
Imagen 10. Puesta a punto para el proceso.	26
Imagen 11. Pesado del material.	27
Imagen 12. Presión y llenado de cavidades.	27
Imagen 13. Pasó a paso de extracción de la pieza.	28
Imagen 14. Secciones dosificador.	29
Imagen 15. Prensa hidráulica.	30
Imagen 16. Molde.	30
Imagen 17. Dimensiones de área de trabajo.	31
Imagen 18. Base de licuadora 3 puntas.	32
Imagen 19. Base de licuadora 6 puntas.	32
Imagen 20. Compresor.	33
Imagen 21. Alternativa No. 1.	34
Imagen 22. Alternativa No. 2.	35
Imagen 23. Alternativa No. 3.	35
Imagen 24. Alternativa No. 4.	36
Imagen 25. Tolva de almacenamiento.	43
Imagen 26. Válvula de guillotina tipo Wafer.	47
Imagen 27. Ajuste de la válvula a la tolva de almacenamiento.	48
Imagen 28. Codo para efecto de empuje de aire.	48
Imagen 29. Sistema de transporte neumático.	49
Imagen 30. Manómetro del compresor.	51
Imagen 31. Tolva superior.	52
Imagen 32. Sensor capacitivo.	56
Imagen 33. Constante dieléctrica de materiales.	57
Imagen 34. Ubicación de sensores.	57
Imagen 35. Anillo de división.	58
Imagen 36. Compuertas neumáticas.	58
Imagen 37. Válvula de guillotina bidireccional.	59
Imagen 38. Cilindro de almacenamiento.	63

Imagen 39. Ubicación del cilindro de almacenamiento.	64
Imagen 40. Parte superior del cilindro.	65
Imagen 41. Parte inferior del cilindro.	65
Imagen 42. Tubos telescópicos.	66
Imagen 43. Mecanismo de descarga.	66
Imagen 44. Mecanismo cerrado.	67
Imagen 45. Cilindro de molde inferior.	67
Imagen 46. Sistema completo.	68
Imagen 47. Cilindros de dosificación y montaje mecánico.	69
Imagen 48. Montaje neumático y mecánico.	69
Imagen 49. Montaje de la prensa hidráulica.	70
Imagen 50. Secuencia del sistema.	71
Imagen 51. Nomenclatura de elementos.	72
Imagen 52. Cilindro neumático.	73
Imagen 53. Válvulas biestables.	73
Imagen 54. Válvula de maniobra.	73
Imagen 55. Ecuación de secuencia.	74
Imagen 56. Inicio de secuencia	74
Imagen 57. Cierre de válvula.	75
Imagen 58. Descripción de secuencia, diagrama de movimiento de cilindros.	75
Imagen 59. Ecuación de secuencia.	76
Imagen 60. Especificaciones compuerta superior	77
Imagen 61. Cargas en cilindro.	78
Imagen 62. Esfuerzos en cilindros.	78
Imagen 63. Desplazamiento en estructura.	79
Imagen 64. Factor de seguridad en estructura.	79
Imagen 65. Cargas en cilindro.	80
Imagen 66. Esfuerzo en cilindro.	81
Imagen 67. Desplazamiento en estructura.	81
Imagen 68. Factor de seguridad en la estructura.	82
Imagen 69. Dosificador de baquelita.	83
Imagen 70. Secuencia para el proceso para la máquina.	84
Imagen 71. Tablero de mando.	84
Imagen 72. Datos específicos área de trabajo.	85
Imagen 73. Ubicación de la carga.	86
Imagen 74. Despiece del sistema de alimentación.	86
Imagen 75. Lista de piezas.	87
Imagen 76. Posición tolva de alimentación.	87
Imagen 77. Posición tolva de alimentación.	88
Imagen 78. Codo.	88
Imagen 79. Instalación transporte neumático.	89

Imagen 80. Instalación manguera neumática.	89
Imagen 81. Despiece del sistema de dosificación.	90
Imagen 82. Lista de piezas.	90
Imagen 83. Tolva superior.	91
Imagen 84. Sistema de dosificación.	92
Imagen 85. Sistema de descarga.	92

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Ficha técnica baquelita	114
Anexo B. Acero inoxidable	116
Anexo C. Cilindro neumático	121
Anexo D. Válvula de doble tajadera bidireccional	123
Anexo E. Especificación tubería	129

RESUMEN

Este proyecto tuvo como fin realizar el diseño de un dosificador, automático, de baquelita para dos tipos diferentes de bases de licuadoras para la Empresa Nacional de Licuadoras Naliet S.A.S donde se buscaba mejorar el proceso de moldeo de baquelita colocando un dispositivo en una máquina para dosificar e introducir material en la cavidad de dos tipos de moldes, minimizando tiempos en el proceso y riesgos de seguridad industrial a sus operarios.

La necesidad es mejorar la calidad de sus productos, reducir costos, aumentar la producción de piezas, disminuyendo tiempos y lo más importante, no arriesgar la integridad física del operario.

El proyecto se realizó mediante el análisis del proceso de moldeo, evaluando tiempos de desarrollo del producto para parametrizar la operación del dosificador. Se plantearon alternativas de diseño basadas en los sistemas de dosificación utilizados en la industria, estas alternativas fueron evaluadas, y finalmente se escogió la más adecuada para el proceso y de fácil adaptación a la prensa de moldeo de la empresa.

Se realizó un diseño detallado, se hicieron los cálculos correspondientes de cada componente y funcionamiento de los dispositivos que intervienen en el dosificador, se simuló por medio del software, y finalmente fueron evaluados para su posterior validación.

Una vez se obtuvieron los cálculos correspondientes, se elaboraron los planos de fabricación, ensamble, montaje, ubicación en la planta y del automatismo con sus respectivos manuales de operación, montaje y mantenimiento.

Finalmente se realizó el estudio financiero y medio ambiental que produce fabricar esta máquina dosificadora.

PALABRAS CLAVE: Diseño, Dosificador, Bases licuadora.

INTRODUCCIÓN

En la empresa Nacional de Licuadoras Naliet SAS se detectó el problema de la fabricación de bases de licuadora debido a que el proceso de dosificación de materia prima se desarrolla de forma manual, por ello, es *importante* la solución de este problema planteando el proyecto para diseñar un dosificador automático.

La solución se *origina* en la evaluación de diferentes tipos de dosificadores automáticos.

Para solucionar el problema se determinó como *objetivo* general del proyecto “Diseñar un dosificador automático de baquelita para dos tipos diferentes de bases de licuadoras para la empresa Nacional de Licuadoras Naliet S.A.S”. Para lograr este objetivo se plantearon los siguientes objetivos específicos;

- ✓ Diagnosticar la situación actual del proceso de moldeo de polímeros en la empresa Nacional de Licuadoras Naliet S.A.S
- ✓ Establecer los parámetros básicos y el diseño conceptual
- ✓ Plantear alternativas (3) del subsistema de dosificación
- ✓ Desarrollar el diseño del dosificador
- ✓ Simular la estructura de apoyo del dosificador por el MEF
- ✓ Elaborar planos de ubicación, fabricación, ensamble, montaje y del automatismo
- ✓ Realizar manuales de operación, montaje y mantenimiento
- ✓ Evaluar el impacto ambiental de la fabricación del dosificador
- ✓ Evaluar financieramente el proyecto

El *alcance* de este proyecto consiste en diseñar y simular un dosificador que almacene e introduzca baquelita para dos tipos de base de licuadora en las cavidades de un molde en el proceso de moldeo de la empresa.

No se construirá el dosificador ni el prototipo, esto se debe a la *limitación* de tiempo y presupuesto, su construcción dependerá de la compañía. La alimentación del dosificador estará a cargo del operario.

Se utilizará para el diseño del dosificador una *metodología* de análisis del proceso de moldeo, se evaluarán tiempos en el desarrollo del producto para su optimización con el diseño del dosificador. Se analizará la necesidad de la empresa para así mejorar el proceso en tiempos, calidad y seguridad industrial, implementando un diseño adecuado que se adapte al proceso.

Se diseñará un dosificador que satisfaga las necesidades de los problemas existentes, ya que será un dosificador automático. Para la empresa será de gran importancia ya que dejará atrás los procesos rudimentarios y avanzará en procesos actualizados y menos riesgosos, este será el *significado* en el campo metalmeccánico.

La *aplicación* se verá reflejada en la introducción y dosificación de baquelita para el proceso de moldeo, ya que se hará en una máquina automatizada que satisfaga las necesidades de esta operación.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

NALIET S.A.S inicia sus actividades en Bogotá en el año 1.988, fundado por Eduardo Torres Patiño, cuenta con más de 25 años de presencia y trayectoria en el mercado. Desde el comienzo de nuestras actividades¹, nos especializamos en el suministro de productos e insumos relacionados con los electrodomésticos, siempre apoyados con el conocimiento técnico de su talento humano se fortalece día tras día para cumplir con las necesidades del cliente interno y externo. Actualmente estamos ubicados en Bogotá donde opera la planta de producción, centro de servicio y distribución.

1.1 MISIÓN

Somos reconocidos por ser una organización fabricante de partes de electrodomésticos, buscando preservar la vida útil de los mismos mediante productos de alto rendimiento que satisfaga siempre las necesidades del cliente. Así mismo NALIET S.A.S tiene como objetivo el crecimiento sostenible de la empresa y desarrollo profesional de sus colaboradores.

1.2 VISIÓN

La empresa NALIET S.A.S se visualiza para el 2.020 ser una empresa reconocida en el mercado nacional por el buen rendimiento de sus productos y por ser el mayor distribuidor a nivel nacional, contando con personal calificado para consolidarnos como ejemplo de éxito y rentabilidad en el sector de electrodomésticos.

1.3 PROCESOS

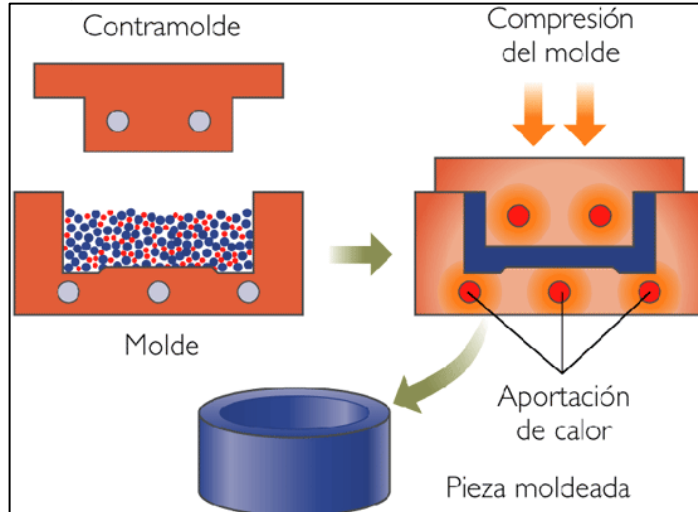
En la compañía se realizan varios procesos orientados a la elaboración y suministro de productos e insumos relacionados con los electrodomésticos, uno de los procesos más importantes es el moldeo de piezas y es en el que este proyecto está enfocado.

El proceso de moldeo consiste en dar forma y medidas a un material, en este caso baquelita, materia prima utilizada para las bases de licuadora, dicho material es suministrado por un proveedor externo; este proceso es conocido como moldeo a alta presión y se desarrolla gracias a un molde de aluminio.

El proceso da inicio con el almacenamiento de la materia prima, luego un operario de forma manual, pesa el material particulado e introduce dentro de un molde donde mediante una prensa hidráulica ejerce presión para realizar el moldeo de piezas, la materia prima es calentada y comprimida entre las dos partes del molde como se ve en la imagen 1.

¹ Naliet-Nacional de Licuadoras S.A.S. nuestra empresa. {En línea}. {07 de junio de 2018} disponible en: (<http://www.naliet.com.co/nosotros.html>)

Imagen 1. Moldeo por compresión



Fuente: TEMA FANTASTICO SA. "Tecnología de los plásticos". {En Línea}. {3 octubre de 2011} Disponible en (<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/10/moldeo-por-compresion.html>)

Este proceso se utiliza en la empresa para obtener piezas de diferentes tamaños, como las bases de licuadoras entre otros utensilios de cocina.

1.4 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Nacional de Licuadoras – Naliet S.A.S, es una empresa dedicada a la manufactura de productos para licuadora; donde realiza procesos de mecanizado, inyección, embutición, moldeo, troquelado, erosionado, fresado, torneado entre otros procesos de la industria metalmecánica.

Debido a que el proceso de moldeo se realiza de forma manual y poco apropiada, es decir, existe un operario el cual pesa el material en una gramera y deposita manualmente en la cavidad del molde; esto trae como consecuencia demoras en el proceso, desperdicio de material, producto no conforme, riesgos para el operario y sobrecostos.

Actualmente existen varios dosificadores en el mercado que podrían ser útiles para la compañía, pero ninguno se adapta a la prensa hidráulica; a lo largo del tiempo, se ha intentado mejorar el proceso, pero no han obtenido los resultados que requieren ya que ni el proceso ni la producción mejora.

Inicialmente el proceso comienza con el depósito en el molde de la cantidad exacta de material baquelita para lograr la pieza requerida, para esto hay un operario encargado de llenar un envase con el material granulado para obtener la medida requerida, luego es introducido manualmente al molde ubicado en la prensa hidráulica, cierra el molde para aplicar calor hasta un estado moldeable, en seguida la prensa hidráulica comprime el material contra el molde, dando como resultado

una pieza moldeada que mantiene la forma del interior del molde. Al final, la prensa retrocede, el operario espera que la base de licuadora este a temperatura ambiente para poder retirarla del molde.

1.5 IMPORTANCIA DEL PROCESO

La ventaja del proceso es la capacidad para moldear cualquier tipo de pieza en tamaño o complejidad, además es uno de los métodos de más bajo costo comparado con otros métodos como moldeo por transferencia y moldeo por inyección, por otro lado, se desperdicia poco material, no obstante, el moldeo por compresión proporciona en ocasiones piezas de pobre consistencia y dificultad en el acabado.

Este método es muy utilizado sobre todo para la fabricación de piezas de automóviles, tales como cubiertas, defensas, cucharones, spoilers, así como piezas pequeñas y más complejas para productos como licuadoras que es en lo que se especializa la empresa.

1.5.1 Materia prima. La empresa utiliza como materia prima la baquelita, es un material en polvo granulado negro que se debe mantener o ser almacenado en lugares libres de humedad y con ventilación seca, no debe estar cerca de una fuente radiante ni ser calentado y tampoco debe recibir luz del sol directamente.

Se utiliza esta materia prima debido a que cuenta con las propiedades que necesita la base de licuadora para su funcionamiento, propiedades como moldeabilidad, resistencia eléctrica e impermeabilidad. Por otro lado, es la materia prima utilizada en la industria para este tipo de bases. Las propiedades de este material se observarán en el anexo A.

Ya que la baquelita es comprada en estado granulado, se almacena tal cual como se transporta, la medida de baquelita almacenada es de 25 kg como se observa en la imagen 2.

Imagen 2. Bulto de baquelita



Fuente: elaboración propia

1.5.2 Prensa. La prensa utilizada para este proceso es la que tiene la empresa actualmente y funciona verticalmente como se ve en la imagen 3, contiene dos placas las cuales sujetan las mitades del molde. Un cilindro hidráulico mueve las placas, el cual está diseñado para suministrar una fuerza de hasta 4.000 toneladas. Este tipo de prensas están diseñadas en varios tipos de formas y tamaños, pero su función principal es aplicar la fuerza necesaria durante la operación de moldeo.

Imagen 3. Prensa hidráulica



Fuente: elaboración propia

1.5.3 Proceso de calefacción. Para este proceso se utilizan resistencias para calentar el molde, material de aislamiento, cadena para catarinas y termocuplas como se ve en la imagen 4. Con el molde a punto, se calienta entre las temperaturas 170-195 °C para iniciar con el proceso de transformación de la materia prima, dicho proceso dura entre 3,15 minutos a 3,20 minutos.

Imagen 4. Sistema de calefacción



Fuente: elaboración propia

1.5.4 Moldes. Los moldes utilizados en este proceso son generalmente más simples que los de otros procesos, y se procesan partes de formas más simples debido a que los materiales termofijos poseen una capacidad de flujo más baja. Sin embargo, se necesitan accesorios para calentar el molde, este proceso de calefacción puede hacerse mediante resistencia eléctrica, vapor o circulación de aceite caliente.

Imagen 5. Molde hembra (parte inferior)



Fuente: elaboración propia

Imagen 6. Molde macho (parte superior)



Fuente: elaboración propia

1.6 TIPOS DE DOSIFICADORES

En la actualidad existen varios tipos de dosificadores que cumplen el mismo propósito de dosificar material dependiendo de ciertas características como son; naturaleza y características de la sustancia a utilizar, precisión deseada, salida de material, cantidad de dosis necesaria de material y el modo de servicio. Se distinguen 3 clases de dosificadores de sólidos secos y sólidos en polvo, de líquidos y de gas.

1.6.1 Dosificadores de sólidos. Existen dos tipos volumétricos y gravimétricos;

Imagen 7. Dosificador volumétrico



Fuente: MECALUX LOGISMARKE
"Productos". {En Línea}. {2011}
Disponible en (<https://www.logismarket.es/>)

Imagen 8. Dosificador gravimétrico



Fuente: SYNERGY PACK SAS “dosificador gravimétrico por celdas de carga”. {En Línea}. {2017} Disponible en (<https://synergypack.com>)

1.6.2 Dosificadores volumétricos. Se componen principalmente por tolvas que en su gran mayoría poseen un agitador de paleta para impedir que se formen cúmulos y asegurar una alimentación uniforme.

Estos a su vez se dividen en tres tipos que son; Dosificadores de tornillo, dosificadores de compuerta rotativa y dosificadores de banda rodante;

1.6.3 Dosificadores gravimétricos. Este tipo de dosificadores son más precisos que los volumétricos, ya que aparentemente la cantidad de entrada de material es la misma de salida, así no hay desperdicios de material.

Existen dos tipos de dosificadores gravimétricos; Dosificadores de banda y Dosificadores de pérdida de peso.

1.7 PROCESO PASO A PASO

La materia prima suministrado por un proveedor externo, es almacenado en un sitio donde no está expuesto a humedad, luz solar o radiación, como se ve en la imagen 9.

Imagen 9. Almacenamiento del material



Fuente: elaboración propia

Después de esto se realiza el montaje del molde en la prensa hidráulica, se realizan ajustes y se pone apunto, como se muestra en la imagen 10.

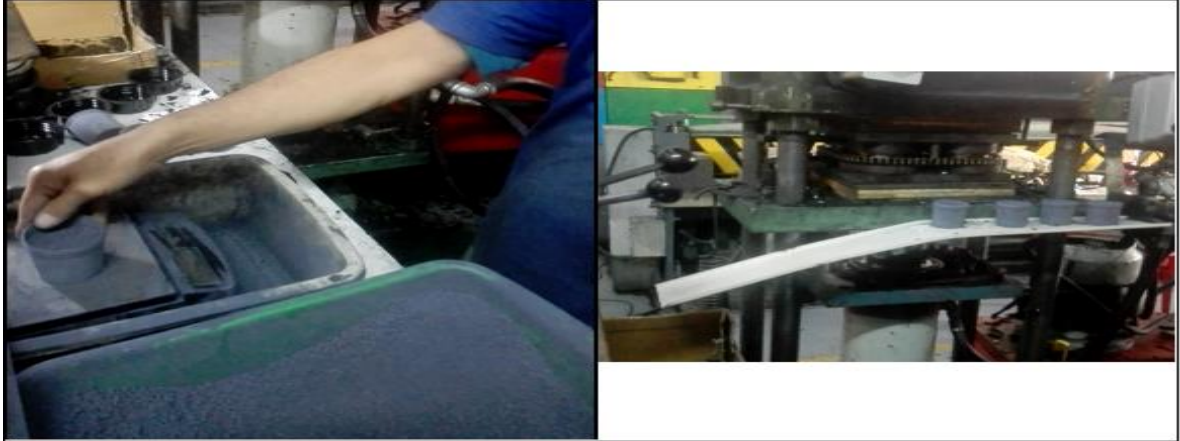
Imagen 10. Puesta a punto para el proceso



Fuente: elaboración propia

El proceso da inicio cuando se pesa el material para llenar las cavidades como muestra en la imagen 11, y se van ubicando en frente del molde;

Imagen 11. Pesado del material



Fuente: elaboración propia

Realizando esta operación se agregan los envases pesados en las cuatro cavidades del molde y se prensa a presión de 100 bares como se muestra la imagen 12.

Imagen 12. Presión y llenado de cavidades



Fuente: elaboración propia

Se espera 3,15 minutos, tiempo ya establecido por la compañía que refiere al tiempo que se requiere para la transformación del material, se debe aclarar que no existe control de temperatura por lo que se realiza el control por tiempo; transcurrido este tiempo se extrae el producto del molde de forma manual como se muestra en la imagen 13.

Imagen 13. Pasó a paso de extracción de la pieza



Fuente: elaboración propia

Para esta extracción, la pieza terminada queda sujeta por la rosca del molde, el operario de forma manual la hace girar desencajando la pieza del molde como se muestra en el paso 1 y 2 de la imagen 13, finalmente se extrae la pieza, se elimina la rababa, se pule para dar acabados y es empacada para su posterior venta.

2. DISEÑO CONCEPTUAL Y PARÁMETROS

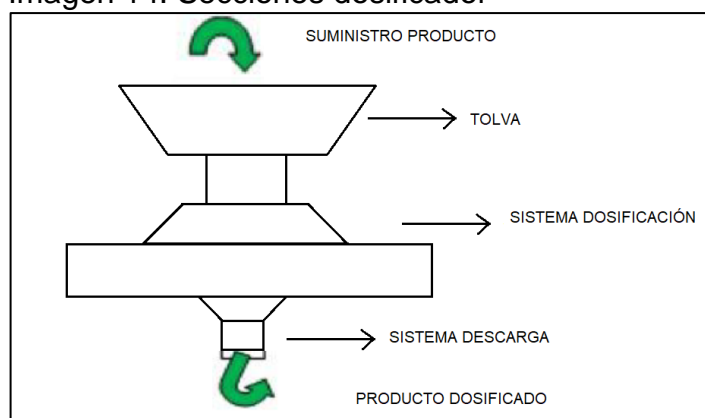
Este capítulo muestra el diseño conceptual y los parámetros necesarios para el desarrollo y funcionamiento de la máquina dosificadora. Se desarrolló según análisis de la información antes mostrada sobre la empresa y el proceso de moldeado.

2.1 DISEÑO CONCEPTUAL

La máquina dosificadora a diseñar será una parte fundamental para la empresa y para el proceso de moldeado de baquelita, su función consiste en alimentar de baquelita en estado granulado a los moldes, en cantidades precisas. Consta de las siguientes secciones:

2.1.1 Tolva. La tolva recibe la baquelita granulada suministrada manualmente por el operario, su función principal es almacenar el producto para ser dosificado. La parte inferior conecta con el sistema de dosificación como muestra la imagen 14.

Imagen 14. Secciones dosificador



Fuente: elaboración propia

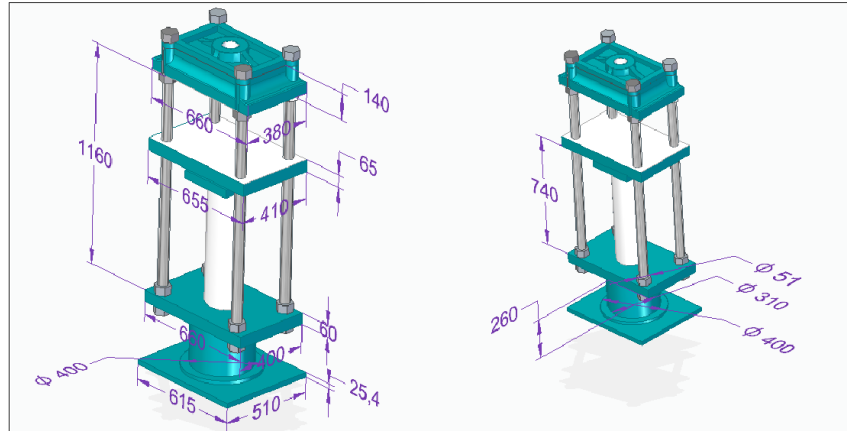
2.1.2 Sistema de dosificación. Es la sección más importante del dosificador ya que es la encargada de medir la cantidad de baquelita exacta que se agregará a los moldes, también debe suministrar material al sistema de descarga.

2.1.3 Sistema de descarga. Es el encargado de llevar la baquelita dosificada por gravedad desde el sistema de dosificación hasta la cavidad del molde hembra sin que se riegue o desperdicie, gracias a este, evitará que el operario tenga contacto con partes del molde o de la prensa.

2.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

2.2.1 Prensa hidráulica. Como se puede observar en la Imagen 15, se trabajará con una prensa tipo columna que se caracteriza por tener exactitud y alineación. Las medidas de esta prensa son; altura total 170 *cm*, ancho 65 *cm*, y longitud de lado 41 *cm*. El molde está ubicado a 130 *cm* sobre el suelo

Imagen 15. Prensa hidráulica



Fuente: elaboración propia

2.2.2 Molde. Las dimensiones del molde pueden variar de acuerdo a la pieza a moldear, esto determina en la máquina las diferentes medidas de material a introducir, cada molde puede realizar cuatro bases a la vez, pero se debe garantizar el llenado homogéneo y simultaneo para iniciar un ciclo. En la imagen 16, se puede observar el molde más utilizado en el proceso de moldeo;

Imagen 16. Molde



Fuente: elaboración propia

Este molde es un cuadrado, de medidas 300 mm por 300 mm donde la distancia entre centros de los agujeros es de 180 mm y el diámetro de los agujeros es de 90 mm.

El molde requiere una cantidad de material de 63 gr para una base de licuadora de 3 puntas, o de 40 gr para una base de 6 puntas como muestra la tabla 1.

Tabla 1. Características de las bases para licuadora

NOMBRE	CARACTERÍSTICA	PESO
Base licuadora 1	3 puntas	63 gramos
Base licuadora 2	6 puntas	47 gramos

Fuente: elaboración propia

2.2.6 Características de la pieza terminada. La primera base de licuadora tiene 6 puntas o apoyos, un peso de 47 gramos un diámetro superior de 79 mm, una altura de 34 mm, diámetro inferior de 71 mm y una profundidad de 26 mm y tiene una forma como se observa en la imagen 19.

La segunda base de licuadora tiene 3 puntas o apoyos, un peso de 63 gramos un diámetro superior de 79 mm, una altura de 34 mm, diámetro inferior de 71 mm y una profundidad de 26 mm y tiene una forma como se observa en la imagen 18.

Imagen 18. Base licuadora 3 puntas

Imagen 19. Base licuadora 6 puntas



Fuente: elaboración propia

Fuente: elaboración propia

2.2.7 Características de la baquelita. BAKELITA DE INYECCIÓN EA-5551je IF-80, este producto corresponde a una clase general de materiales fenólicos de moldeo apropiado para procesos de inyección con buen funcionamiento, se presenta como polvo granular negro.

Este producto no es apto para absorber agua y luego ser calentado, debe ser almacenado en un lugar libre de humedad y con ventilación seca, no debe estar cerca de una fuente radiante ni llama, tampoco debe recibir la luz del sol directamente, por último, se debe utilizar el material después de ser abierto antes de 12 meses.

2.2.8 Compresor neumático. Actualmente la compañía cuenta con una red neumática la cual es alimentada por un compresor que trabaja con una presión de 250 libras (lb) como se ve en la imagen 20.

Imagen 20. Compresor



Fuente: elaboración propia

3. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se plantearán cuatro alternativas para el diseño del dosificador de baquelita, se debe tener en cuenta que existen dos sistemas dentro de la máquina dosificadora que son; sistema de alimentación y sistema de dosificación.

3.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Es el encargado de transportar el material (baquelita en estado granulado), desde la parte inferior de la prensa hidráulica hasta la parte superior de la prensa donde se encuentra el sistema de dosificación. Este sistema puede ser mecánico por medio de un tornillo sin fin o por transporte neumático.

3.2 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

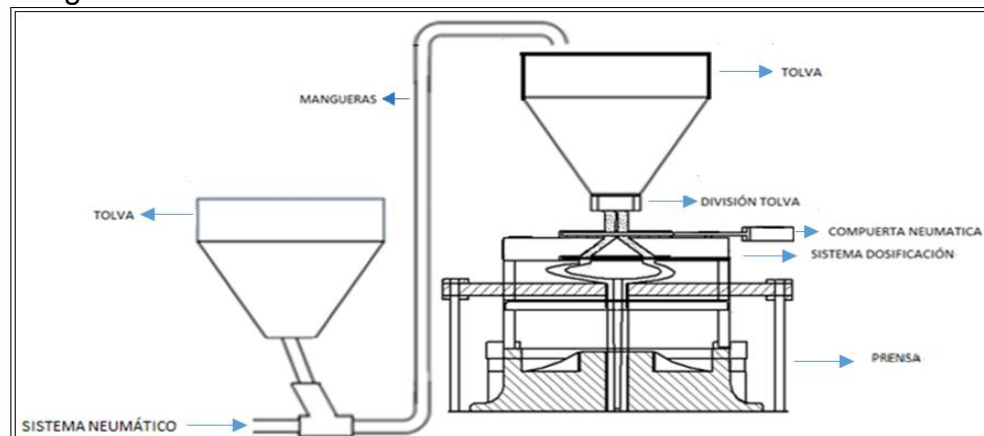
Este sistema se encarga de medir la cantidad de material y transportarlo hasta las cavidades del molde para así iniciar el proceso de moldeo. Esta dosificación puede hacerse por medio de dosificación mecánica por tornillo, o dosificación neumática por volumen.

3.3 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Las alternativas se dividen en dos sistemas; alimentación y dosificación, que a su vez se dividen en dos posibles alternativas; mecánica y neumática, en total son cuatro alternativas como se muestra a continuación.

3.3.1 Alternativa No 1. Consiste en realizar un sistema de alimentación por medio de transporte neumático, instalando un soplador y una manguera para alimentar la tolva superior; y el sistema de dosificación también será neumático por medio de dosificación por volumen que constará de dos compuertas neumáticas como se ve en la imagen 21.

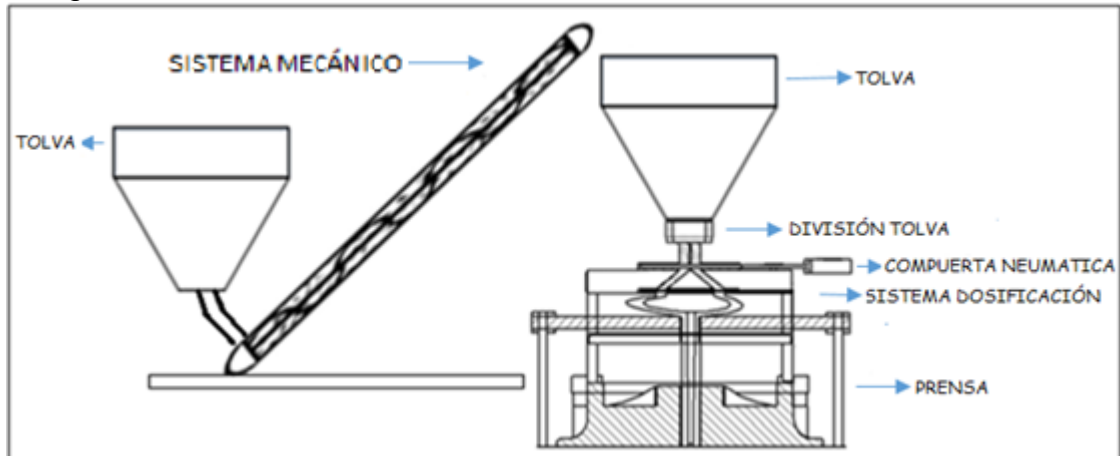
Imagen 21. Alternativa No 1



Fuente: elaboración propia

3.3.2 Alternativa No 2. Consiste en realizar un sistema de alimentación mecánico por medio de un tornillo sin fin instalando en la parte inferior de la tolva el cual alimenta la tolva superior; y el sistema de dosificación será neumático por medio de dos compuertas neumáticas como se ve en la imagen 22.

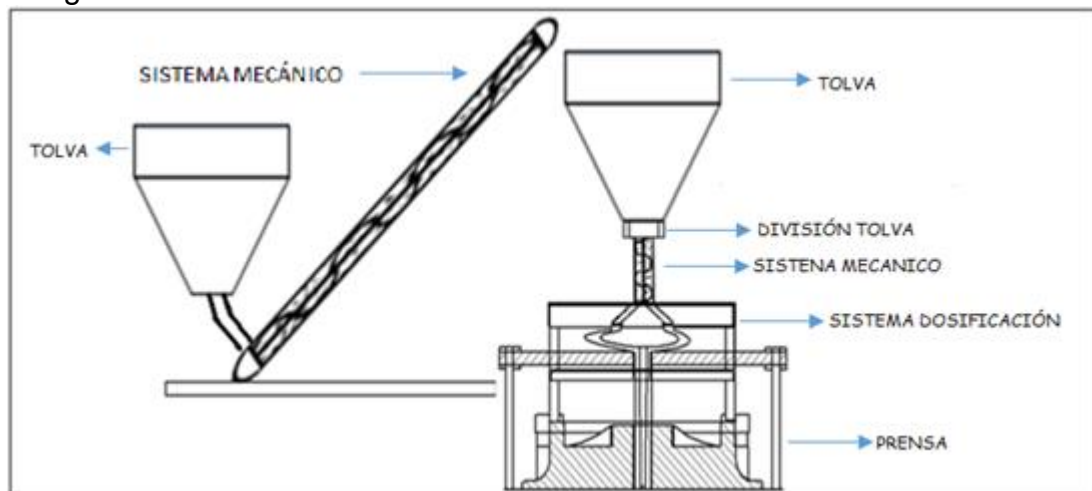
Imagen 22. Alternativa No 2



Fuente: elaboración propia

3.3.3 Alternativa No 3. Consiste en realizar un sistema de alimentación mecánico por medio de un tornillo sin fin instalando en la parte inferior de la tolva el cual alimenta la tolva superior; y el sistema de dosificación también será mecánico por medio de un tornillo sin fin que dosificará el material granulado, como se ve en la imagen 23.

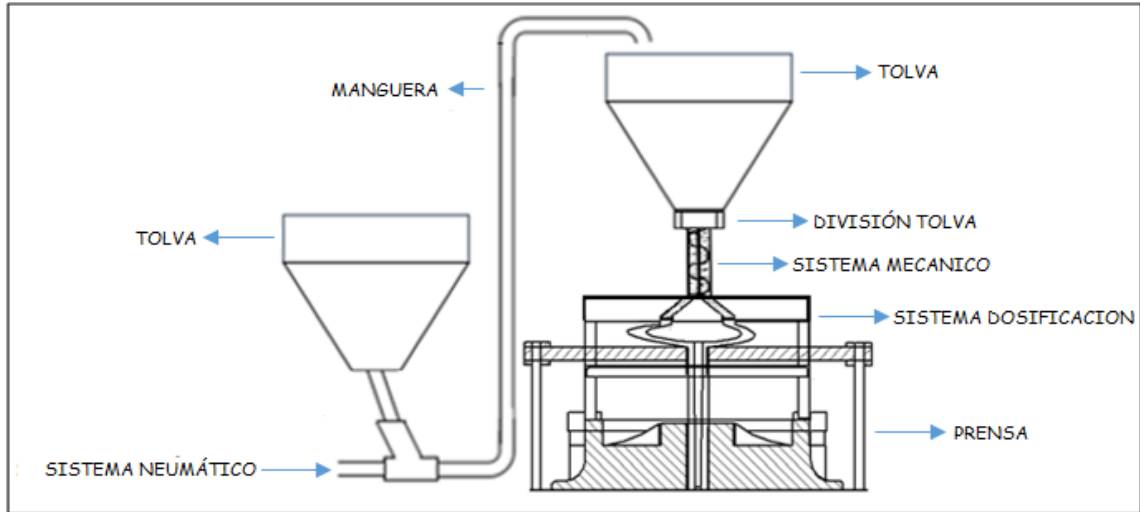
Imagen 23. Alternativa No 3



Fuente: elaboración propia

3.3.4 Alternativa No 4. Consiste en realizar un sistema de alimentación por medio de transporte neumático, instalando un soplador y una manguera para alimentar la tolva superior; y el sistema de dosificación será mecánico por medio de un tornillo sin fin que dosificará el material granulado, como se ve en la imagen 24.

Imagen 24. Alternativa No 4



Fuente: elaboración propia

3.4 MÉTODO DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para evaluar las alternativas se escoge el método scoring; este permite establecer una adecuada alternativa cumpliendo con los requerimientos planteados para el diseño y por la empresa NALIET S.A.S.

Para iniciar con el método scoring, se utiliza la siguiente ecuación;

$$S_j = \sum_i W_i r_{ij} \quad (1)$$

Dónde;

r_{ij} = Rating de la alternativa j en función del criterio i

W_i = Ponderación para cada criterio

S_j = Score para alternativa J

Dando continuidad al método tenemos:

3.4.1 Identificar la meta general del problema. Con este método se pretende identificar cual sistema se adapta mejor al sistema de alimentación y de dosificación en el proceso de moldeo de baquelita.

3.4.2 Identificar las alternativas. Como se mencionó anteriormente las alternativas de selección son;

- ✓ Alternativa 1; Alimentación neumática y Dosificación neumática
- ✓ Alternativa 2; Alimentación mecánica y Dosificación neumática
- ✓ Alternativa 3; Alimentación mecánica y Dosificación mecánica
- ✓ Alternativa 4; Alimentación neumática y Dosificación neumática

3.4.3 Listar los criterios a emplear en la toma de decisiones.

- ✓ Bajo costo de fabricación
- ✓ Resistencia y rapidez de la máquina
- ✓ Baja necesidad de mantenimiento

3.5 DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- ✓ El equipo debe tener un bajo costo de fabricación, utilizando materiales comerciales y dispositivos automáticos
- ✓ La estructura debe soportar una carga de compresión y ser resistente a la tensión, garantizando la durabilidad del equipo sin dejar de ser eficiente
- ✓ El dispositivo debe contener componentes fáciles de reemplazar, poca necesidad de mantenimiento o en su defecto un bajo costo de mantenimiento

Asignación de ponderación para cada uno de los criterios; este método clasifica y evalúa los requerimientos en una escala de 1 a 5 como muestra la tabla 2;

Tabla 2. Asignación de ponderación

1	Muy poco importante
2	Poco importante
3	Importancia media
4	Algo importante
5	Muy importante

Fuente: elaboración propia

Según la asignación de ponderación se procede con la clasificación de los criterios seleccionados, como muestra la tabla 3;

Tabla 3. Ponderación de criterios

Criterios	Ponderación
Bajo costo de fabricación	4
Resistencia y rapidez de la máquina	5
Baja necesidad de mantenimiento	3

Fuente: elaboración propia

A continuación, se realiza la comparación entre la satisfacción de cada alternativa con el nivel de cada uno de los criterios, antes de esto, se asigna una clasificación de 1 a 9 puntos como muestra la tabla 4;

Tabla 4. Ponderación lineal

Extra bajo	1
Muy bajo	2
Bajo	3
Poco bajo	4
Medio	5
Poco alto	6
Alto	7
Muy alto	8
Extra alto	9

Fuente: elaboración propia

Ya conociendo las alternativas de diseño, como fueron mostradas anteriormente, se procede a establecer los grados de satisfacción para cada una, realizando el cálculo por el método score como muestra la tabla 5;

Tabla 5. Calculo score para cada alternativa

Criterios	Ponderacio n W_i	Alternativa 1 r_{i1}	Alternativa 2 r_{i2}	Alternativa 3 r_{i3}	Alternativa 4 r_{i4}
Bajo costo de fabricación	4	7	4	5	4
Resistencia y rapidez de la maquina	5	9	7	8	7
Baja necesidad de mantenimiento	3	8	7	6	7
Total		97	72	78	72

Fuente: elaboración propia

Por tanto, se llega a la conclusión que la alternativa más viable y con mayor puntuación según el método score es el número uno que consiste en un sistema de alimentación y dosificación neumática, debido a que cumple con mayor puntaje con los criterios importantes para la compañía.

4. DISEÑO DETALLADO

De acuerdo al método de selección de alternativas, para el desarrollo de este proyecto se utilizarán componentes neumáticos tanto para el sistema de alimentación como para el sistema de dosificación, esto para una capacidad de 4 horas laborales diarias establecidas por la compañía.

4.1 ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL

Densidad = 1,44 g/cm³

Almacenamiento = bulto de 25 kgs

Base de licuadora de 3 puntas = 63 gr

Base de licuadora de 6 puntas = 40 gr

El proceso desarrolla 4 bases de licuadora en 3.15 minutos, esto equivale a 76 bases en una hora, es decir, en un turno de operario de 4 horas efectivas al día se obtiene una producción de 305 bases de licuadora, 10 bases al día más que en el proceso actual.

4.2 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Como se mencionó en las alternativas de solución, el sistema de alimentación es el encargado de almacenar y transportar la bakelita desde la tolva inferior hasta la tolva superior; consta de una tolva de almacenamiento, una válvula para controlar la salida de la tolva, un soplador para el transporte neumático y una manguera que direcciona el material.

4.2.1 Tolva de almacenamiento. Para definir la carga real se tomará en cuenta el peso que se almacenará, es decir 115,3 kg, esto se define teniendo en cuenta lo siguiente;

1 base 3 puntas = 63 gr

1 día: 305 bases 3 puntas = 19,215 gr = 19,2 kg

1 semana: 115,3 kg

Se escoge la base de 3 puntas para los cálculos debido a que es la que más material necesita o la de mayor peso, además, se calcula la carga para una semana con el propósito de que se realice una carga en la tolva por semana.

En seguida se estimará el peso del material y el peso de la tolva de almacenamiento, el volumen que ocupa el material se puede hallar con la densidad, ya que se encuentra en las propiedades de la ficha técnica suministrada por la empresa GMP que es de 1,44 $\frac{g}{cm^3}$, Ver anexo A, se utiliza la siguiente ecuación:

$$V = \frac{M_{total}}{\rho} \quad (2)$$

Dónde:

V = volumen total de material
 M_{total} = masa total del material
 ρ = densidad del material


Se reemplaza;

$$V = \frac{115.29 \text{ g}}{1,44 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 80.062,5 \text{ cm}^3 \quad (2)$$

Determinando el volumen que ocupa el material se halla el caudal mediante ensayos experimentales, esto determinara un tiempo de llenado y el diámetro por el cual el material fluye sin que ocurran taponamientos.


Las pruebas experimentales se realizaron con diferentes probetas tipo manguera flexible PVC, se hicieron 10 pruebas experimentales, en cada prueba se cambió el diámetro de manguera y se tomaros los tiempos como resultados, el peso y la altura son las mismas para cada prueba. Como se muestra en las siguientes tablas;

Tabla 6. Datos experimentales prueba 1

Diámetro de boquilla = 19 mm		Peso de material = 600 g
Altura de la probeta = 300 mm		Diámetro de la manguera = 19,05 mm
Nº de pruebas	Tiempo (seg)	
1	23,55	
2	23,5	
3	23,7	
4	23,8	
5	24,1	
6	23,5	
7	23,6	
8	23,7	
9	23,8	
10	23,5	
v. promedio	23,675	
D. estándar	1,90394328	


Fuente: elaboración propia

Tabla 7. Datos experimentales prueba 2

Diámetro de boquilla = 19 mm		Peso de material = 600 g
Altura de la probeta = 300 mm		Diámetro de manguera 25,4 mm
N° de pruebas	Tiempo (seg)	
1	13,8	
2	13,5	
3	14,1	
4	13,4	
5	13,3	
6	12,9	
7	13	
8	13,2	
9	13,2	
10	12,8	
v. promedio	13,11	
D. estándar	0,39280284	


Fuente: elaboración propia

Tabla 8. Datos experimentales prueba 3

Diámetro de boquilla = 32 mm		Peso de material = 600 g
Altura de la probeta = 300 mm		Diámetro de manguera 31,75 mm
N° de pruebas	Tiempo (seg)	
1	5,6	
2	4,88	
3	5,2	
4	5,3	
5	5,5	
6	5,1	
7	5,1	
8	5,3	
9	4,9	
10	4,8	
v. promedio	5,168	
D. estándar	2,650283	

Fuente: elaboración propia

Tabla 9. Datos experimentales prueba 4

Diámetro de boquilla = 40 mm		Peso de material = 600 g
Altura de la probeta = 300 mm		Diámetro de manguera 38.1 mm
N° de pruebas	Tiempo (seg)	
1	4,9	
2	4,8	
3	5	
4	4.4	
5	5,1	
6	4.8	
7	4,7	
8	5,2	
9	4,7	
10	4,6	
v. promedio	4,82	
D. estándar	0,239350	

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a las pruebas realizadas, se determina que en la primera prueba donde se utilizó el diámetro de 19.05 mm, no es adecuada para su uso ya que el material no fluye con normalidad, se debe utilizar un diámetro mayor o igual a 25,4 mm para garantizar el flujo normal del material.

Para poder hallar el caudal se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = v \times A_t \quad (3)$$

Donde;

Q = caudal

v = velocidad

A_t = área trasversal

x = altura de la Probeta

t = tiempo

Se reemplaza;

Para la prueba experimental 3 se utiliza la ecuación 2;

$$V = \frac{300 \text{ mm}}{5,168 \text{ seg}} = 58,04 \frac{\text{mm}}{\text{seg}} \quad (2)$$

$$A_t = \pi \times (15,87\text{mm})^2 = 791,23 \text{ mm}^2 \quad (4)$$

$$Q = 58,04 \frac{\text{mm}}{\text{seg}} \times 791,23 \text{ mm}^2 = 45.922,98 \frac{\text{mm}^3}{\text{seg}} = 45,9229 \frac{\text{cm}^3}{\text{seg}} \quad (3)$$

4.2.2 Diseño de tolva de almacenamiento. Ya obtenido el volumen que ocupará el material que requiere la empresa para ser utilizado en el proceso, se define que la tolva será de forma redonda ya que este diseño evitará accidentes laborales dado que el operario deberá agregar el material manualmente y eso llevará a una frecuente manipulación de esta tolva, si se compara con un diseño cuadrado o rectangular los vértices que generan estos diseños pueden ocasionar accidentes laborales además de que puede acumularse material en las aristas.

El diámetro de salida de la tolva es de 31.75 mm, este diámetro se tomó en la prueba experimental 3, tiene mejor caudal y no permite el acumulamiento del material. El diámetro de entrada del material o diámetro superior de la tolva es de 520 mm, se tomó este dato por el espacio disponible en la compañía, y la altura total es de 1.000 mm como se muestra en la imagen 25, esto con el fin de dejar espacio entre la salida de la tolva y el piso, donde estará ubicado el inicio de la línea de transporte neumático.

Imagen 25. Tolva de almacenamiento



Fuente: elaboración propia

Esta tolva tiene las siguientes medidas;

Altura total tolva = 600 mm

Diámetro superior tolva = 520 mm

Diámetro de salida = 32 mm

Altura del cono = 200 mm

Altura cilindro = 400 mm

Con estas dimensiones calculamos el volumen de esta tolva;

$$v_{cilindro} = \pi * (r_{interno})^2 * h \quad (5)$$

$$v_{cono} = \frac{1}{3} * \pi * h * (R_1^2 + r_2^2 + (R_1 * r_2)) \quad (6)$$

Se reemplaza en la ecuación 5;

$$v_{cilindro} = \pi * (25,84cm)^2 * 40 cm = 83.926,7085 cm^3 \quad (5)$$

Se resta el calibre de la tolva al radio del cono;

$$R_1 = \text{Radio externo} - \text{Espesor lamina}$$

$$R_1 = 260mm - 1.59mm = 258.41mm = 25.84cm$$

$$v_{cono} = \frac{1}{3} * \pi * 20 cm * (25.84^2 cm + 1.6^2 cm + (25.84 cm * 1.6 cm)) = 15,082,9 cm^3$$

$$v_{total} = 83.926,7085 cm^3 + 15.082,9 cm^3 = 99.209,6085 cm^3$$

Se compara este volumen con el volumen que ocupa el material en la tolva.

$$80.062,5 cm^3 < 99.209,6085 cm^3$$

Se deja una tolerancia de 19.447,1085 cm³ para que el operario no tenga problemas en cuanto a pérdidas de material cuando se agrega a la tolva; por lo tanto, se concluye que estas medidas son las correspondientes.

4.2.3 Material de la tolva. Se define con respecto a los siguientes requerimientos;

- ✓ Alta resistencia a la oxidación, ya que en la empresa tiene procesos en donde hay vapores que oxidan los aceros como en la inyección de PVC y esta oxidación puede afectar el material.
- ✓ Debe tener baja conductividad térmica, ya que la baquelita que contendrá la tolva, estará a temperatura ambiente.
- ✓ Debe ser un acero maleable, soldable y fácil para la construcción de la tolva.

Dado los requerimientos para el material de la tolva se decide construir la tolva en acero inoxidable 304 calibre 16, ya que este acero se caracteriza por tener una alta resistencia a la oxidación es maleable, por lo tanto, sirve para trabajos de construcción simple y se deja soldar. Para mayor información de este material ir al anexo B.

El tipo de soldadura para la elaboración de la tolva es de tipo TIG (Tugsten inert gas), este tipo de soldadura se ajusta al calibre escogido (calibre 16) y a su correspondiente espesor de 1.21 mm, teniendo en cuenta que no requiere ningún tipo de preparación en los bordes facilitando así su aplicación en aceros delgados, su excelente acabado, su alta resistencia ante la oxidación, y sus bajos niveles de salpicadura, emanación de chispas al no necesitar material de aporte al momento del proceso.

4.2.4 Calculo de esfuerzos para la tolva. El análisis de esfuerzos se realiza por el método de cálculo de recipientes a presión según la norma ASME sección VIII, DIV I, como se muestra a continuación;

Se debe iniciar el cálculo de recipientes a presión determinando el esfuerzo admisible (δ_{adm}) que soporta el material escogido (acero inoxidable 304 calibre 18) teniendo en cuenta el límite de fluencia (δ_{lim}) del material y el factor de seguridad (n) escogido, y se determina con la siguiente ecuación:

$$\delta_{adm} = \frac{\delta_{lim}}{n} \quad (7)$$

Donde:

Límite de fluencia = 36.259,43 psi

Factor de seguridad = 1,2

Se reemplaza en la ecuación 7;

$$\delta_{adm} = \frac{36259,43 \text{ psi}}{1,2} = 30216,19 \text{ psi} \quad (7)$$

Determinando de esta forma el esfuerzo admisible del material, el cual se utilizara para el cálculo de la presión interna de la tolva como $\delta_{adm} = S$.

Para el cálculo de la presión interna de la tolva usaremos la norma ASME sección VIII, división I, la cual nos permite mediante la siguiente ecuación determinar el valor de la presión que se ejerce dentro de la tolva,

$$e = \frac{p*r}{(S*E)-(0,6*p)} \quad (8)$$

Donde;

Espesor del material (e) = 0,0625 in

Tensión admisible (S) = 30216,19 psi

Radio interior (r) = 10,19 in

Eficiencia de la junta (E) = 1.0

Según el material escogido y su calibre, servirá para determinar la presión interna del diseño (P), se despeja y se resuelve la ecuación de la siguiente manera:

$$p = \frac{e*(S*E)}{r+(e*0.6)} \quad (9)$$

Se reemplazan los valores en la ecuación 9:

$$p = \frac{(0,0478 \text{ in}) * (30216,19 \text{ psi} * 1,0)}{(10,19 \text{ in}) + (0,0478 \text{ in} * 0.6)} = 181,65 \text{ psi}$$

Determinando finalmente la presión de diseño.

Después de determinar la presión de diseño de la tolva, se compara con la presión que ejerce la baquelita en la tolva, para esto necesitaremos conocer la masa total dentro del volumen de la tolva hallado anteriormente con la siguiente ecuación,

$$m_{total} = v_{tolva} * \rho \quad (10)$$

Donde,

Volumen de la tolva (v_{tolva}) = 99209,6085 cm^3

Densidad del material (ρ) = 1,44 $\frac{g}{cm^3}$

Se reemplaza en la ecuación 10;

$$m_{total} = 99.209,6085 cm^3 * 1,44 \frac{g}{cm^3} = 143.292,96 g \quad (10)$$

Determinando así la cantidad de material dentro de la tolva. Es necesario encontrar la fuerza que ejerce la bakelita, y se halla con la siguiente ecuación;

$$F = m_{total} * g \quad (11)$$

Donde;

m_{total} = 143.292,96 g = 143,29 kg

$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$

se reemplaza en la ecuación 11;

$$F = 143,29 kg * 9.81 \frac{m}{s^2} = 1405,70 N \quad (11)$$

Determinada la fuerza que ejerce el material dentro de la tolva, es necesario hallar el área transversal de la tolva, para la cual utilizaremos la ecuación 4 (Área transversal), el radio interno de la tolva corresponde a 25,88 cm de la siguiente forma;

Y se reemplaza;

$$A_{tolva} = \pi * (25,88 cm)^2 = 2.104,15 cm^2 \quad (4)$$

Mediante la ecuación de Presión, se encontrará la presión que ejerce la bakelita dentro de la tolva y se compara con la presión de diseño de la tova;

$$P_{material} = \frac{F}{A_{tolva}} \quad (12)$$

Donde;

$$F = 1.405,70 \text{ N}$$

$$A_{tolva} = 2.110,66 \text{ cm}^2 = 0,2104 \text{ m}^2$$

Se reemplaza en la ecuación 12;

$$P_{material} = \frac{1,405,70 \text{ N}}{0,2104 \text{ m}^2} = 6681,0836 \text{ Pa} \quad (12)$$

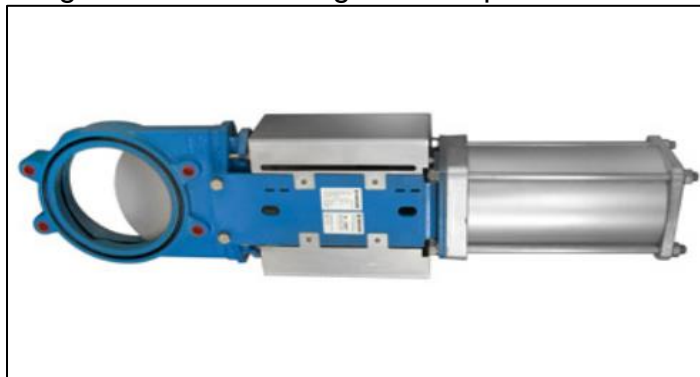
Lo cual corresponde a 96,5951 psi, este valor se compara con el valor de la presión de diseño de la tolva.

$$96,89 \text{ psi} < 181,65 \text{ psi}$$

Se concluye que es adecuada ya que la presión de diseño es superior a la presión que ejerce el material en la tolva.

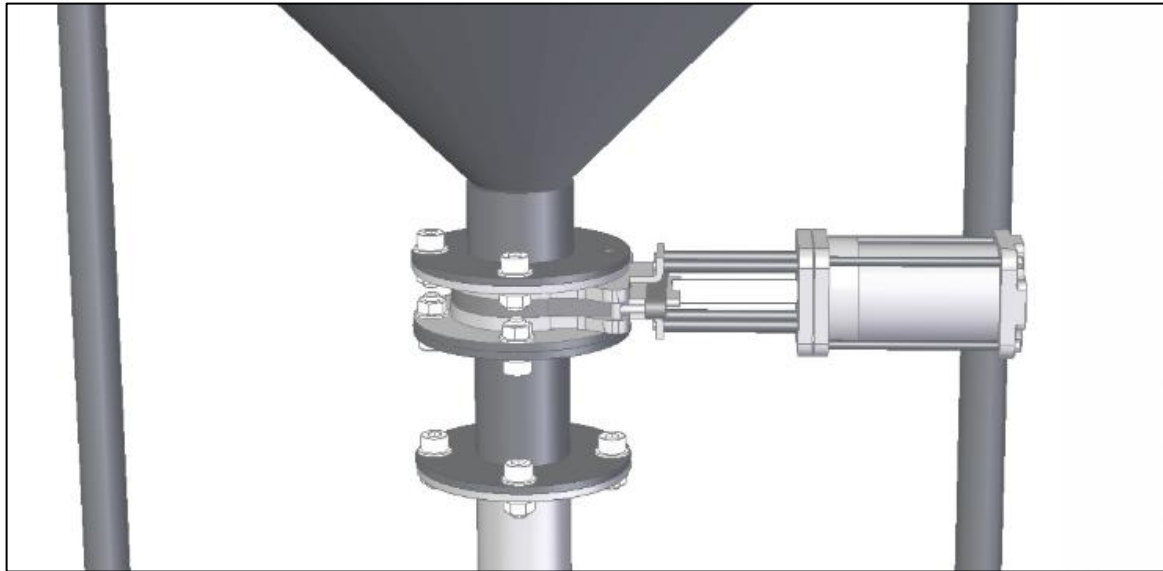
4.2.5 Compuerta neumática de la salida de la tolva. La compuerta escogida para este sistema es la válvula de guillotina tipo “Wafer” como se ve en la imagen 26, esta válvula se ajusta al diámetro de salida de la tolva de almacenamiento inferior que corresponde a 32 mm como se ve en la imagen 27, ya que para diámetros menores como el de salida de la tova, la compañía ORBINOX fabrica bajo pedido la válvula en acero inoxidable lo cual se ajusta a los requerimientos del diseño, esta acondicionada con un cilindro neumático el cual permitirá que la guillotina tenga un doble efecto al abrir y cerrar cuando este sea activado. Ver Anexo C.

Imagen 26. Válvula de guillotina tipo Wafer



Fuente: ORBINOX Valves International, S.L.
Válvulas de guillotina. España: Empresa grupo
Orbinox. 03 de abril de 2019. [Consultado: 03 de
marzo del 2019]. Disponible en: <http://www.orbinox.es/>

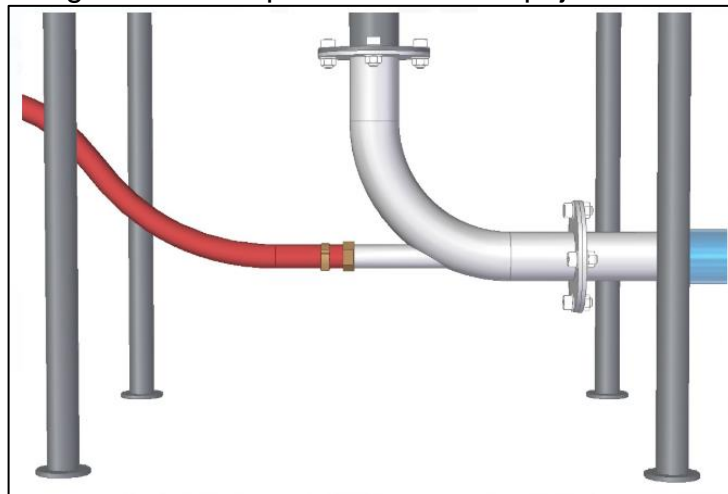
Imagen 27. Ajuste de la válvula a la tolva de almacenamiento



Fuente: elaboración propia

La compuerta neumática cumple la función de suspender el material para que no caiga en el codo para efecto de empuje de aire el cual inicia el transporte del material a la tolva superior como se ve en la imagen 28, está automatizada para recibir una señal de los sensores capacitivos ubicados en la tolva superior, esta se abrirá y cerrará para cumplir el primer paso del transporte de la baquelita.

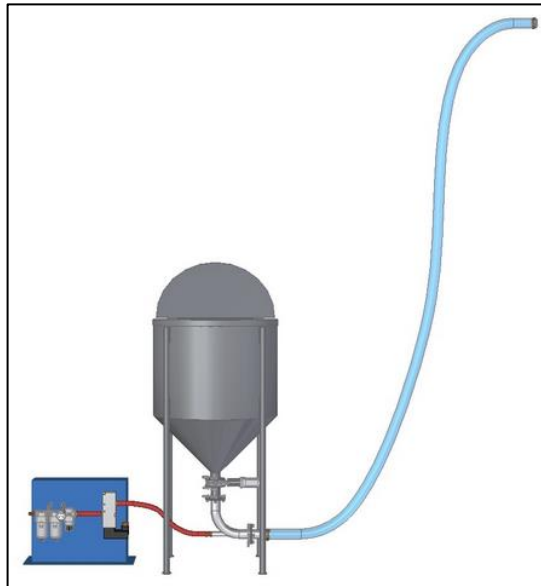
Imagen 28. Codo para efecto de empuje de aire



Fuente: elaboración propia

4.2.6 Transporte neumático. El transporte neumático es el encargado de llevar la baquelita desde la tolva de almacenamiento o inferior hasta la superior o tolva de dosificación, consta de una máquina sopladora y una manguera neumática para el transporte, como se muestra en la imagen 29.

Imagen 29. Sistema de transporte neumático



Fuente: elaboración propia

El cálculo de la presión necesaria para realizar el transporte del material desde la tolva inferior a la superior permitirá conocer el tipo de máquina neumática que se utilizará en este proceso. Este dato se determina utilizando la ecuación 5 (volumen de un cilindro) partiendo de las dimensiones de la manguera transportadora.

Donde;

Longitud de la manguera = 215 cm

Diámetro interno de la manguera = 3,175 cm

Se reemplaza en la ecuación 5:

$$v_{manguera} = \pi * 1,5875^2 \text{ cm} * 215 \text{ cm} = 1.702,22 \text{ cm}^3 \quad (5)$$

Utilizando así en la ecuación 10 (masa total) en función del volumen y la densidad del material la cual corresponde a $1.44 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$;

$$m_{total} = v_{manguera} * \rho \quad (10)$$

Donde;

$$v_{manguera} = 1.702,22 \text{ cm}^3$$

$$\text{Densidad } (\rho) = 1.44 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Se reemplaza en la ecuación 10;

$$m_{total} = 1.702,22 \text{ cm}^3 * 1.44 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 2.451,2 \text{ g} \quad (10)$$

Determinando así la cantidad de material dentro de la manguera. Para determinar la presión necesaria para transportar el material, es necesario encontrar la fuerza que ejerce el material dentro de la manguera, y se halla con la ecuación 11 (Fuerza);

$$F = m_{total} * g \quad (11)$$

Donde;

$$m_{total} = 2.451,2 \text{ g} = 2,4512 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$$

se reemplaza en la ecuación 11;

$$F = 2,45 \text{ kg} * 9.81 \frac{m}{s^2} = 24,03 \text{ N} \quad (11)$$

Hallando la fuerza que ejerce el material dentro de la manguera.

Para el área utilizaremos la ecuación 4 (área transversal) utilizando el diámetro de la manguera el cual corresponde a 3,175 cm de la siguiente forma;

$$A_{circulo} = \pi * r^2 \quad (4)$$

Y se reemplaza;

$$A_{circulo} = \pi * (1.5875 \text{ cm})^2 = 7.92 \text{ cm}^2 \quad (4)$$

A continuación, mediante la ecuación 12 (presión), se determinará la presión dentro de la manguera que necesitará el soplador para realizar el proceso de transporte del material;

$$P_{manguera} = \frac{F}{A_{circulo}} \quad (12)$$

Donde;

$$F = 24,03 \text{ N}$$

$$\text{Área de circulo } (A_{circulo}) = 7.92 \text{ cm}^2 = 7.92 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

se reemplaza;

$$P_{manguera} = \frac{24,03 \text{ N}}{7.92 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 30.340,9 \text{ Pa} \quad (12)$$

A esta presión encontrada se suma la presión atmosférica de la ciudad de Bogotá (74.660,52 Pa), para poder determinar la presión total que deberá romper el compresor;

$$30.340,9 \text{ Pa} + 74.660,52 \text{ Pa} = 105.001,52 \text{ Pa}$$

Determinando así la presión que deberá superar el compresor al momento de realizar el proceso de transporte de material.

4.2.7 Compresor. El compresor con el que se realizara el proceso de transporte es el que tiene la compañía actualmente como se ve en la imagen 30, cuenta con una presión de 200 libras (lb) y supera la presión de 15,23 libras (lb) necesarias para poder realizar el transporte de la baquelita.

Imagen 30. Manómetro



Fuente: elaboración propia

4.3 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

El sistema de dosificación es el encargado de almacenar y dosificar la baquelita desde la tolva superior hasta los moldes; consta de una tolva de almacenamiento, un sistema de dosificación y un sistema de descarga en los moldes.

4.3.1 Tolva superior. Esta tolva está situada en la parte superior de la prensa hidráulica, es la encargada de recibir la baquelita desde el sistema de alimentación, almacenarla y transportarla hasta el sistema de dosificación.

El diámetro de salida de la tolva es de 73 mm (2,5 in), el diámetro de entrada del material de la tolva es de 31.75 mm (1,25 in), diámetro correspondiente a la manguera de transporte del material, y la altura total es de 150 mm como se muestra en la imagen 31, permitiendo conectar con el sistema de dosificación.

Imagen 31. Tolva superior



Fuente. elaboración propia

Esta tolva tiene las siguientes medidas;

Altura total tolva = 150 mm
Diámetro superior tolva = 200 mm
Diámetro de salida = 73 mm
Diámetro de entrada de material = 31.75 mm
Altura del cono = 63 mm
Altura cilindro = 150 mm
Angulo del cono = 45°

Con estas dimensiones calculamos el volumen de esta tolva utilizando la ecuación 5;

$$v_{cilindro} = \pi * (r_{interno})^2 * h \quad (5)$$

Para el cálculo del volumen se debe tener en cuenta que se encuentra entre dos sensores de tipo capacitivos, uno de estos estará a una altura de 118 mm y el segundo estará en la parte inferior de la tolva, son los encargados de mantener el volumen de material dentro de la tolva.

Se inicia con la ecuación 5 y la ecuación 6 de acuerdo a las condiciones dadas anteriormente;

$$v_{cono} = \frac{1}{3} * \pi * h * (R_1^2 + r_2^2 + (R_1 * r_2)) \quad (5)$$

Se reemplaza en la ecuación 5;

$$v_{cilindro} = \pi * (9.841cm)^2 * 11.8 cm = 3.590,13 cm^3 \quad (6)$$

Se resta el calibre de la tolva al radio del cono;

$$R_1 = \text{Radio externo} - \text{Espesor lámina}$$

$$R_1 = 100\text{mm} - 1.59\text{mm} = 98.41\text{mm} = 9.84\text{cm}$$

$$v_{\text{cono}} = \frac{1}{3} \times \pi \times 6,3 \text{ cm} (9,84^2 \text{ cm} + 3,65^2 \text{ cm} + (9,84 \text{ cm} \times 3,65 \text{ cm})) = 963,63 \text{ cm}^3$$

$$v_{\text{total}} = 3.590,13 \text{ cm}^3 + 963,63 \text{ cm}^3 = 4.553,76 \text{ cm}^3$$

Este volumen permitirá encontrar la cantidad de material que tendrá la tolva superior, y después, realizar el análisis de recipientes a presión de esta tolva. Debido a que el volumen de la tolva es superior al volumen del material almacenado, se concluye que estas medidas son las correspondientes.

4.3.2 Material de la tolva. Se define con respecto a los siguientes requerimientos;

- ✓ Alta resistencia a la oxidación, ya que en la empresa tiene procesos en donde hay vapores que oxidan los aceros como en la inyección de PVC y esta oxidación puede afectar el material.
- ✓ Debe tener baja conductividad térmica, ya que la baquelita que contendrá la tolva, estará a temperatura ambiente.
- ✓ Debe ser un acero maleable, soldable y fácil para la construcción de la tolva.

Dado los requerimientos para el material de la tolva se decide construir la tolva en acero inoxidable 304 calibre 16, ya que este acero se caracteriza por tener una alta resistencia a la oxidación es maleable, por lo tanto, sirve para trabajos de construcción simple y se deja soldar. Para mayor información de este material ir al anexo B.

El tipo de soldadura para la elaboración de la tolva es de tipo TIG (Tugsten inert correspondiente espesor de 1.21 mm, teniendo en cuenta que no requiere ningún tipo de preparación en los bordes facilitando así su aplicación en aceros delgados, su excelente acabado, su alta resistencia ante la oxidación, y sus bajos niveles de salpicadura, emanación de chispas al no necesitar material de aporte al momento del proceso.

4.3.3 Calculo de esfuerzos para la tolva superior. El análisis de recipientes a presión de la tolva superior se realizará de la misma forma en la que se analizó la tolva inferior, se utilizara el mismo material (acero inoxidable 304 calibre 18), por este motivo su límite de fluencia (δ_{lim}) tendrá el mismo valor de 30.216,19 psi, determinando de esta forma el esfuerzo admisible del material, el cual se determinara para el cálculo de la presión interna de la tolva como $\delta_{adm} = S$.

Para el cálculo de la presión interna de la tolva usaremos la norma ASME sección VIII, División I, la cual nos permite mediante la ecuación 8 determinar el valor de la presión que se ejerce dentro de la tolva,

$$e = \frac{p*r}{(S*E)-(0,6*p)} \quad (8)$$

Donde;

Espesor del material (e) = 0,0625 in

Tensión admisible (S) = 30216,19 psi

Radio interior (r) = 3.93701 in

Eficiencia de la junta (E) = 1.0

Según el material escogido y su calibre, servirá para determinar la presión interna del diseño (P), se despeja y se resuelve la ecuación 9 de la siguiente manera:

$$p = \frac{e*(S*E)}{r+(e*0.6)} \quad (9)$$

Y se reemplazan los valores:

$$p = \frac{(0,0625 \text{ in}) * (30216,19 \text{ psi} * 1,0)}{(3.9370 \text{ in}) + (0,0625 \text{ in} * 0.6)} = 475 \text{ psi}$$

Determinando finalmente la presión de diseño.

Después de determinar la presión de diseño de la tolva, se compara con la presión que ejerce la baquelita en la tolva, para esto necesitaremos conocer la masa total dentro del volumen de la tolva hallado anterior mente con la ecuación 10,

$$m_{total} = v_{tolva} * \rho \quad (10)$$

Donde,

$$v_{tolva} = 4.553,76 \text{ cm}^3$$

$$\text{Densidad del material } (\rho) = 1,44 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Se reemplaza;

$$m_{total} = 4.553,76 \text{ cm}^3 * 1,44 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 6.557,41 \text{ g} \quad (10)$$

Determinando así la cantidad de material dentro de la tolva. Es necesario encontrar la fuerza que ejerce el material dentro de la tolva, y se halla con la ecuación 11;

$$F = m_{total} * g \quad (11)$$

Donde;

$$m_{total} = 6.557,41 \text{ g} = 6,557 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

se reemplaza;

$$F = 6,557 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 64,32 \text{ N} \quad (11)$$

Determinando la fuerza que ejerce el material dentro de la tolva, necesitaremos hallar el área de la tolva para la cual utilizaremos la ecuación 4 utilizando el radio interno de la tolva el cual corresponde a 25,92 cm de la siguiente forma;

$$A_{tolva} = \pi * r^2 \quad (4)$$

Y se reemplaza;

$$A_{tolva} = \pi * (9,84 \text{ cm})^2 = 304,18 \text{ cm}^2 \quad (4)$$

Mediante la ecuación 12 (Presión), se encontrará la presión que ejerce la baquelita dentro de la tolva y se compara con la presión de diseño de la tova;

$$P_{material} = \frac{F}{A_{tolva}} \quad (12)$$

Donde;

$$F = 64,32 \text{ N}$$

$$A_{tolva} = 304,18 \text{ cm}^2 = 0,030418 \text{ m}^2$$

Se reemplaza;

$$P_{material} = \frac{64,32 \text{ N}}{0,030418 \text{ m}^2} = 2.114,53 \text{ Pa} \quad (12)$$

Lo cual corresponde a 30,68 psi y se compara con el valor de la presión del diseño de la tolva.

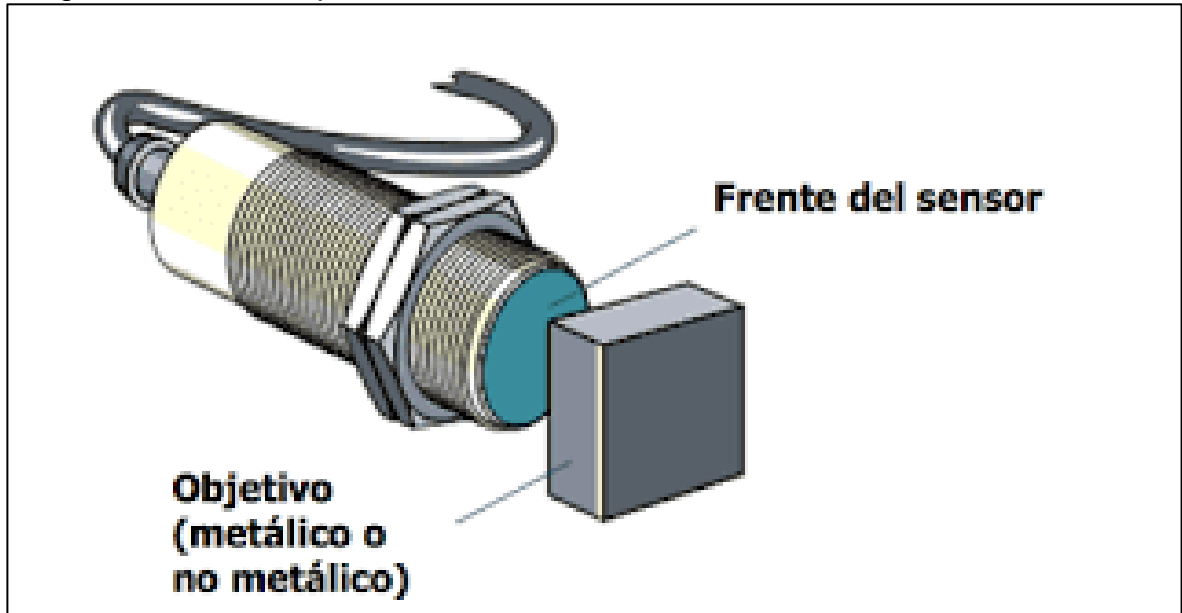
$$30,68 \text{ psi} < 475 \text{ psi}$$

Se concluye que la presión de la baquelita no supera la presión encontrada del material de construcción de la tolva, asegurando así que esta cumplirá su función sin ningún tipo de inconveniente.

4.3.4 Sensores de la tolva superior. Los sensores escogidos fueron de tipo capacitivos debido a sus propiedades que los hacen ideales para regular la cantidad de material dentro de la tolva, estos reaccionan cuando el material se acerca al

sensor, esto se debe a que este crea un campo electrostático el cual detecta la proximidad del material y cuando este llega al límite permitido, envía una señal como se puede observar en la imagen 32.

Imagen 32. Sensor capacitivo.



Fuente. INGENIERÍA MECAFENIX, Sensor de proximidad capacitiva. Estado de México. Frank Mecafenix. 23 de mayo del 2017. [Consultado: 15 de marzo del 2019]. Disponible en: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensor-proximidad-%20capacitivo>

Para esto es importante conocer la constante dieléctrica del material, ya que, a mayor valor, será más sencillo que el sensor reconozca el material. La baquelita tiene una constante dieléctrica de 3.6 la cual se considera alta para este tipo de sensores como se muestra en la imagen 33.

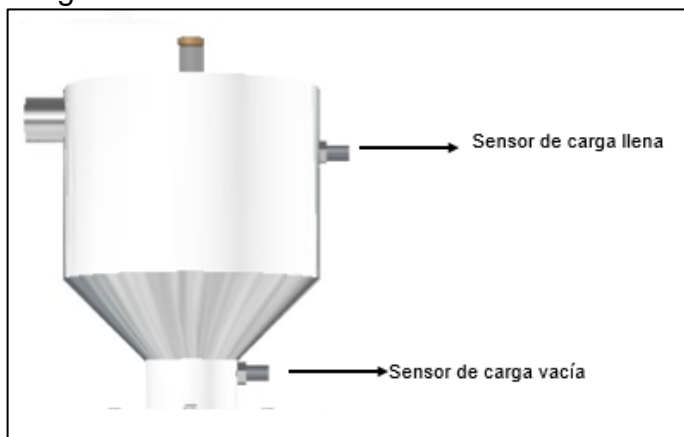
Imagen 33. Constante dieléctrica de materiales

Material	D.C.	Material	D.C.
Alcohol	25.8	Polyamide	5
Araldite	3.6	Polyethylene	2.3
Bakelita	3.6	Polypropylene	2.3
Vidrio	5	Polystyrene	3
Mica	6	Polyvinyl Chloride	2.9
Hule duro	4	Porcelana	4.4
Laminado de papel	4.5	Tablaprensada	4
Madera	2.7	Vidrio sílica	3.7
Comp. cable moldeado	2.5	Arena sílica	4.5
Aire, Vacío	1	Hule silicón	2.8
Mármol	8	Teflon	2
Papel con aceite	4	Turpentine Oil	2.2
papel	2.3	Transformer Oil	2.2
Parafina	2.2	Agua	80
Petróleo	2.2	Hule suave	2.5
Plexiglas	3.2	Celluloid	3

Fuente: elaboración propia

La cantidad de sensores necesarios será de dos, uno en la parte superior llamado sensor de carga llena y otro en la parte inferior llamado sensor de carga vacía como se ve en la imagen 34. El sensor de carga llena tiene como función avisar cuando la tolva alcance el límite superior de llenado de material enviando una señal la cual hará que se desactive el sistema de alimentación, el sensor de carga vacía es el encargado de avisar cuando la tolva este vacía y el sistema de alimentación se activarán.

Imagen 34. Ubicación sensores.

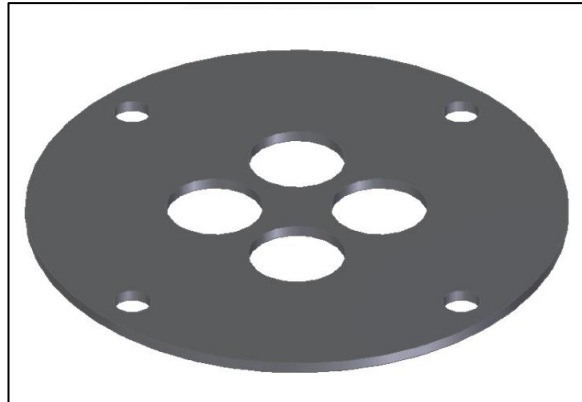


Fuente: elaboración propia

4.3.5 Anillo de división. Este anillo se encuentra ubicado a la salida de la tolva, tiene como función dividir el material en 4 partes iguales cumpliendo el objetivo de empezar la dosificación del material desde la salida de la tolva.

Este anillo cuenta con 4 agujeros de 1 pulgada de diámetro, este diámetro se tomó de la prueba experimental No 2, como se ve en la imagen 35, cumple la función de dirigir el material hacia el cilindro de almacenamiento permitiendo que el material caiga de una manera centrada al activarse la compuerta neumática.

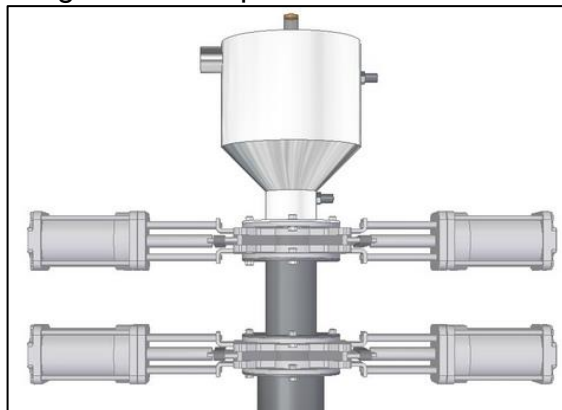
Imagen 35. Anillo de división



Fuente: elaboración propia

4.3.6 Compuertas neumáticas. Las compuertas neumáticas cumplen la función de suspender el material para que no caiga, están automatizadas para que en un tiempo establecido se abran y cierren, la compuerta superior está ubicada a la salida de la tolva de dosificación y la compuerta inferior está ubicada a la salida del cilindro de almacenamiento, como se ve en la imagen 36.

Imagen 36. Compuertas neumáticas



Fuente: elaboración Propia

Las compuertas escogidas para este sistema son válvulas bidireccionales de guillotina de doble tajadera como se ve en la imagen 37, las cuales están diseñadas para soportar sólidos en suspensión y asegurar un paso total, debido a su diseño de doble tajadera el tiempo de apertura y cierre es la mitad en relación a otras válvulas, además, su apertura es de forma centrada, estas características garantizan que el material caerá uniformemente en el cilindro de almacenamiento y

posteriormente en el cilindro de dosificación lo cual es indispensable para garantizar la precisión en el proceso de dosificación.

Estas válvulas se ajustan al diámetro de salida del material que corresponde a 73 mm ya que la empresa ORBINOX fabrica en acero inoxidable bajo pedido las válvulas para diámetros nominales menores a 100 mm, las tajaderas en posición abierta están guardadas dentro del cuerpo y al cerrarse las tajaderas centran el material. Ver anexo D.

Imagen 37. Válvula de guillotina bidireccional.



Fuente: ORBINOX Valves International, S.L. Válvulas de guillotina. España: Empresa grupo Orbinox. 03 de abril de 2019. [Consultado: 03 de marzo del 2019]. Disponible en: <http://www.orbinox.es/>

La compuerta superior tendrá como función suspender el material para que no caiga dentro del cilindro de almacenamiento cuando esté lleno, al vaciarse el cilindro, esta se activara dejando caer libremente el material por un tiempo establecido previamente y cumpliendo la primera parte de la dosificación. La compuerta inferior, tendrá como función, suspender el material en el cilindro de almacenamiento y no permitir que el material caiga al cilindro de dosificación mientras la prensa realiza el proceso de moldeo, cuando esta termina de realizar su proceso, la compuerta inferior se activa permitiendo que el material caiga libremente a los moldes, ya dosificado previamente.

Para la compuerta superior se deberá calcular el tiempo de apertura, este tiempo se halla de acuerdo al caudal calculado en el experimento número 2 donde se encontró que el caudal es igual a $33,57 \text{ cm}^3/\text{seg}$, para encontrar el tiempo se necesita conocer el volumen del material para los dos procesos de Base de licuadora 1 y Base de licuadora 2, se determinara con la siguiente ecuación;

$$V = \frac{M_{total}}{\rho} \quad (13)$$

- Base de licuadora 1 (3 puntas);

1 base = 63 g

$M_{total} = 63 \text{ g}$

$$\rho = 1.44 \frac{g}{cm^3}$$

Se reemplaza;

$$V = \frac{63 g}{1.44 \frac{g}{cm^3}} = 43,75 cm^3 \quad (13)$$

• Base de licuadora 2 (6 puntas);

1 base = 40 g

$M_{total} = 40 g$

$$\rho = 1.44 \frac{g}{cm^3}$$

Se reemplaza;

$$V = \frac{40 g}{1.44 \frac{g}{cm^3}} = 27,77 cm^3 \quad (13)$$

Al determinar el volumen que ocupara el material, se utilizara el experimento 2 para determinar un caudal con el cual podemos determinar el tiempo necesario de activación de las compuertas, utilizaremos la ecuación de caudal para determinar el tiempo necesario;

Para poder hallar el caudal se utiliza la siguiente formula:

$$Q = v \times A_t \quad (3)$$

Donde;

Q = caudal

v = velocidad

A_t = área trasversal

x = altura de la Probeta

t = tiempo

Se reemplaza;

Para la prueba experimental 2;

$$V = \frac{300 mm}{13,11 seg} = 26,6971 \frac{mm}{seg} \quad (2)$$

$$A_t = \pi \times (19mm)^2 = 1.134,11 mm^2 \quad (4)$$

$$Q = 26,6971 \frac{mm}{seg} \times 1.134,11 mm^2 = 30.277,53 \frac{mm^3}{seg} = 30,277 \frac{cm^3}{seg}$$

Para determinar el tiempo en función del caudal;

$$t = \frac{v_{material}}{Q} \quad (14)$$

Para la base 1;

$$v_{material} = 43,75 cm^3$$

$$Q = 30,277 \frac{cm^3}{seg}$$

Se reemplaza;

$$t = \frac{43.75 cm^3}{30,277 \frac{cm^3}{seg}} = 1,40324 seg = 1.403,24 ms \quad (14)$$

Para la base 2;

$$v_{material} = 27,77 cm^3$$

$$Q = 30,277 \frac{cm^3}{seg}$$

Se reemplaza;

$$t = \frac{27,77 cm^3}{30,277 \frac{cm^3}{seg}} = 0,917 seg = 917,19 ms \quad (14)$$

Se concluye que el tiempo de apertura de la compuerta superior para la base 1 será de 1,40324 milisegundos (ms), así logrará pasar el volumen necesario para la dosificación y posterior creación de la pieza. Para la base 2 necesitara un tiempo de 917,19 milisegundos (ms) de apertura.

Para comprobar que el tiempo de apertura de la compuerta es acertado, se realizara un segundo experimento, en el cual se dejara caer la cantidad de material para la base de licuadora número uno (63 gr) en un embudo y se contabilizara el tiempo de caída del material, se realizara el experimento con la base de licuadora número 2 respectivamente.

Para la base de licuadora número 1 se utilizó una probeta con un diámetro de salida de 25,4 mm (1 in) y una masa de 63 g, los resultados se pueden ver en la siguiente tabla.

Tabla 10. Datos experimentales base de licuadora 1

Prueba	Tiempo	xi-X	(xi-X)^2
1	1,41	0,009	8,1E-05
2	1,38	-0,021	0,000441
3	1,37	0,019	0,000361
4	1,26	0,019	0,000361
5	1,32	0,009	8,1E-05
6	1,38	-0,021	0,000441
7	1,26	-0,041	0,001681
8	1,33	0,029	0,000841
9	1,41	0,009	8,1E-05
10	1,29	-0,011	0,000121
v. promedio	1,401		0,00449
Numero de datos	10		
D. Estándar	0,022336		

Fuente: elaboración propia

Para la base de licuadora número 2 se utilizó la misma probeta de 50 mm de largo, con un diámetro de salida de 25,4 mm (1 in) con una masa de 43 g, los resultados se pueden ver en la siguiente tabla.

Tabla 11. Datos experimentales base de licuadora 2

Prueba	Tiempo	xi-X	(xi-X)^2
1	0,891	-0,31	0,0961
2	0,931	-0,37	0,1369
3	0,797	-0,304	0,092416
4	0,781	-0,32	0,1024
5	0,914	-0,387	0,149769
6	0,831	-0,37	0,1369
7	0,863	-0,338	0,114244
8	0,841	-0,36	0,1296
9	0,916	-0,385	0,148225
10	0,835	-0,366	0,133956
v. promedio	0,935		1,24051
Numero de datos	10		
D. Estándar	0,371261		

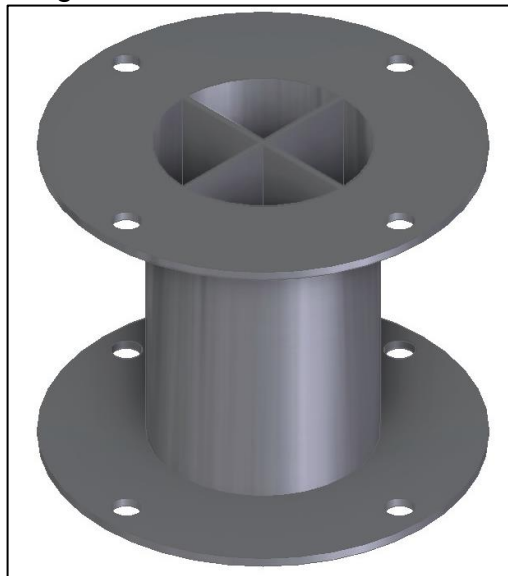
Fuente: elaboración propia

Al obtener los resultados de los experimentos, se determina que para la base de licuadora 1 el tiempo obtenido en el método analítico fue de 1.403,24 milisegundos (ms), y por el método experimental el valor promedio fue de 1,401 milisegundos (ms). Para la base de licuadora 2 el tiempo obtenido por el método analítico fue de 917,19 milisegundos (ms) y por el método experimental se obtuvo un valor promedio de 935 milisegundos (ms). Se concluye que los tiempos hallados por el método analítico, coinciden con los obtenidos por el método experimental.

4.3.7 Cilindro de almacenamiento. El cilindro está ubicado entre las dos compuertas neumáticas tipo válvula de guillotina, su función principal es la de almacenar el volumen de material necesario para cumplir 1 ciclo en la prensa tanto para la base 1 como para la base 2, el material escogido para este cilindro es acero inoxidable 304, supliendo las necesidades a las cuales debe estar sometida la baquelita.

Su interior está dividido en 4 partes iguales, con el fin de continuar la división del material la cual inicia desde la tolva gracias al anillo de división, como se observa en la imagen 38.

Imagen 38. Cilindro de almacenamiento



Fuente: elaboración Propia

Para calcular las dimensiones del cilindro, se utiliza la ecuación de volumen, el diámetro corresponderá al diámetro de salida de la tolva que es de 73 mm y el volumen corresponde a;

Base de licuadora 1 (3 puntas);

1 base = 63 gr

4 bases = 1 ciclo

$M_{total} = 252 \text{ g}$

$$\rho = 1.44 \frac{g}{cm^3}$$

Se reemplaza en la ecuación de volumen;

$$V = \frac{252 g}{1.44 \frac{g}{cm^3}} = 175 cm^3 \quad (15)$$

Se escoge la base de licuadora 1 ya que cuenta con mayor cantidad de material en gramos comparándola con la base de licuadora 2. Se le dejara una tolerancia de $25 cm^3$, para un total de $200 cm^3$;

$$v_{material} = \pi * (r_{interno})^2 * h \quad (5)$$

Donde;

$$v_{material} = 200 cm^3 = 200.000 mm^3$$

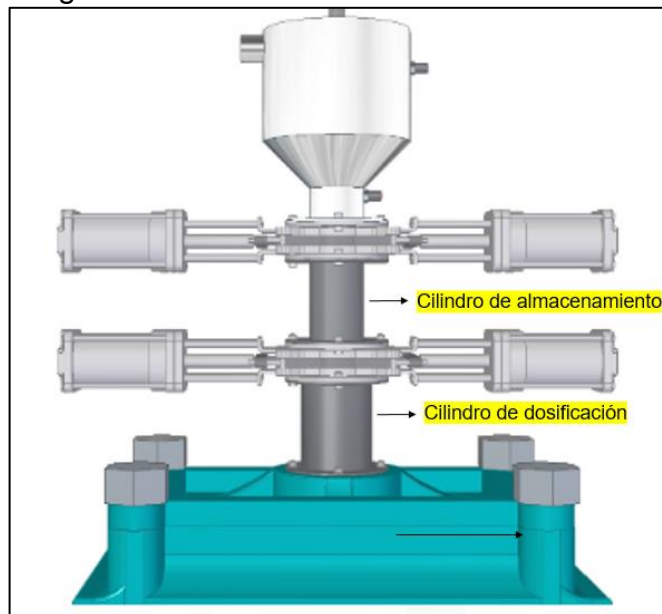
$$r_{interno} = 36,5 mm$$

Se reemplaza;

$$h = \frac{200.000 mm^3}{\pi * (36,5 mm)^2} = 47,78 mm \quad (5)$$

Determinando así las dimensiones mínimas que deberá tener el cilindro de almacenamiento las cuales corresponden a un diámetro de 73 mm, una altura de 47,78 mm y una capacidad de $200 cm^3$ como se muestra en la imagen 39,

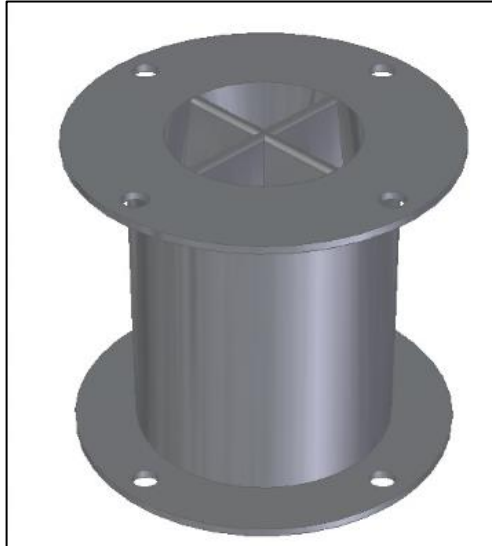
Imagen 39. Ubicación cilindro de almacenamiento.



Fuente: elaboración propia

4.3.8 Cilindro de dosificación. Este cilindro está ubicado en la parte inferior de la compuerta neumática 2, tiene como función continuar la dosificación en 4 partes iguales y dirigir el material que cae libremente por gravedad a los tubos telescópicos; el material de construcción es en acero inoxidable 304 ajustándose a las características de la baquelita. En la parte superior está dividido en forma de cruz sin bordes de cara plana para garantizar que el material no quede atascado al momento de caer como se muestra en la imagen 40.

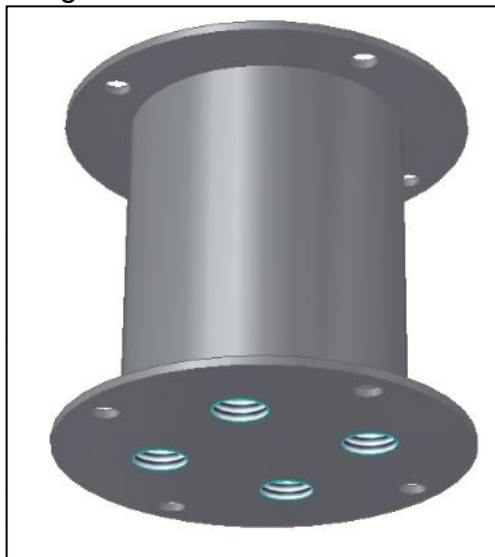
Imagen 40. Parte superior del cilindro



Fuente: elaboración propia

La parte inferior del cilindro tendrá 4 orificios circulares por los cuales se transportará el material hacia los tubos telescópicos como se muestra en la imagen 41.

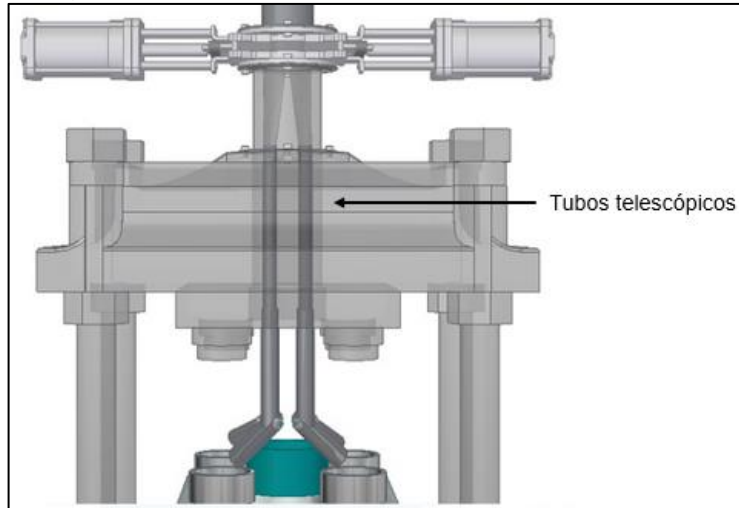
Imagen 41. Parte inferior del cilindro



Fuente: elaboración propia

4.3.9 tubos telescópicos. Son los encargados de finalizar la descarga de la baquelita en los moldes, están divididos en dos secciones, funcionan de tal manera que cuando el molde inferior de la prensa hidráulica baja, los tubos se extienden como se muestra en la imagen 42, los tubos tienen una Longitud de trabajo de 400 mm, desde el final del cilindro dosificador, hasta el principio del molde de fabricación.

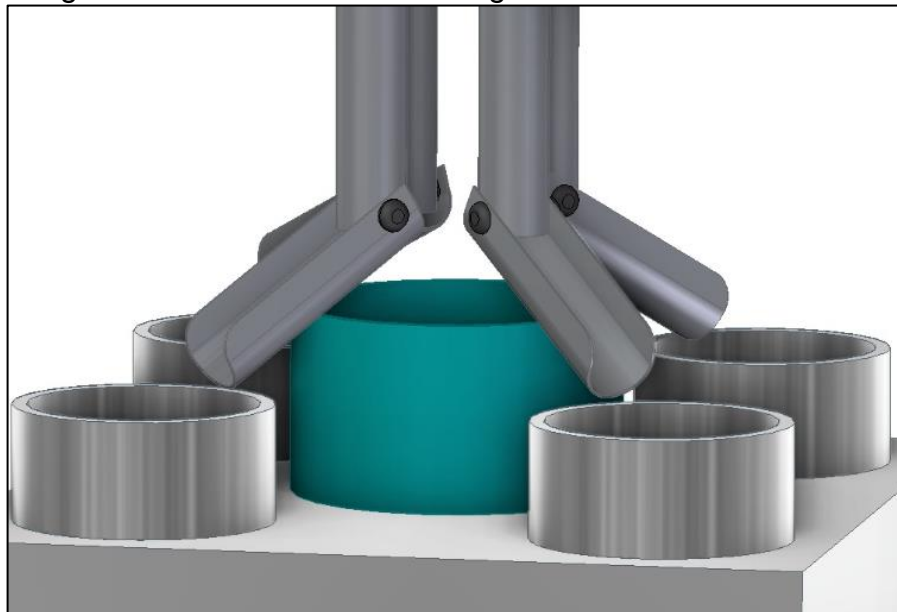
Imagen 42. Tubos telescópicos



Fuente: elaboración propia

En la parte inferior de los tubos posee un mecanismo de direccionamiento, consta de 4 tubos de descarga tipo canal, estos se extienden hasta el tope que es el cilindro de arrastre ubicado en el molde inferior, como se ve en la imagen 43.

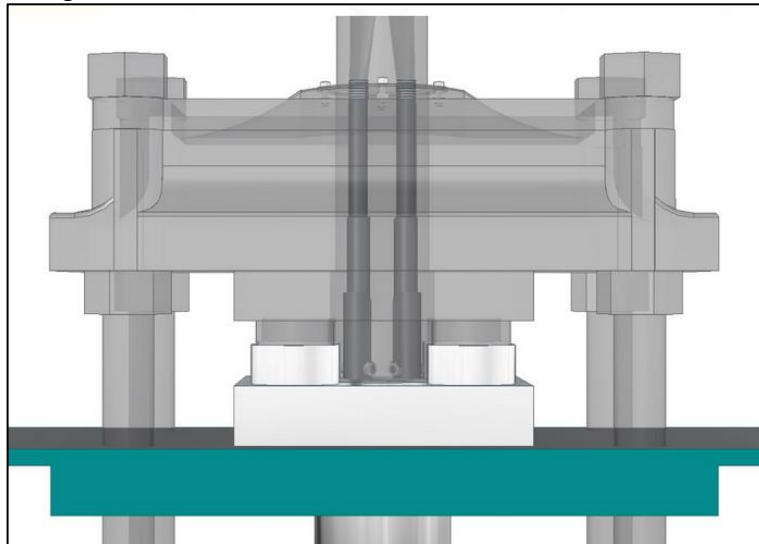
Imagen 43. Mecanismo de descarga



Fuente: elaboración propia

Una vez el molde cierra, el mecanismo de descarga y los tubos telescópicos quedan encerrados en el cilindro de arrastre el cual está ubicado en la parte central de molde inferior como se ve en la imagen 44.

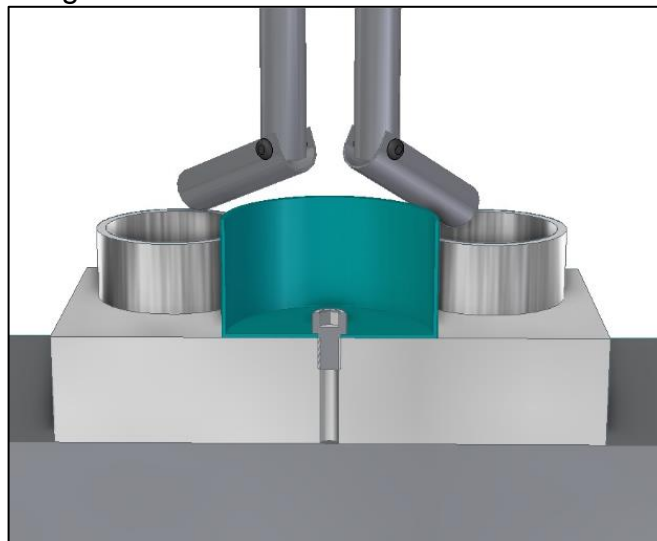
Imagen 44. Mecanismo cerrado



Fuente: elaboración propia.

El cilindro de arrastre, ubicado en el centro del molde inferior tiene como función principal encerrar el mecanismo de descarga y cuando la prensa sube, contraer los tubos telescópicos y guardar todo el mecanismo en la parte interior de la prensa como se ve en la imagen 45.

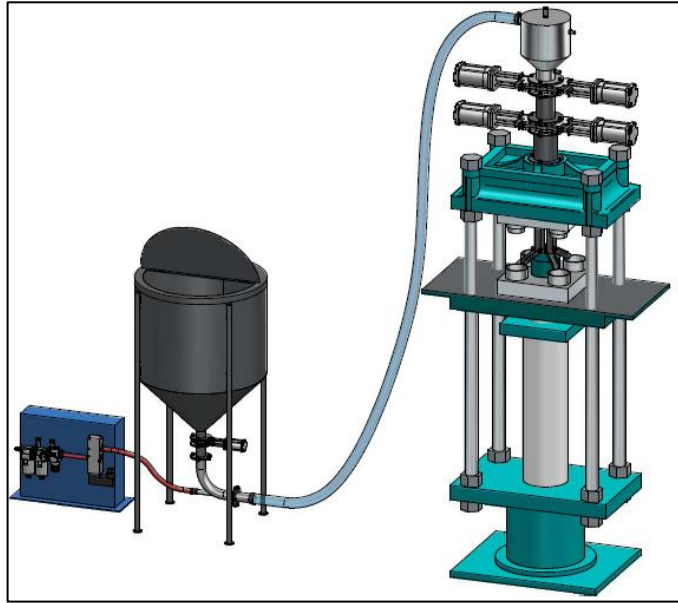
Imagen 45. Cilindro de molde inferior.



Fuente: elaboración propia

Finalizando así el proceso de dosificación y del diseño detallado, dando como resultado el sistema de alimentación acoplado al sistema de dosificación instalado en la prensa como se ven en la imagen 46.

Imagen 46. Sistema completo.



Fuente: elaboración propia.

4.4 AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA

Descripción detallada del sistema electro-neumático de dosificador; Para mayor información ver los planos números 25 y 26.

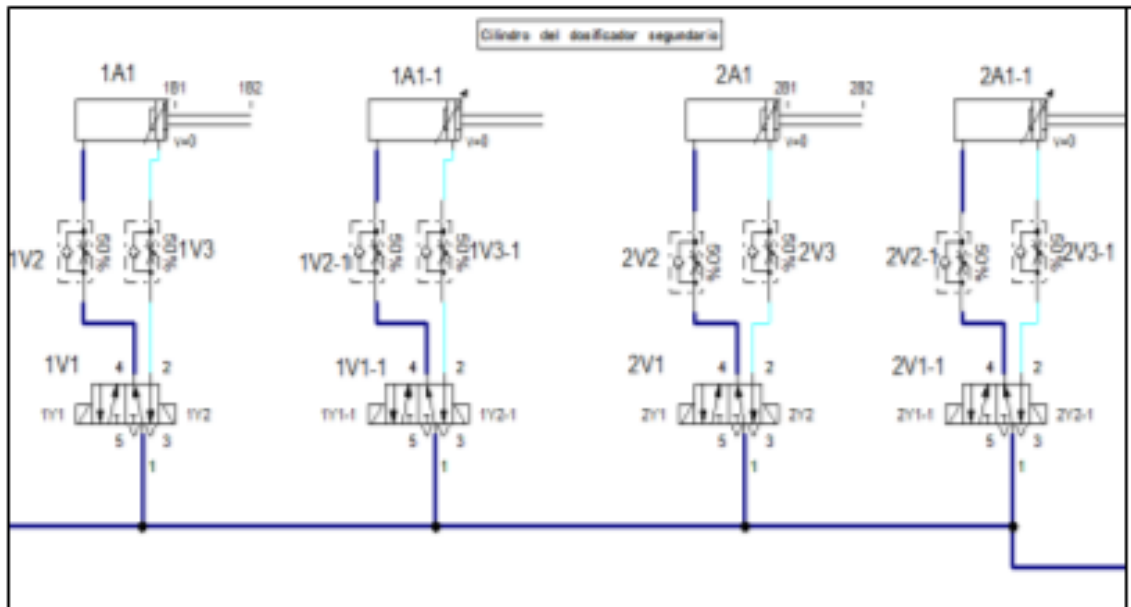
Para el sistema de dosificación y descargue de materia prima se presenta el control de potencia neumática con válvulas de maniobra electroneumáticas y lógica cableada en su control.

Para mayor claridad consultar plano de potencia neumático número 25.

El sistema se compone de Cinco cilindros neumáticos de doble efecto, estos maniobrados con válvulas 5/2 de Accionamiento eléctrico, cada uno de estos elementos de potencia (Actuadores Neumáticos) con válvulas reguladoras de velocidad en cada una de sus entradas. Como elementos de control de entrada de aire dispone de una válvula monoestable 2/2.

En el montaje, para la dosificación cuenta con 4 cilindros cada uno de estos inicia con un vástago afuera de tal manera que el sistema mantiene cerrado y su montaje mecánico como se ve en la imagen 47.

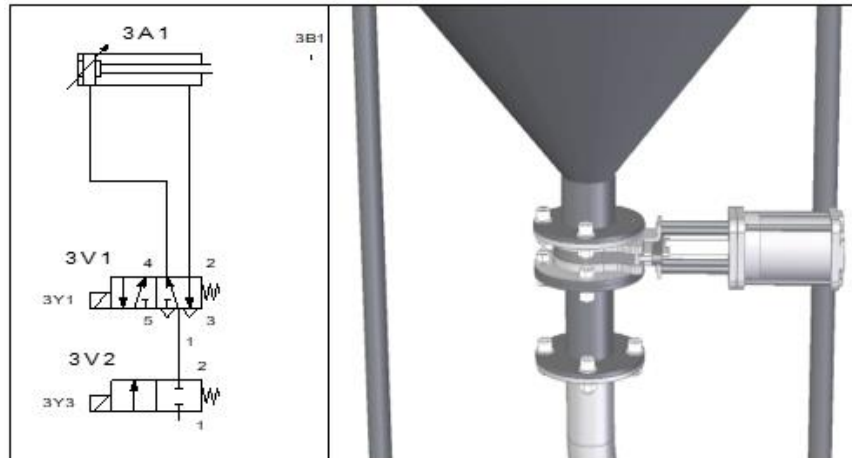
Imagen 47. Cilindros de dosificación y montaje mecánico



Fuente: elaboración propia

La compuerta neumática de la tolva de almacenamiento inferior, al igual que el montaje del sistema de dosificación, cuenta con un cilindro neumático de doble efecto que le permite la apertura al sistema de alimentación, el montaje neumático y mecánico como se ven en la imagen 48.

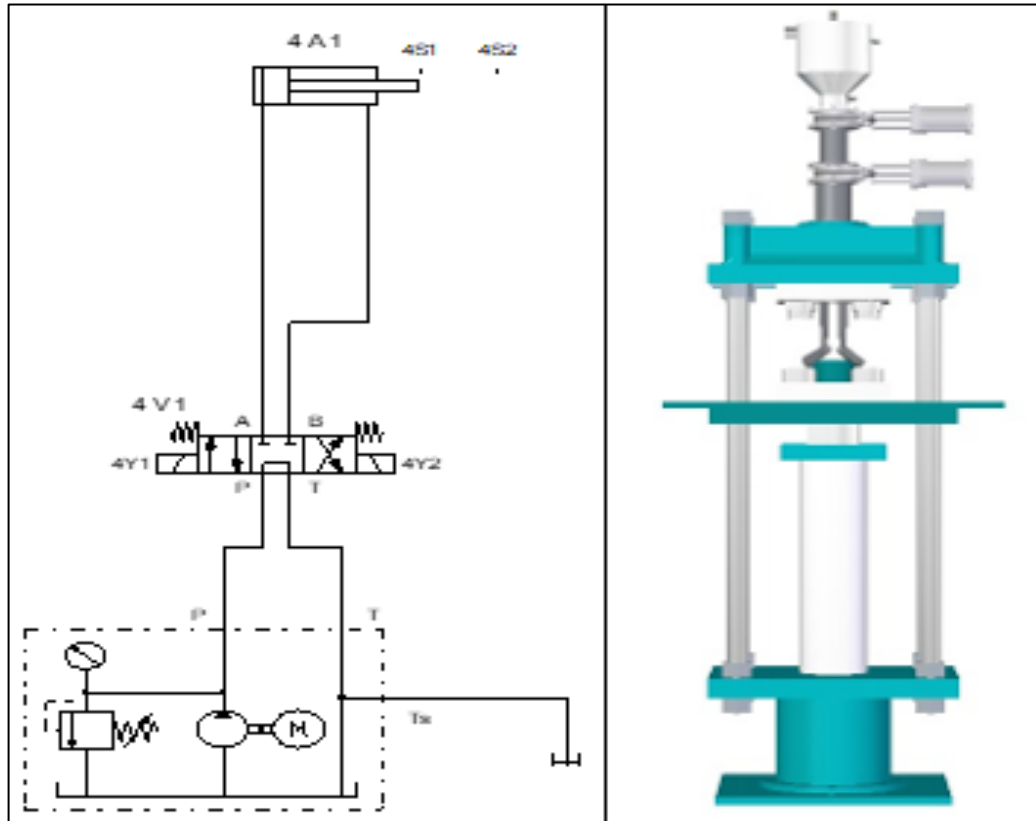
Imagen 48. Montaje neumático y mecánico



Fuente: elaboración propia

El montaje para la prensa hidráulica cuenta con un cilindro de doble efecto hidráulico, electroválvula de maniobra de tipo 4/3 y su respectiva unidad hidráulica provista de un motor, bomba, válvula limitadora de presión, manómetro y tanque como se ve en la imagen 49.

Imagen 49. Montaje de la prensa hidráulica



Fuente: elaboración propia.

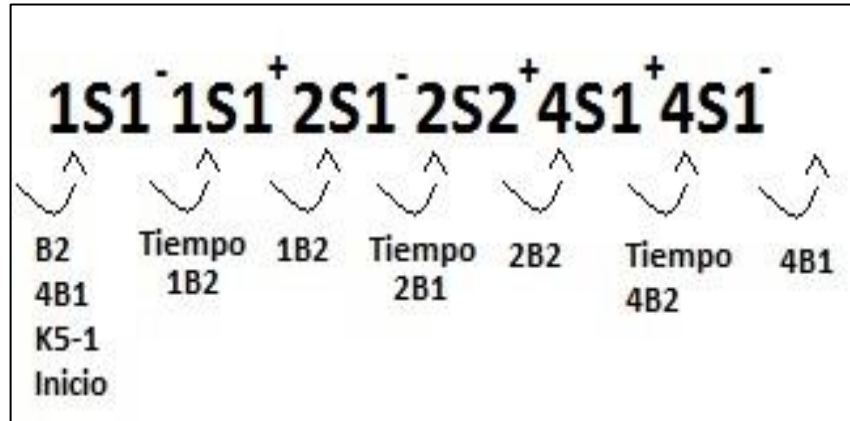
El diagrama de control dispone de elementos periféricos como lo son los sensores capacitivos, dispuesto en cada cilindro tanto en su apertura como en su cierre, cuenta también con elementos electro-magnéticos (Relevos), encargados de tomar la señal de los sensores y accionar el solenoide de las válvulas o desactivar partes del circuito para lograr la secuencia.

Por último, el sistema cuenta con relés con desaceleración de arranque (temporizadores a la conexión), dichos elementos retardan la señal eléctrica bajo un tiempo determinado.

Para mayor información ver plano circuito de control.

El sistema de control cuenta con paro de emergencia que detiene todo paso de energía en todo el sistema. Por otro lado el esquema eléctrico cuenta con cuatro secciones. La secuencia del sistema y la primera seccion realizada con el método de cascada como se ve en la imagen 50.

Imagen 50. Secuencia del sistema



Fuente: elaboracion propia

Para mayor información consultar plano circuito de control.

Segunda parte del diagrama , detalla la asignación de los sensores capacitivos de nivel y el sensor de proximidad del cilindro que me controla el proceso de alimentacion de la tolva superior.

La tercera parte del diagrama electrico que detalla la logica que debe tener una conexión por contactos para lograr el encendido del proceso de alimentacion de la tolva superior cuando esta detecta que ha quedado sin material.

Ultima parte del circuito describe la logica de contactos y la asignacion ON/OFF de solenoides (Encendido/Apagado de Electroválvulas) que permiten prender y apagar las electrovalvulas.

Para mayor información consultar plano circuito de control.

Imagen 51. Nomenclatura De Elementos

Marca	Denominación del componente	2Y2	Solenoides de válvula
1A1	Cilindro doble efecto	2B1	Interruptor de alimentación capacitativa
2A1	Cilindro doble efecto	K3	Franqueador
P1	Fuente de aire comprimido	K4	Franqueador
0Z0	Unidad de mantenimiento, representación simplificada	K5	Franqueador
	Fuente de tensión (0V)	1B1	Interruptor de alimentación inductiva
	Fuente de tensión (24V)	T1	Obturador
4B1	Interruptor de alimentación inductiva	K2	Obturador
K5-1	Obturador	K2	Obturador
K1	Obturador	T1	Relé con deceleración de arranque
K1	Relé	K1	Obturador
K2	Franqueador	T2	Relé con deceleración de arranque
K2	Relé	K3	Obturador
K3	Obturador	INICIO	Pulsador (Obturador)
K3	Relé	STOP	Interruptor (Franqueador)
T2	Obturador	K4	Obturador
K4	Obturador	K0	Relé
K4	Relé	0V1	Válvula de 2/n vías
K1	Obturador	0Y1	Solenoides de válvula
K2	Obturador	K0	Obturador
K3	Obturador	K0	Obturador
K4	Obturador	K5-1	Obturador
1Y1	Solenoides de válvula	1B2	Interruptor de alimentación inductiva
1Y2	Solenoides de válvula	1A1-1	Cilindro doble efecto
2Y1	Solenoides de válvula	1Y1-1	Solenoides de válvula
2Y2	Solenoides de válvula	1Y2-1	Solenoides de válvula
2A1-1	Cilindro doble efecto	K5	Relé
2Y1-1	Solenoides de válvula	K5-1	Franqueador
2Y2-1	Solenoides de válvula	K4	Obturador
B1	Interruptor de alimentación inductiva	2B2	Interruptor de alimentación inductiva
K6	Relé	T3	Obturador
B2	Interruptor de alimentación inductiva	K5-1	Obturador
K7	Relé	K5-1	Relé
K7	Obturador	4B2	Interruptor de alimentación capacitativa
3Y1	Solenoides de válvula	K1	Franqueador
K6	Franqueador	T3	Relé con deceleración de arranque
K7	Franqueador	K5	Obturador
K0-1	Relé	RESET	Pulsador (Obturador)
K0-1	Obturador	K5	Obturador
K0-2	Franqueador	4Y1	Solenoides de válvula
K0-2	Relé	K5-1	Obturador
K0-1	Obturador	4Y2	Solenoides de válvula
K6	Obturador	2V1-1	Válvula de 5/n vías
K0-1	Obturador	2V1	Válvula de 5/n vías
3Y3	Solenoides de válvula	1V1-1	Válvula de 5/n vías
3B1	Interruptor de alimentación inductiva	1V1	Válvula de 5/n vías
K8	Relé		
K8	Franqueador		
K0-1	Obturador		
3V1	Válvula de 5/n vías		
3A1	Cilindro doble efecto		
3V2	Válvula de 2/n vías		
4V1	Válvula de 5/n vías		
4A1	Cilindro doble efecto		
K5	Obturador		

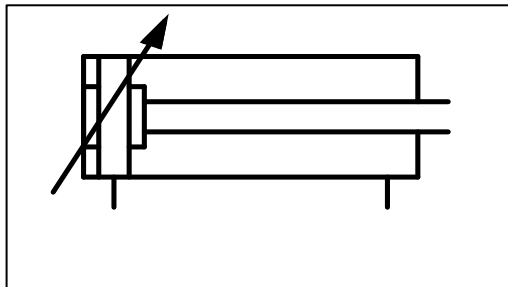
Fuente: elaboración propia

4.4.1 Descripción de funcionamiento del dosificador. A continuación, se describirá el proceso automatizado paso a paso;

Condiciones iniciales;

1. los cilindros 1A1, 1A1-1, 2A1, 2A1-1, 3A1 inician abiertos y 4A1 inicia cerrado.

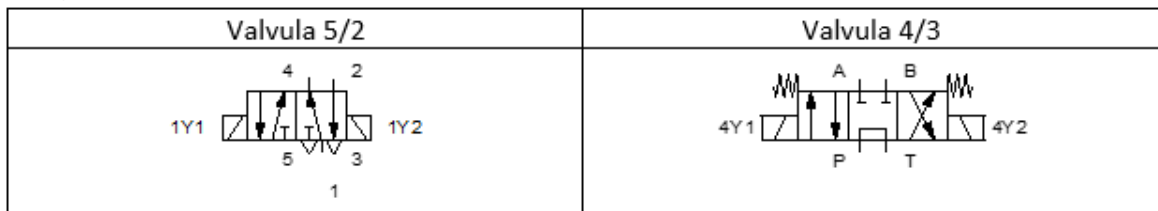
Imagen 52. Cilindro neumático



Fuente: elaboración propia

2. Las válvulas biestables 5/2, 1V1, 1V1-1, 2V1, 2V1-1 Inician en posición dos, las válvulas 4/3 y 4V1 inicia en posición central y las válvulas biestables 5/2 3V1 inicia según nivel del dosificador secundario.

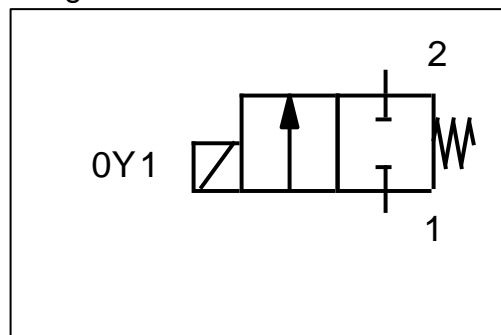
Imagen 53. Válvulas biestables.



Fuente: elaboración propia

3. La válvula monoestable 2/2 en su segunda posición de cierre (Posición Dos).

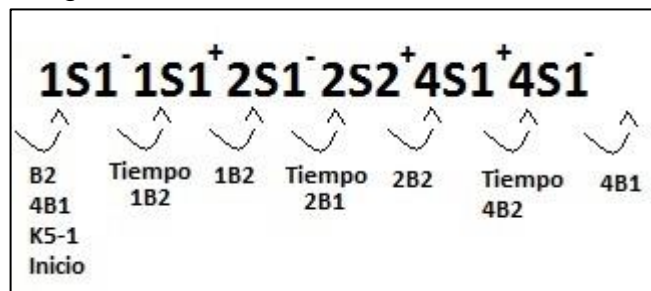
Imagen 54. Válvula de maniobra



Fuente: elaboración propia

4. Ecuación de la secuencia.

Imagen 55. Ecuación de secuencia



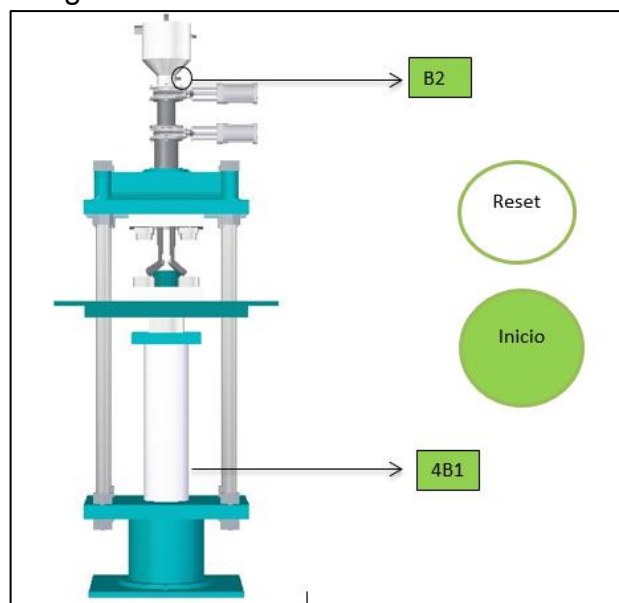
Fuente: elaboración propia

4.4.2 Descripción de secuencia. Para entender esta descripción de funcionamiento se debe seguir una secuencia establecida para que el dosificador haga la operación requerida.

Para el inicio de Secuencia (Apertura de Valvula de Guillotina) La válvula de guillotina 1A1 y 1A1-1 (Actuador que controla salida de material de dosificador secundario) dispone su apertura como se ve en la imagen 56, dependiendo las siguientes condicionales:

1. Nivel minimo de material (Sensor B2 Activo)
2. Prensa hidráulica Abierta (Sensor 4B1 Activo)
3. Iniciar sistema (Pulso Manual de botón de Reset)
4. Pulso de Inicio (Acción manual)

Imagen 56. Inicio de Secuencia

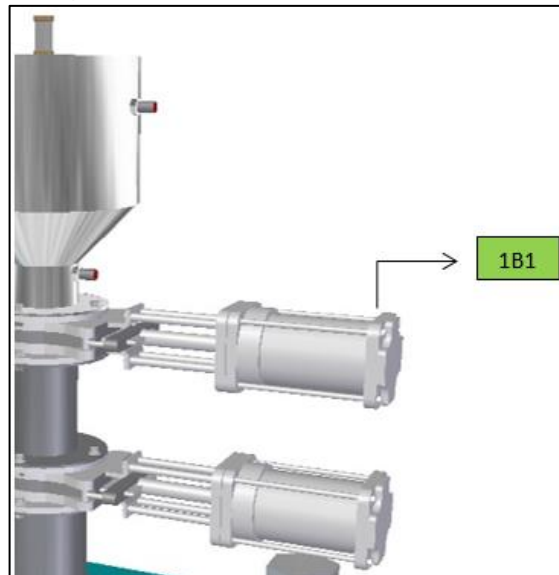


Fuente: elaboración propia

Para el cierre de valvula de Gillotina se deben aplicar las siguientes condiciones:

1. Tiempo estandar cumplido
2. Apertura efectiva del cilindro (Sensor 1B1 Activo)

Imagen 57. Cierre de valvula



Fuente: elaboracion propia

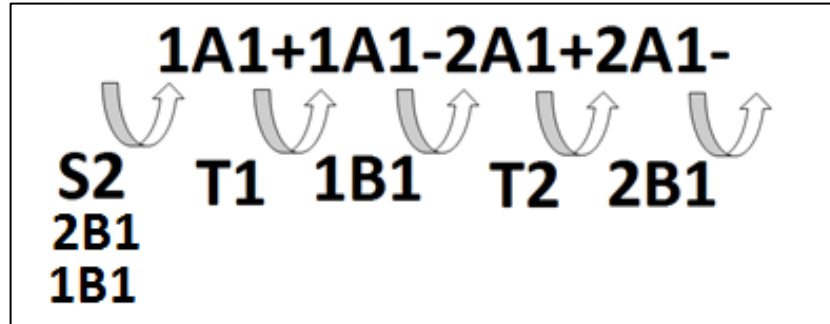
Imagen 58. Descripción de secuencia, diagrama de movimiento de cilindros

Denominación del componente	Marca	0 510 1520 2530 35 40 45
Cilindro doble efecto	1A1	
Cilindro doble efecto	2A1	

Fuente: elaboracion propia

Analizando este diagrama se puede hallar una ecuación de secuencia como se muestra en la imagen 59.

Imagen 59. Ecuación de secuencia



Fuente: elaboración propia

Por lo tanto, el funcionamiento empieza con el cilindro 1A1 (Actuador que controla salida de material al depósito) dispone su apertura después de haber accionado el pulsador S2, esta conmuta la Válvula 1V1 por pulso electro a su solenoide 1Y1. Una vez este está totalmente abierto prepara el cierre con el accionamiento de su solenoide 1Y2, el cual se retarda 15 segundos en recibir señal de activación. Inmediatamente el cilindro 1V1 llega a su cierre el cilindro 2V1 (Actuador que controla salida de material a las cavidades del molde) a través de su válvula 2V1 se abre, al ser Activado por su solenoide 2Y1. Se genera el cierre después de pasar 15 segundos, activando la válvula 2V1 a través del respectivo solenoide 1Y2.

4.4.3 Paro de emergencia y condiciones de inicio. Cuando el sistema entra en modo de emergencia al ser accionado el interruptor tipo hongo, esta corta el suministro de energías y de aire al sistema de control y al sistema de potencia, en el primer caso, se da por la apertura del interruptor y en la segundo instancia por cierre de válvula monoestable 2/2. Por lo anterior el mecanismo que está sujeto a los cilindros quedan inmóviles y el sistema queda en la espera de ser reiniciado ya que la secuencia se pierde.

Para retomar una vez sea solucionado el problema que ocasiono la parada de emergencia, se debe obturar el pulsador de RESET. Este lleva los cilindros a su posición inicial y da paso al suministro de aire.

5. SIMULACIÓN POR ELEMENTOS FINITOS

Este capítulo muestra la simulación por elementos finitos de los dos cilindros dosificadores los cuales soportan la estructura del dosificador de baquelita, estos soportaran una carga considerable para ser simulada.

Para el siguiente análisis se requiere definir el material; los cilindros trabajan con acero inoxidable 304 el cual tiene un límite de fluencia de 255 Mpa , un esfuerzo último de 579 Mpa y una densidad de 8.027 kg/m^3 como se ve en la imagen 60.

5.1 ANÁLISIS POR EL M.E.F PARA EL CILINDRO DE ALMACENAMIENTO

Para comenzar con el análisis se estudia el comportamiento y la magnitud de las cargas, se procede a aplicar las restricciones y la ubicación de dichas cargas, cabe resaltar que se trabaja con la carga máxima de 548.800 mN que corresponde a;

Tolva vacía = 2 kg

Carga de material (baquelita) = 6 kg

Compuerta superior (ver imagen 53) = 48 kg

$$\text{Peso} = \text{tolva vacía} + \text{Carga de material} + \text{Compuerta superior}$$

$$\text{Peso} = 2 \text{ kg} + 6 \text{ kg} + 48 \text{ kg} = 56 \text{ kg} = 56.000 \text{ g}$$

$$\text{Carga Maxima} = 56.000 \text{ g} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 548.800 \text{ mN}$$

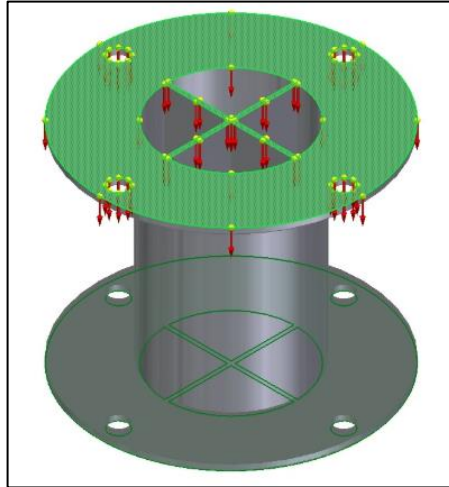
Imagen 60. Especificaciones compuerta superior

DN	A	B	C	D	E	F	G	H	Peso (kg.)	Cil. Estándar	Conex.
100	50	162	100	140	132	169	115	882	48	C100/52	1/4"G
125	50	210	100	146	142	179	140	934	56	C125/65	1/4"G
150	60	215	100	175	154	206	140	1070	67	C125/78	1/4"G
200	60	265	165	210	204	241	175	1310	80	C160/103	1/4"G
250	70	330	270	265	231	285	220	1562	90	C200/128	3/8"G
300	70	380	270	300	256	310	220	1732	160	C200/153	3/8"G
350	96	450	270	325	325	340	277	1980	255	C250/180	3/8"G
400	100	510	270	350	355	365	277	2140	340	C250/205	3/8"G
450	106	565	270	405	379	401	382	2370	405	C300/230	1/2"G
500	110	610	270	450	420	445	382	2630	490	C300/255	1/2"G
600	110	715	270	500	470	495	382	2930	580	C300/305	1/2"G

Fuente: elaboración propia

Sabiendo el comportamiento y la magnitud de las cargas, se procede a aplicar las restricciones y la ubicación de dichas cargas como se ve en la imagen 61;

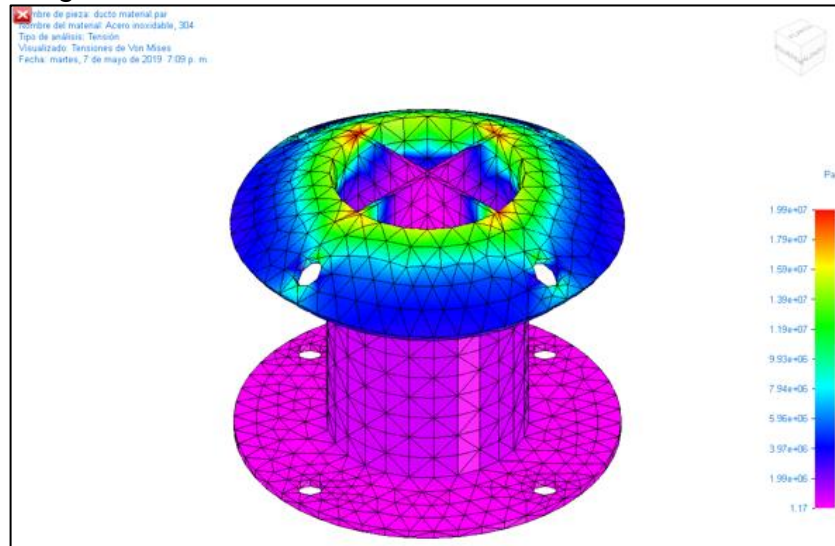
Imagen 61. Cargas en cilindro



Fuente: elaboración propia

Según estas cargas se obtiene y se analiza el resultado de los esfuerzos resultantes como se ve en la imagen 62;

Imagen 62. Esfuerzos en cilindro

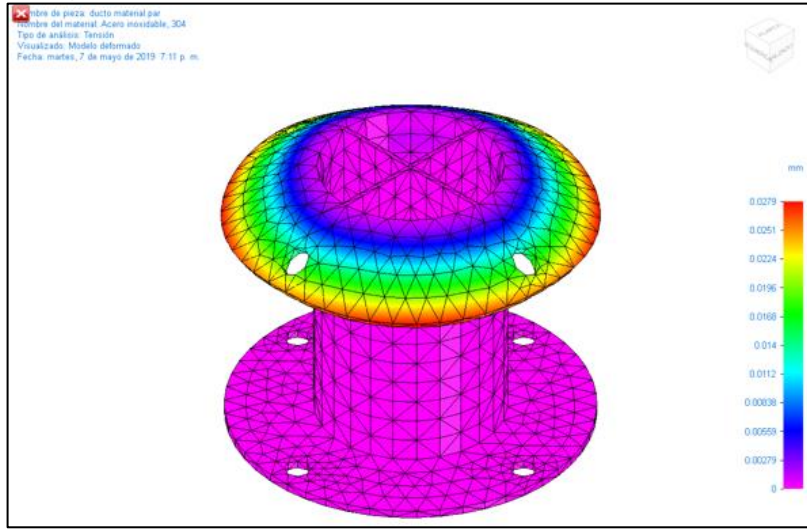


Fuente: elaboración propia

En esta imagen se ve el esfuerzo máximo nodal que es de 19.9 Mpa, el cual se compara con el esfuerzo de fluencia del material que es de 255 Mpa, por lo tanto, según esta comparación se puede concluir que el diseño del cilindro es el adecuado para sostener la máquina dosificadora.

En seguida se verifica el desplazamiento nodal o la deflexión máxima como se muestra en la imagen 63;

Imagen 63. Desplazamiento en estructura

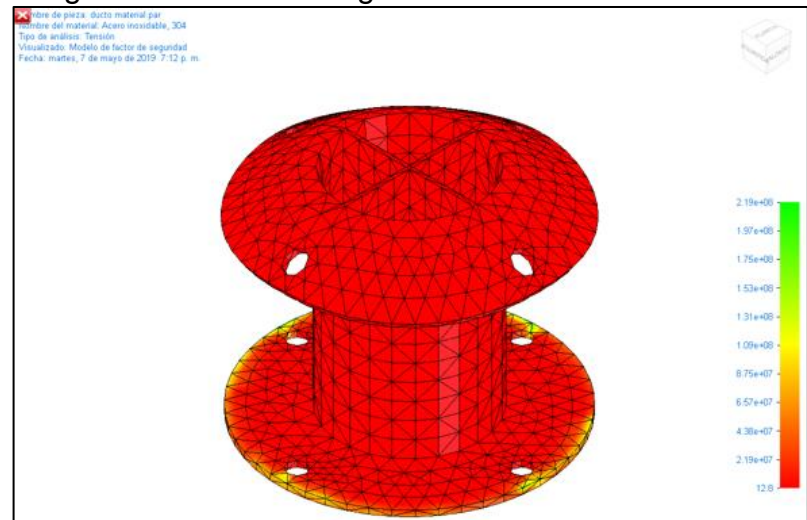


Fuente: elaboración propia

Analizando la simulación se puede observar que el desplazamiento nodal o deflexión máxima que presenta la estructura diseñada es de 0.0279 mm, se concluye que no es un desplazamiento considerable y es aceptable para el diseño de la estructura.

Finalmente, analizamos el factor de seguridad respecto a las cargas y esfuerzos, como se ve en la imagen 64;

Imagen 64. Factor de seguridad en la estructura



Fuente: elaboración propia

Se observa que el valor mínimo de factor de seguridad es de 12.8 lo cual es aceptable para este proyecto ya que en diseño se trabaja con un factor mínimo de 1.2.

5.2 ANÁLISIS POR EL M.E.F PARA EL CILINDRO DE DOSIFICACIÓN

Para comenzar con el análisis se estudia el comportamiento y la magnitud de las cargas, se procede a aplicar las restricciones y la ubicación de dichas cargas, cabe resaltar que se trabaja con la carga máxima de 548.800 mN que corresponde a;

Tolva vacía = 2 kg

Carga de material (baquelita) = 6 kg

Compuerta superior = 48 kg

Cilindro de almacenamiento = 1 kg

Compuerta inferior = 48 kg

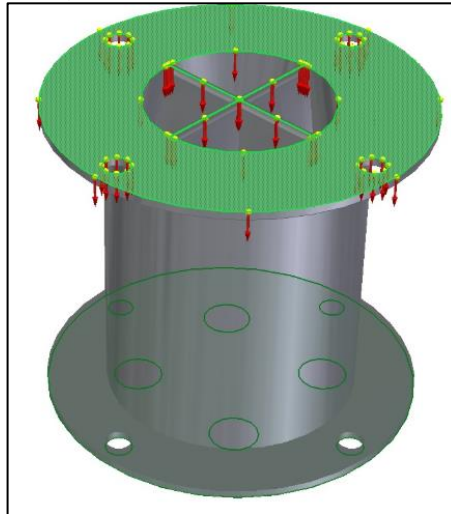
$$\text{Peso} = \text{Tolva vacía} + \text{Carga de material} + \text{Compuerta superior} \\ + \text{Cilindro de almacenamiento} + \text{Compuerta inferior}$$

$$\text{Peso} = 2 \text{ kg} + 6 \text{ kg} + 48 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 48 \text{ kg} = 105 \text{ kg} = 105.000 \text{ g}$$

$$\text{Carga Maxima} = 105.000 \text{ g} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1.030.050 \text{ mN}$$

Sabiendo el comportamiento y la magnitud de las cargas, se procede a aplicar las restricciones y la ubicación de dichas cargas como se ve en la imagen 65;

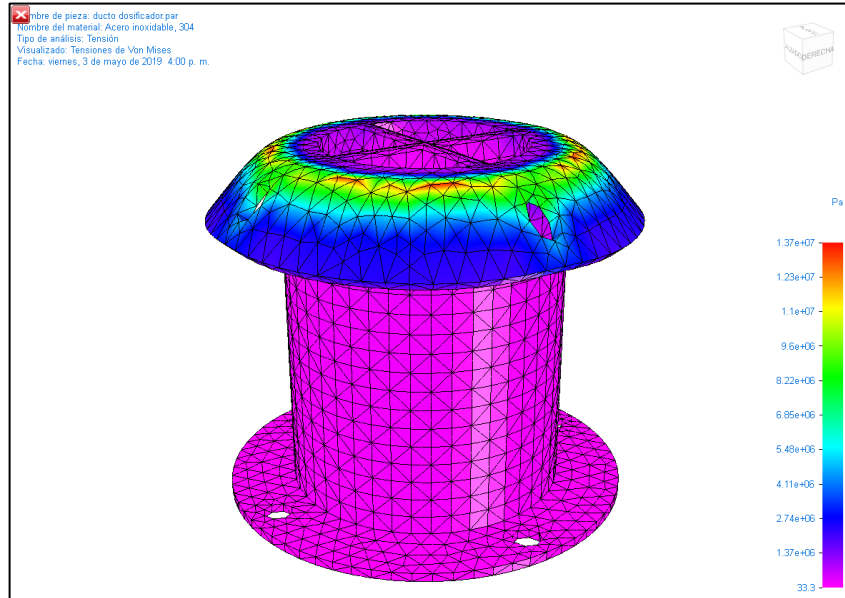
Imagen 65. Cargas en cilindro



Fuente: elaboración propia

Según estas cargas se obtiene y se analiza el resultado de los esfuerzos resultantes como se ve en la imagen 66;

Imagen 66. Esfuerzos en cilindro

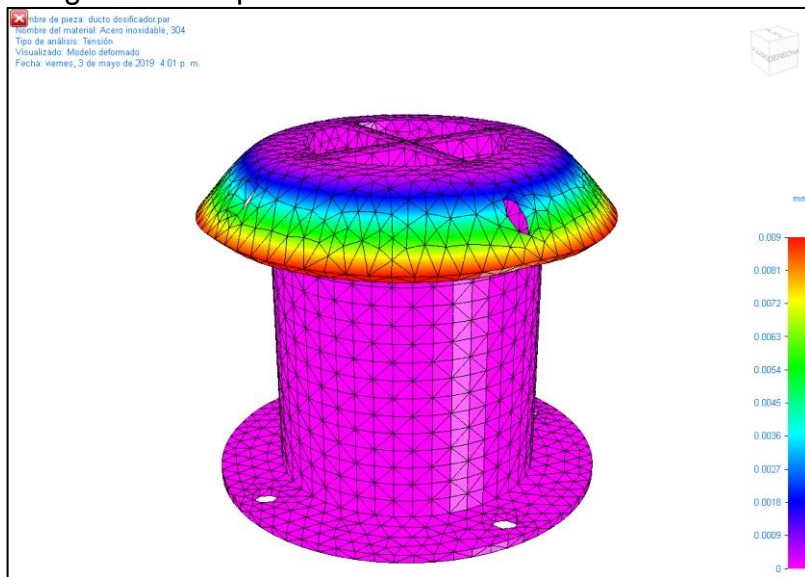


Fuente: elaboración propia

En esta imagen se ve el esfuerzo máximo nodal que es de 13.7 Mpa, el cual se compara con el esfuerzo de fluencia del material que es de 255 Mpa, por lo tanto, según esta comparación se puede concluir que el diseño del cilindro es el adecuado para sostener la máquina dosificadora.

En seguida se verifica el desplazamiento nodal o la deflexión máxima como se muestra en la imagen 67;

Imagen 67. Desplazamiento en estructura

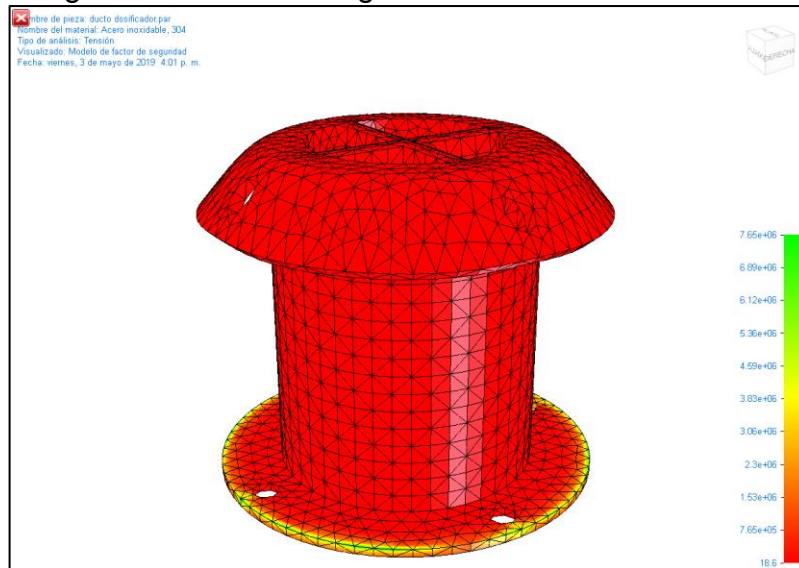


Fuente: elaboración propia

Analizando la simulación se puede observar que el desplazamiento nodal o deflexión máxima que presenta la estructura diseñada es de 0.009 mm, se concluye que no es un desplazamiento considerable y es aceptable para el diseño de la estructura.

Finalmente, analizamos el factor de seguridad respecto a las cargas y esfuerzos, como se ve en la imagen 68;

Imagen 68. Factor de seguridad en la estructura



Fuente: elaboración propia

Se observa que el valor mínimo de factor de seguridad es de 18.6 lo cual es aceptable para este proyecto ya que en diseño se trabaja con un factor mínimo de 1.2.

6. MANUALES

6.1 MANUAL DE OPERACIÓN.

Imagen 69. Dosificador de baquelita



Fuente: elaboración propia

6.1.1 Descripción general. Dosificador automático para la alimentación de moldes en el proceso de moldeo de baquelita en la empresa Nacional de Licuadoras Naliet S.A.S, con capacidad para 15 ciclos por hora o 62 bases de licuadora en una hora y un área de trabajo de 2.720 mm de largo por 510 mm de ancho por 2.350 mm de alto.

Capacidad de dosificación = 19 ciclos por hora o 76 bases de licuadora por hora

Área de trabajo = 2720 mm X 510 mm X 2350 mm

Capacidad máxima de la tolva de alimentación = 143 kg

6.1.2 Funcionamiento del equipo. A continuación, se relaciona todo acerca de la operación del dosificador, es indispensable leer antes de utilizar la máquina dosificadora.

6.1.2.1 Advertencias.

- ✓ La empresa debe asegurar que el operario que alimente de material (baquelita) la máquina dosificadora, lo haga bajo las recomendaciones de seguridad industrial dadas por la ARL.
- ✓ El operario de la máquina dosificadora o cualquier personal que manipule la misma, debe leer el manual de operación antes de usar la máquina, esto con el

fin de no provocar daños en los componentes del dosificador y hacer buen uso de él.

6.1.2.2 Encendido de la máquina. Al poner a punto la máquina para dar inicio a su operación, se deben tener en cuenta algunas indicaciones como; revisar el indicador eléctrico y encendido que este proporcionando luz, revisar las conexiones de las mangueras neumáticas y el correcto funcionamiento del compresor el cual proporcionara la presión de aire; por último, hacer una revisión visual de la máquina dosificadora para comprobar que no tenga material indeseado o herramientas dentro de esta.

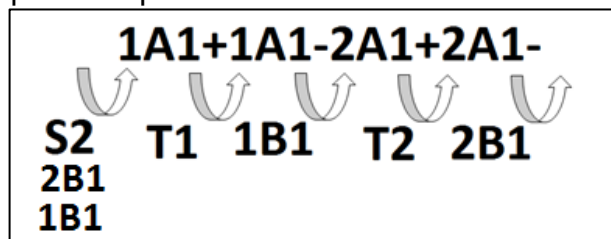
6.1.2.3 Precauciones de operación. Para no tener inconvenientes en la operación de la máquina dosificadora se debe tener en cuenta la posición de los cilindros neumáticos, la primera posición para los tres actuadores es contraída.

6.1.2.4 Preparación de la máquina. Una vez se realice la pre operación de la máquina dosificadora como se especificó en el encendido de la máquina, se deben graduar el cilindro de arrastre que está ubicado en el molde inferior y llenar la tolva con el material baquelita para comenzar con la operación.

6.1.3 Operación automática. Para operar la máquina se debe tener en cuenta que la dosificadora esté conectada a la toma corriente, esto se verifica observando el pulsador de INICIO el cual debe estar encendido.

En la imagen 70, se observa la secuencia del modo automático de la máquina dosificadora para su operación.

Imagen 70. Secuencia para el proceso para máquina



Fuente: elaboración propia

6.1.3.1 Primer paso. El operario debe identificar cada uno de los indicadores y pulsadores que tiene la máquina dosificadora, estos se muestran en la imagen 71.

Imagen 71. Tablero de mando



Fuente: elaboración propia

6.1.3.2 Segundo paso. Luego de la identificación del tablero de mando, se debe oprimir el botón RESET para preparar la máquina para su inicio de operación, este se observa en la imagen 71.

6.1.3.3 Tercer paso. Para dar inicio al proceso automático se debe oprimir el botón START, la máquina automáticamente iniciara un ciclo de llenado de molde, se debe tener en cuenta que en cada ciclo de llenado de molde debe oprimirse el botón START. Ver imagen 71.

6.1.3.4 Paro de emergencia. Señalado como el pulsador STOP, se debe utilizar solo en caso de emergencia; es importante este pulsador dado que el operario puede cometer alguna equivocación que pueda afectar la máquina, en estos casos el sistema entra en estado de emergencia, corta el suministro de energías y de aire al sistema de control y al sistema de potencia.

Para retomar una vez sea solucionado el problema que ocasiono la parada de emergencia, se debe obturar el pulsador de RESET. Este lleva los cilindros a su posición inicial y da paso al suministro de aire.

6.2 MANUAL DE MONTAJE

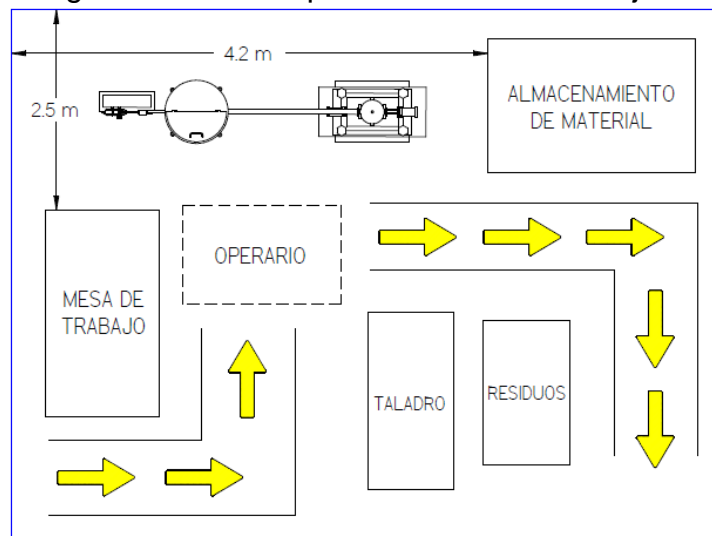
La máquina dosificadora está situada en un área de trabajo que tiene las siguientes medidas, como se observa en la imagen 72;

Altura = 500 Centímetros

Ancho = 420 Centímetros

Profundidad = 250 Centímetros

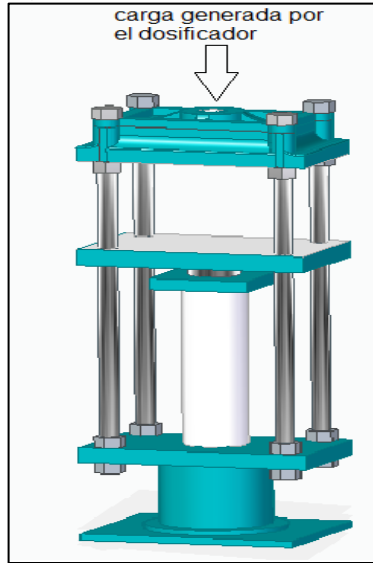
Imagen 72. Datos específicos área de trabajo



Fuente: elaboración propia

La carga equivalente de la máquina dosificadora está situada sobre la prensa hidráulica como se muestra en la imagen 73.

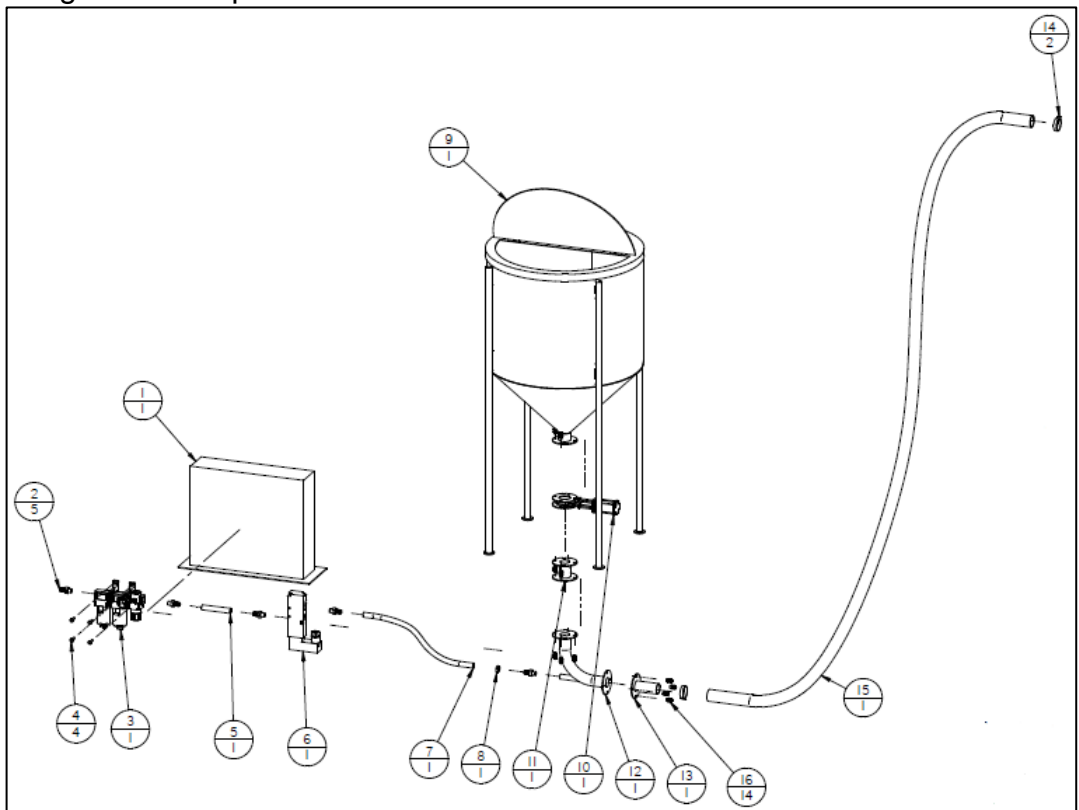
Imagen 73. Ubicación de la carga



Fuente: elaboración propia

6.2.1 Ensamble sistema de alimentación. En la imagen 74 y en la imagen 75 se puede observar el listado de piezas del sistema de alimentación para su ensamble.

Imagen 74. Despiece sistema de alimentación



Fuente: elaboración propia

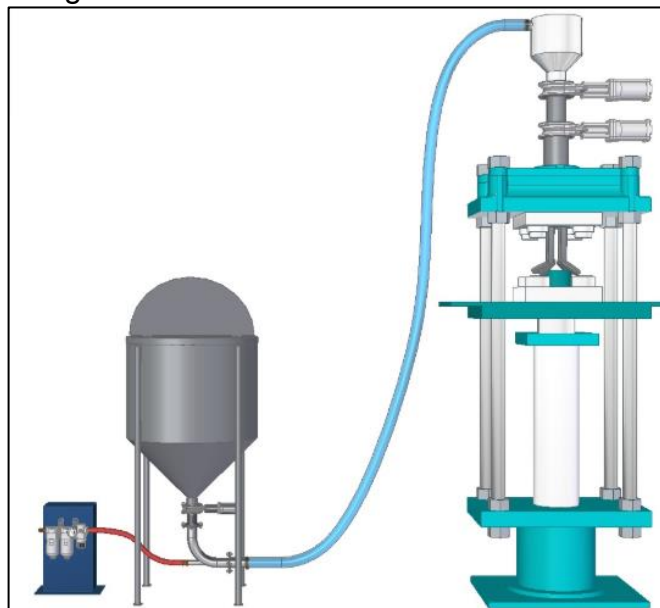
Imagen 75. Lista piezas

16	Tor M6x15 DIN 933	Inox 304	14
15	Manguera transporte neumático 1-1/4"	PVC	1
14	Abrazadera 1-1/4"	Acero	2
13	Tubo union manguera carga	Inox 304	1
12	Codo efecto empuje aire	Inox 304	1
11	Tubo unión codo	Inox 304	1
10	Válvula de guillotina tipo wafer 1.25"	Inox 304	1
9	Tolva de almacenamiento	Inox 304	1
8	abrazadera 1/2"	Acero	1
7	Manguera neumática	Neopreno	1
6	Electroválvula 2-1	N/A	1
5	Manguera neumática	Neopreno	1
4	Tor Hex M6x20 DIN 933	Inox 304	4
3	Unidad de mantenimiento	N/A	1
2	Racor neumático de 1/2"	Bronce	5
1	Muro de accesorios (no incluido)	N/A	1

Fuente: elaboración propia.

La tolva de alimentación debe estar ubicada en la parte izquierda de la prensa hidráulica como se observa en la imagen 76.

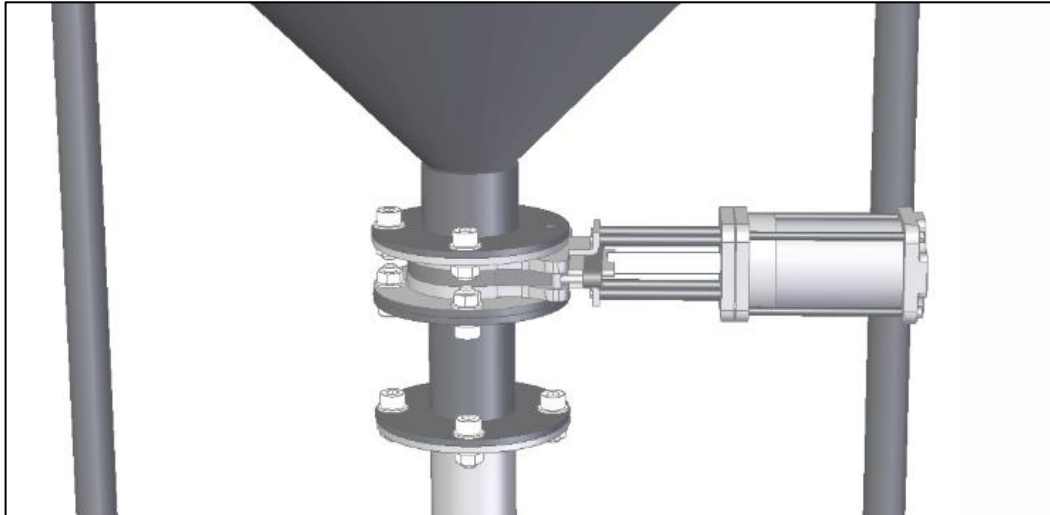
Imagen 76. Posición tolva de alimentación



Fuente: elaboración propia

Una vez ubicada la tolva, se instala la compuerta neumática de la salida, es una válvula de guillotina tipo wafer la cual está ubicada en la parte inferior de la tolva como se ve en la imagen 77.

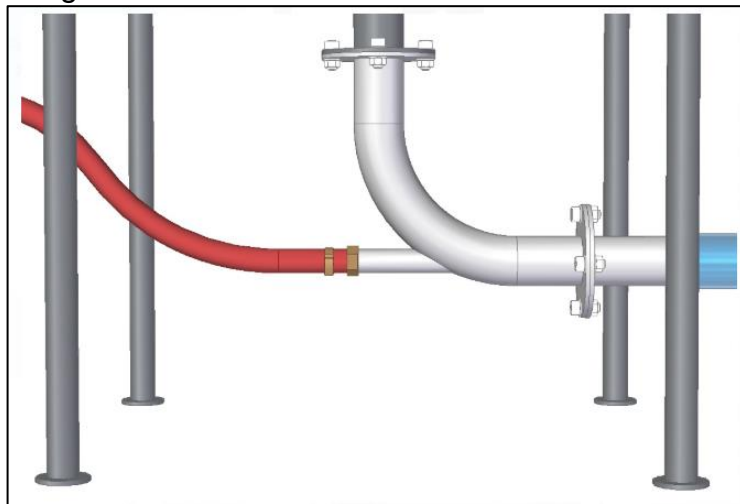
Imagen 77. Posición tolva de alimentación



Fuente: elaboración propia

Se debe instalar el codo para efecto de empuje de aire debajo de la compuerta como se ve en la imagen 78.

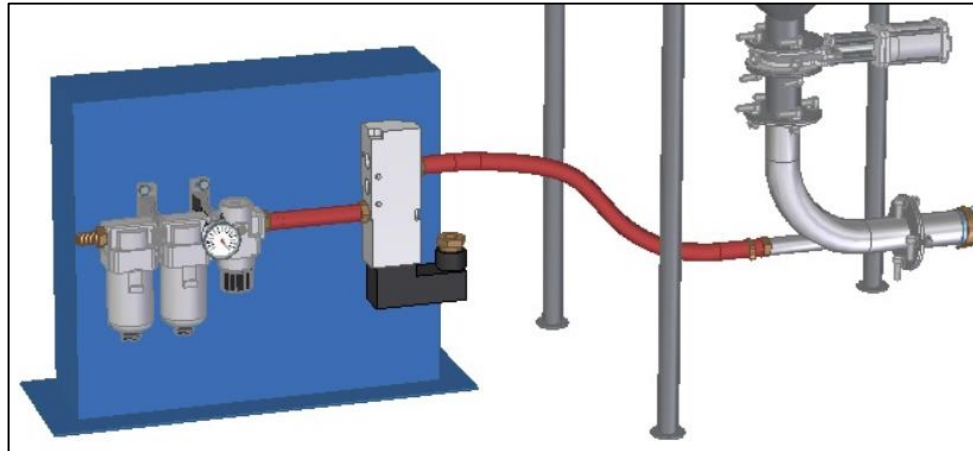
Imagen 78. Codo



Fuente: elaboración propia

En la entrada de menor diámetro del codo se debe instalar la unidad de mantenimiento, electro válvula y manguera de aire respectivamente, como se observa en la imagen 79.

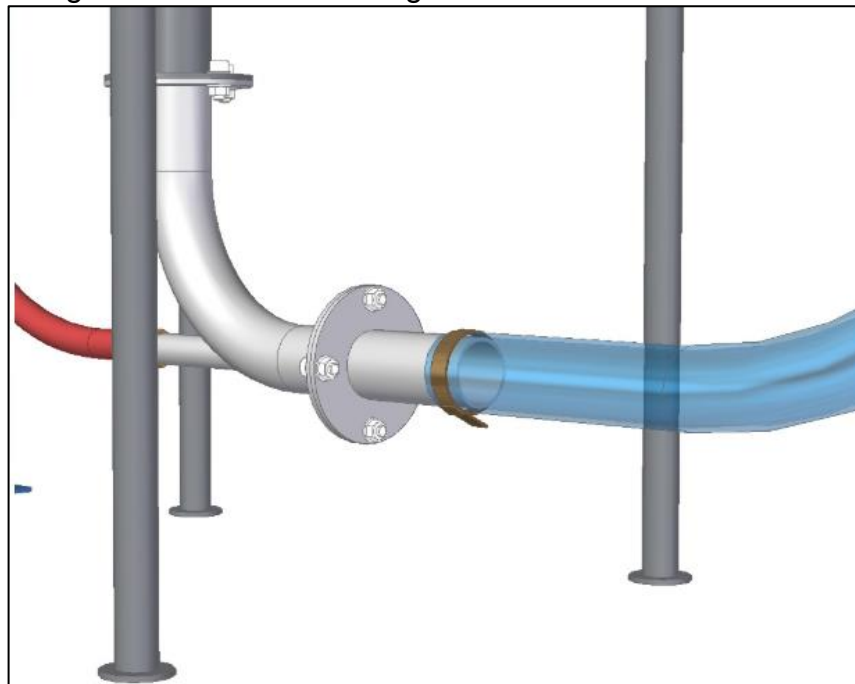
Imagen 79. Instalación transporte neumático



Fuente: elaboración propia

Por último, se instala la manguera de transporte neumático a la salida del codo y a la entrada de la tolva superior ajustada con abrazaderas, como se observa en la imagen 80.

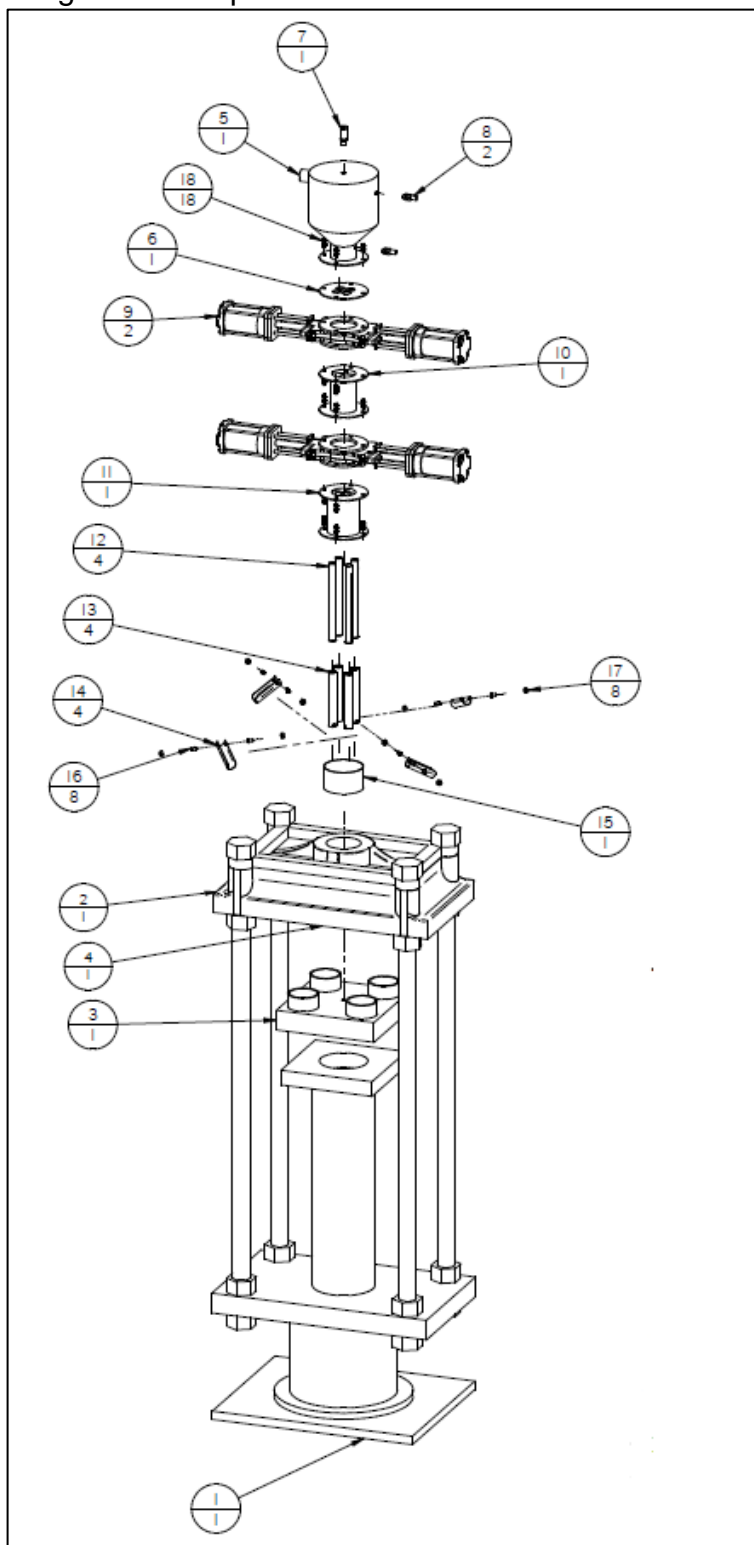
Imagen 80. Instalación manguera neumática



Fuente: elaboración propia

6.2.2 Ensamble sistema de dosificación. En la imagen 81 y en la tabla 82 se puede observar el listado de piezas del sistema de dosificación para su ensamble.

Imagen 81. Despiece sistema de dosificación



Fuente: elaboración propia

Imagen 82. Lista piezas

18	Tornillo M6 x 20	Inox 304	18
17	Tuerca M8 DIN-934	Inox 304	8
16	Tornillo M8 x 10	Inox 304	8
15	Cilindro de arrastre	Inox 304	1
14	Tubo de descarga	Inox 304	4
13	Tubo telescópico móvil	Inox 304	4
12	Tubo telescópico fijo	Inox 304	4
11	Cilindro de dosificación	Inox 304	1
10	Cilindro de almacenamiento	Inox 304	1
9	Válvula doble tipo guillotina	N/A	2
8	Sensor capacitivo	N/A	2
7	Desgasificador	N/A	1
6	Anillo de división	Inox 304	1
5	Tolva superior	Inox 304	1
4	Molde superior	Aluminio	1
3	Molde inferior	Aluminio	1
2	Mesa prensa hidráulica	N/A	1
1	Prensa hidráulica	N/A	1

Fuente: elaboración propia

La tolva de dosificación está ubicada en la parte superior de la prensa hidráulica, se debe instalar la manguera de transporte neumático a la entrada, una válvula descalificadora en la parte superior, y dos sensores de capacitivos en la parte lateral de la tolva, como se ve en la imagen 83.

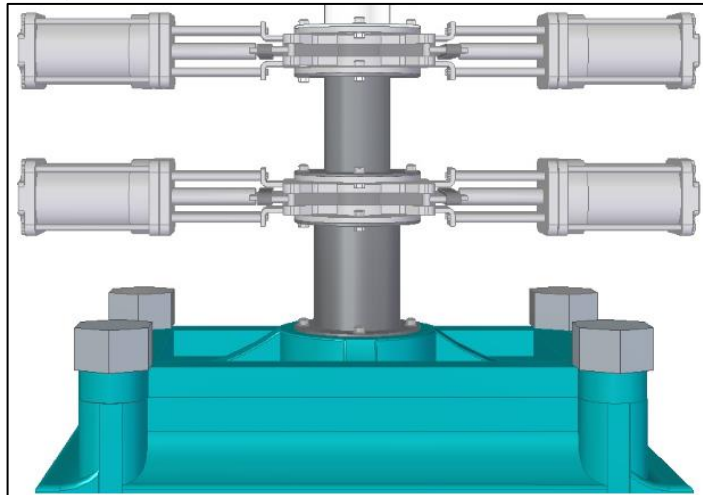
Imagen 83. Tolva superior



Fuente: elaboración propia

El sistema de dosificación lo compone; la válvula neumática superior de doble tajadera, el cilindro de almacenamiento, la válvula neumática inferior de doble tajadera y el cilindro de dosificación respectivamente, todo el sistema debe quedar instalado en la parte superior de la prensa hidráulica como se muestra en la imagen 84.

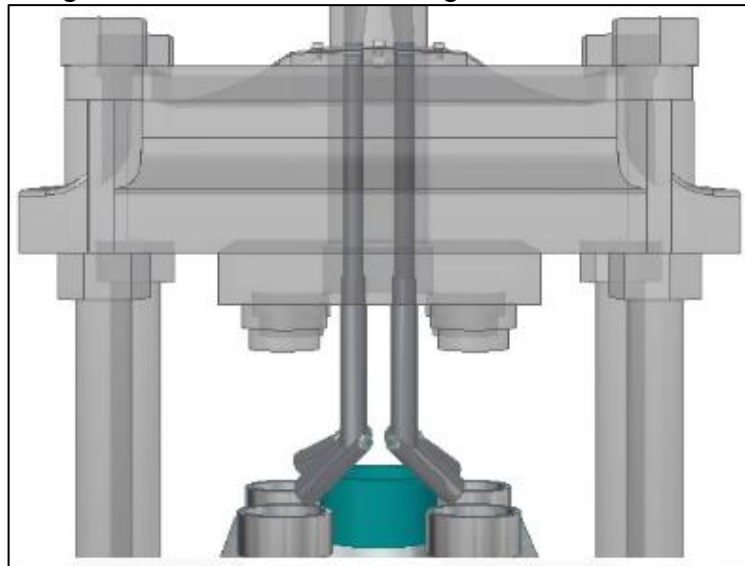
Imagen 84. Sistema de dosificación



Fuente: elaboración propia

El sistema de descarga lo compone los tubos de descarga los cuales están instalados por medio de rosca en la parte inferior del cilindro de dosificación, y un mecanismo de direccionamiento el cual está ubicado en la parte inferior de cada uno de los tubos como canales, estos están sujetos por medio de pasadores, como se ve en la imagen 85.

Imagen 85. Sistema de descarga



Fuente: elaboración propia

6.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO

Para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina dosificadora y disminuir tiempos de parada por fallas, es necesario realizar un óptimo mantenimiento, esto además garantiza una vida más larga de la máquina.

A continuación, se relacionan detalladamente las actividades que se deben realizar para garantizar un adecuado funcionamiento de la máquina dosificadora, estas actividades se deben realizar de acuerdo a una rutina que se basa en limpieza, ajuste e inspección visual.

Este manual se desarrolla de una forma fácil de entender para quien interactúe con la máquina dosificadora, también tiene como fin realzar mayor cantidad de actividades preventivas para disminuir las actividades correctivas y así garantizar una correcta operación.

AVISO. Realizar las operaciones de mantenimiento y conservar el manual de mantenimiento son responsabilidades del propietario.

Se recomienda realizar uso de este manual, esto disminuirá fallas que a su vez genere perdidas económicas para la empresa o en casos más extremos accidentes con consecuencia de lesionados.

En las tablas 5, 6, 7, 8 y 9 se detalla el manual de mantenimiento, aquí se encuentra descrito cada uno de los sistemas de la máquina con su respectiva división, las actividades a desarrollar, la herramienta a utilizar y el procedimiento a realizar de acuerdo a una frecuencia.

En este capítulo se divide la máquina dosificadora en tres sistemas con el fin de entender cada una de sus partes y desarrollar el mantenimiento de forma adecuado, estos son:

- Sistema de alimentación: encargado de llevar la material baquelita desde la tolva inferior hasta la tolva superior.
- Sistema de dosificación: encargado de dosificar y dividir el material en 4 partes iguales.
- Sistema de descarga: Encargado de llevar el material ya dosificado a los moldes.

ADVERTENCIA. La realización de operaciones de mantenimiento en su máquina dosificadora puede ser peligrosa. Puede sufrir lesiones graves al realizarlas. Si carece de conocimientos, de experiencia necesaria, de herramientas o del equipamiento adecuado para realizar el trabajo, recomendamos que solicite la asesoría de personal calificado y capacitado.

Tabla 12. Actividades de mantenimiento

Sistema	Sub sistema	Actividad	Instrumento	Frecuencia
Alimentación	Unidad de mantenimiento	Limpieza	Manual	Diario
		Inspección	Visual	Diario
	Mangueras neumáticas	Inspección	Visual	Semanal
		Ajuste	Manual	Semanal
	Tolva de almacenamiento	Inspección	Visual	Diario
		Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Mensual
		Limpieza	Pistola neumática	Semanal
	Válvula de guillotina	Inspección	Visual	Diario
		Limpieza	Pistola neumática	Mensual
		lubricación	Aceite	Semanal
Tubería	Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Mensual	
Dosificación	Tolva de dosificación	Inspección	Visual	Diario
		Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Mensual
		Limpieza	Pistola neumática	Semanal
	Sensores	Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Mensual
	Válvula desgasificadora	Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Mensual
		Limpieza	Pistola neumática	Diario
	Válvula doble guillotina	Inspección	Visual	Diario
		Limpieza	Pistola neumática	Mensual
		lubricación	Aceite	Semanal
	Cilindro Almacenamiento	Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Mensual
		Limpieza	Pistola neumática	Diario
	Cilindro dosificación	Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Mensual
Limpieza		Pistola neumática	Diario	
Descarga	Tubo telescópico	Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Semanal
		Limpieza	Pistola neumática	Diario
	Tubo de descarga	lubricación	Aceite	Semanal
		Limpieza	Pistola neumática	Diario
	Cilindro de arrastre	Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Semanal
Limpieza		Pistola neumática	Diario	

Fuente: elaboración propia

Una vez se tiene identificadas las partes a las cuales le realizaremos mantenimiento e identificadas las actividades y los tiempos en los cuales se deben realizar dichas actividades, a continuación, se describen los procedimientos que debe realizar el quien manipule la máquina dosificadora;

Tabla 13. Actividades de inspección

Componente	Descripción
Unidad de mantenimiento	Verificar nivel de líquidos y desocupar
Mangueras neumáticas	Verificar que no tenga acumulación de material
Tolva de almacenamiento	Verificar que la tolva no contenga en su interior acumulación de material ni objetos extraños
Válvula de guillotina	Verificar que no tenga acumulación de material
Tolva de dosificación	Verificar que la tolva no contenga en su interior acumulación de material ni objetos extraños
Válvula doble guillotina	Verificar que no tenga acumulación de material

Fuente: elaboración propia

Tabla 14. Actividades de ajuste

Componente	Descripción
Mangueras neumáticas	Verificar ajuste de racores y abrazaderas
Tolva de almacenamiento	Verificar que la tolva este sujeta a la estructura
Tubería	Verificar ajuste de tornillería
Tolva de dosificación	Verificar que la tolva este sujeta a la estructura
Sensores	Verificar ajuste
Válvula desgasificadora	Verificar ajuste
Cilindro Almacenamiento	Verificar ajuste de tornillería
Cilindro dosificación	Verificar ajuste de tornillería
Tubo telescópico	Verificar ajuste
Cilindro de arrastre	Verificar ajuste

Fuente: elaboración propia

Tabla 15. Actividades de lubricación

Componente	Descripción
Válvula de guillotina	Lubricar embolo
Válvula doble guillotina	Lubricar embolo
Tubo de descarga	Lubricar partes movibles

Fuente: elaboración propia

Tabla 16. Actividades de limpieza

Componente	Descripción
Unidad de mantenimiento	Limpiar vasos de líquidos para observar nivel
Tolva de almacenamiento	Limpiar cualquier tipo de residuo dejado por la baquelita que se encuentre atorando en la salida de la tolva
Válvula de guillotina	Limpiar compuertas o guillotinas de residuos dejados por la baquelita
Tolva de dosificación	Limpiar cualquier tipo de residuo dejado por la baquelita que se encuentre atorando en la salida de la tolva
Válvula desgasificadora	Limpiar válvula de cualquier residuo dejado por la baquelita
Válvula doble guillotina	Limpiar compuertas o guillotinas de residuos dejados por la baquelita
Cilindro Almacenamiento	Limpiar cualquier tipo de residuo dejado por la baquelita que se encuentre atorando en la salida o entrada del cilindro
Cilindro dosificación	Limpiar cualquier tipo de residuo dejado por la baquelita que se encuentre atorando en la salida o entrada del cilindro
Tubo telescópico	Limpiar cualquier tipo de residuo dejado por la baquelita que se encuentre atorando en la salida o entrada del tubo
Tubo de descarga	Limpiar cualquier tipo de residuo dejado por la baquelita que se encuentre atorando en la salida o entrada del tubo
Cilindro de arrastre	Limpiar cualquier tipo de residuo dejado por la baquelita que se encuentre en el cilindro

Fuente: elaboración propia

Se recomienda realizar las actividades de mantenimiento, por parte de personal capacitado, teniendo en cuenta la norma de seguridad industrial y que sea inspeccionado constantemente por gerencia.

7. IMPACTO AMBIENTAL

La compañía Nacional de Licuadoras NALIET S.A.S, como responsabilidad ambiental se centra en garantizar acciones contra la reducción de residuos como los que se pueden generar en el desarrollo de la máquina dosificadora o en la operación de la misma.

Es de gran importancia realizar un análisis del impacto ambiental ya que cualquier actividad industrial produce consecuencias al ambiente, lo ideal es disminuir estas consecuencias ocasionando el menor daño.

Este proyecto se basa en el diseño de un dosificador, dicho diseño debe ser analizado en un marco técnico y jurídico, así se diagnostica la situación y se disminuye el riesgo que pueda tener este dosificador en su fabricación.

El gobierno ha definido algunas políticas como leyes y decretos las cuales se deben tener en cuenta para el desarrollo del dosificador, esto con el fin de mitigar al máximo el impacto ambiental y cumplir con la normatividad en el desarrollo de este proyecto.

7.1 ESTADO ACTUAL DEL PROCESO

La compañía Nacional de Licuadoras NALIET S.A.S pretende disminuir el riesgo medio ambiental reduciendo residuos y utilizando menos recursos como el agua y la energía.

7.2 RESIDUOS PELIGROSOS

Este proyecto se rige de acuerdo al “decreto 4741 del año 2005, capítulo 3, artículo 10” el cual habla de los deberes del generador y de la gestión integral de residuos. A continuación, se enumera los deberes más importantes que la compañía debe cumplir al momento de fabricar el dosificador;

- ✓ Garantizar la gestión y manejo integral de los residuos o desechos peligrosos que genera.
- ✓ Elaborar un plan de gestión integral de los residuos o desechos peligrosos que genere tendiente a prevenir la generación y reducción en la fuente, así como, minimizar la cantidad y peligrosidad de los mismos. En este plan deberá igualmente documentarse el origen, cantidad, características de peligrosidad y manejo que se dé a los residuos o desechos peligrosos. Este plan no requiere ser presentado a la autoridad ambiental, no obstante, lo anterior, deberá estar disponible para cuando ésta realice actividades propias de control y seguimiento ambiental.
- ✓ Identificar las características de peligrosidad de cada uno de los residuos o desechos peligrosos que genere, para lo cual podrá tomar como referencia el procedimiento establecido en el artículo 7 del presente decreto, sin perjuicio de lo cual la autoridad ambiental podrá exigir en determinados casos la

caracterización físico-química de los residuos o desechos si así lo estima conveniente o necesario.

- ✓ Garantizar que el envasado o empacado, embalado y etiquetado de sus residuos o desechos peligrosos se realice conforme a la normatividad vigente.
- ✓ Dar cumplimiento a lo establecido en el Decreto 1609 de 2002 o aquella norma que la modifique o sustituya, cuando remita residuos o desechos peligrosos para ser transportados. Igualmente, suministrar al transportista de los residuos o desechos peligrosos las respectivas Hojas de Seguridad.
- ✓ Registrarse ante la autoridad ambiental competente por una sola vez y mantener actualizada la información de su registro anualmente, de acuerdo con lo establecido en el artículo 27 del presente decreto
- ✓ Capacitar al personal encargado de la gestión y el manejo de los residuos o desechos peligrosos en sus instalaciones, con el fin de divulgar el riesgo que estos residuos representan para la salud y el ambiente, además, brindar el equipo para el manejo de estos y la protección personal necesaria para ello.
- ✓ Contar con un plan de contingencia actualizado para atender cualquier accidente o eventualidad que se presente y contar con personal preparado para su implementación. En caso de tratarse de un derrame de estos residuos el plan de contingencia debe seguir los lineamientos del Decreto 321 de 1999 por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia contra Derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas en aguas Marinas, Fluviales y Lacustres o aquel que lo modifique o sustituya y para otros tipos de contingencias el plan deberá estar articulado con el plan local de emergencias del municipio.
- ✓ Conservar las certificaciones de almacenamiento, aprovechamiento, tratamiento o disposición final que emitan los respectivos receptores, hasta por un tiempo de cinco (5) años.
- ✓ Tomar todas las medidas de carácter preventivo o de control previas al cese, cierre, clausura o desmantelamiento de su actividad con el fin de evitar cualquier episodio de contaminación que pueda representar un riesgo a la salud y al ambiente, relacionado con sus residuos o desechos peligrosos.
- ✓ Contratar los servicios de almacenamiento, aprovechamiento, recuperación, tratamiento y/o disposición final, con instalaciones que cuenten con las licencias, permisos, autorizaciones o demás instrumentos de manejo y control

ambiental a que haya lugar, de conformidad con la normatividad ambiental vigente.²

7.3 MATRIZ DE IMPACTO

Mediante el método EPM se hará la evaluación del impacto ambiental que genera la fabricación y puesta a punto del dosificador, en ella se encontraran acciones que se realizan con su respectivo contaminante y la calificación que se destina el cual nos arroja el resultado para poder determinar si es de alto, mediano o bajo impacto ambiental.

Los parámetros que se utilizan para el estudio se relacionaran a continuación en la tabla 17;

Tabla 17. Evaluación EPM

Criterio	Rango	Valor
Case (C)	Positivo	+
	negativo	-
Presencia (P)	Cierta	1
	Muy probable	$0,7 \leq 0,99$
	Probable	$0,4 \leq 0,69$
	Poco probable	$0,2 \leq 0,39$
	No probable	$0,01 \leq 0,19$
Duración (D)	Muy larga o permanente	1 (mayor a 10 años)
	Larga	$0,7 \leq 0,99$ (entre 7 y 10 años)
	Media	$0,4 \leq 0,69$ (entre 4 y 7 años)
	Corta	$0,2 \leq 0,39$ (entre 1 y 4 años)
	Muy corta	$0,01 \leq 0,19$ (menor a 1 año)
Evolución (E)	Muy rápida	1 (menor a 1 mes)
	Rápida	$0,7 \leq 0,99$ (entre 1 a 12 meses)
	Media	$0,4 \leq 0,69$ (entre 12 a 18 meses)
	Lenta	$0,2 \leq 0,39$ (entre 18 a 24 meses)
	Muy lenta	$0,01 \leq 0,19$ (mayor a 24 meses)
Magnitud (M)	Muy alta	1 (> 80%)
	Alta	$0,7 \leq 0,99$ (60 % y 80%)
	Media	$0,4 \leq 0,69$ (40% y 60%)
	Baja	$0,2 \leq 0,39$ (20% y 40 %)
	Muy baja	$0,01 \leq 0,19$ (< 20 %)

Fuente: elaboración propia

La calificación ambiental de la metodología EPM se hace mediante la siguiente ecuación que está implícita en el cuadro o matriz;

$$Ca = C x (P x (E x M + D))$$

Donde;

Ca = calificación

C= Clase o Impacto ambiental

P= Presencia

² MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto número 4741. (30 diciembre de 2005). Bogotá.

E= Evolución
M=Magnitud
D=Duración

La importancia de la matriz se da de la siguiente manera en la tabla 18;

Tabla 18. Importancia de EPM

Importancia	$\leq 2,5$ Poco significativo o irrelevante $> 2,5$ y $\leq 5,0$ Moderadamente significativo o moderado $>5,0$ y $7,5$ Significativo o relevante $> 7, 5$ Muy significativo o grave
-------------	--

Fuente: elaboración propia

A continuación, se encontrará la matriz de evaluación del impacto ambiental que se generará en la fabricación del dosificador de baquelita, en esta matriz se podrá cuantificar el impacto al medio ambiente. El cual se evaluará las operaciones como soldadura, mecanizado y puesta a punto mediante los criterios mencionados los cuales significaran;

Clase (C): Este criterio indica si el impacto ambiental es positivo para el ambiente o negativo

Presencia (P): Este criterio indica la frecuencia que genera un impacto ambiental del proceso de fabricación a analizar.

Duración (D): Este criterio indica la duración que tiene la contaminación del proceso de fabricación al medio ambiente a evaluar.

Evolución (E): Este criterio indica el nivel de reacción que se tiene de la contaminación al impacto ambiental por los procesos de fabricación y está relacionado con la velocidad a la cual se generan consecuencias al medio ambiente.

Magnitud (M): Este criterio indica que tan grave y perjudicial puede ser la operación de fabricación contra el medio ambiente.

Analizando la tabla 19 se llega a la conclusión que el puntaje más bajo es por la soldadura con un valor de 1.3 ya que la contaminación de los humos solo afecta el ambiente del soldador mas no el medio ambiente, el puntaje más alto es de puesta a punto con un valor de 4, no encuentra ningún peligro considerable al medio ambiente, ya que esta operación contamina los suelos generando residuos peligrosos. Por lo tanto, no se realiza ningún tipo de mitigación o mejora de proceso.

Tabla 19. Matriz de evaluación ambiental (EPPMM)

IDENTIFICACION ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES					VALORACION DE IMPACTO						
ETAPA	ACTIVIDADES	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	COMPONENTE	C	P	D	E	M	PUNTAJE	IMPORTANCIA
FABRICACION	SOLDADURA	GENERACION DE HUMOS METALICOS	CONTAMINACION DE AIRE	SOLDADURA TIPO TIG	-1	0,35	0,4	0,19	0,39	-1,381545	Poco significativo o irrelevante
		GENERACION DE RESIDUOS DE SOLDADURA	CONTAMINACION DE SUELO	CHISPAS CON PARTICULAS METALICAS	-1	0,25	0,4	0,4	0,99	-1,893	Poco significativo o irrelevante
	MECANIZADO	GENERACION DE PARTICULAS	CONTAMINACION DE SUELO	VIRUTA DE LOS ELEMENTOS	-1	0,2	0,4	0,4	0,69	-1,5864	Poco significativo o irrelevante
	PUESTA A PUNTO	GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS	CONTAMINACION DE SUELO	VIRUTA DE LOS ELEMENTOS Y ENSAMBLE	-1	1	0,69	0,69	0,4	-4,002	Moderadamente significativo o moderado

Fuente: elaboración Propia

Según la matriz podemos concluir que el impacto ambiental es positivo, y que solo afecta al aire por la cantidad de material particulado que genera el proceso.

8. EVALUACIÓN FINANCIERA

Este capítulo desarrolla el estudio financiero para observar la viabilidad de este proyecto, se compara el costo de operación actual con el costo de operación del proyecto realizado.

Para realizar esta evaluación se debe tener en cuenta el tipo de pesos a evaluar, es decir, en pesos constantes o en pesos corrientes, este proyecto será avaluado en pesos constantes ya que no se verá afectado por la inflación.

8.1 INVERSIÓN

La inversión de la elaboración del dosificador se calculó de acuerdo a una serie de cotizaciones de diferentes empresas como se muestran en la tabla 10;

Tabla 20. Cotización para montaje de dosificador

Tipo	Unidad	Valor	V/total
Tolva (conjunto)	1	\$1.800.000	\$1.800.000
Tubo unión codo	1	\$60.000	\$60.000
Codo efecto empuje aire	1	\$120.000	\$120.000
Tubo unión manguera carga	1	\$50.000	\$50.000
Unidad de mantenimiento	1	\$195.000	\$195.000
Electro válvulas 2/2	2	\$50.000	\$100.000
Electro válvulas 4/3	1	\$59.900	\$59.900
Electro válvulas 5/2	4	\$73.300	\$293.200
Cilindro neumático	1	\$350.000	\$350.000
Cilindro neumático doble tajadera	2	\$600.000	\$1.200.000
Manguera neumática (Neopreno) (M)	5	\$18.000	\$90.000
Manguera Neumática (PVC) (M)	5	\$50.000	\$250.000
Tolva superior	1	\$180.000	\$180.000
Anillo de división	1	\$25.000	\$25.000
Cilindro de almacenamiento	1	\$70.000	\$70.000
Cilindro de dosificación (horas CNC)	8	\$62.500	\$500.000
Tubo telescópico fijo	4	\$80.000	\$320.000
Tubo telescópico móvil	4	\$60.000	\$240.000
Tubo de descarga	4	\$15.000	\$60.000
Cilindro de arrastre	1	\$30.000	\$30.000
Sistema eléctrico	1	\$500.000	\$500.000
Racor	2	\$6.000	\$12.000
Tornillería	1	\$80.000	\$80.000
Abrazaderas	1	\$2.000	\$2.000
Abrazaderas 1/4	1	\$5.000	\$5.000
Válvula desgasificadora	1	\$10.000	\$10.000
Sensor capacitivo	2	\$30.000	\$60.000
TOTAL			\$6.662.100

Fuente: elaboración propia

Los costos de ingeniería se calculan de acuerdo a los recursos ingenieriles y la cantidad de horas que se utilizaron para la realización de este proyecto, como se ve en la siguiente tabla;

Tabla 21. Costos de ingeniería

Tipo	Unidad	Cantidad	V/unitario	V/total
Ingeniería	Horas	160	\$7.000	\$1.120.000
Informes	Unidad	8	\$120.000	\$960.000
Planos	Unidad	35	\$8.000	\$280.000
TOTAL				\$2.360.000

Fuente: elaboración propia

Tabla 22. Costos de fabricación y montaje

Tipo	V/unitario	V/total
Fabricación, montaje y adecuación	\$1.930.000	\$6.662.100
costos de ingeniería	\$2.360.000	\$2.360.000
TOTAL		\$9.022.100

Fuente: elaboración propia

Con base en las tablas anteriores, es necesario una inversión de \$9.022.100 para el desarrollo de este proyecto, a este valor se le suma un 10% de puesta a punto, este valor es sugerido por la compañía para imprevistos que se presenten.

$$\text{Valor total} = \$9.022.100 \times 0,1 = \$902.210$$

$$\text{Valor total} = \$9.022.100 + \$902.210 = \$9.924.310$$

8.2 DIFERENCIA COSTOS DE OPERACIÓN

El proceso actual está establecido de la siguiente manera; 20 segundos en la dosificación por parte del operario, 195 segundos en el moldeo y 30 segundos en la extracción y proceso de calidad, para un total de 245 segundos por ciclo, en un ciclo se realizan 4 bases de licuadora.

Con la máquina dosificadora se disminuye el tiempo de dosificación a 11 segundos para un total de 234 segundos por ciclo. Lo anterior se ve reflejado en la siguiente tabla;

Tabla 23. Comparativo tiempo

Descripción	Segundos/Ciclo	Minutos/Ciclo	Ciclos/hora	Unid/Hora	Unid/Día
Proceso actual	245	4,08	14,69	59	235
Proceso dosificador	234	3,90	15,38	62	246

Fuente: elaboración propia

Actualmente la compañía Nacional de Licuadoras NALIET SAS, produce 235 piezas soporte de licuadora al día, esto equivale a 7.053 piezas al mes. Se estima en promedio 15 bases de licuadora defectuosas al día para un total de 220 unidades al día.

La compañía establece un margen de utilidad por pieza de \$1.500 pesos, lo que corresponde al 25% del valor comercial de la pieza que es de \$6.000 pesos. A continuación, se muestra en la tabla 13 la ganancia que existe en los costos de operación actuales con los cálculos realizados del proceso en la máquina dosificadora;

Tabla 24. Comparativo precio

Descripción	Unidades/día	Unidades/mes	V/unidad mes	V/total anual
Proceso actual	220	4.402	\$6.603.061	\$79.236.735
Proceso con Dosificador	246	4.923	\$7.384.615	\$88.615.385
Ganancia			\$781.554	\$9.378.650

Fuente: elaboración propia

Se determina que al mes hay una ganancia de \$781.554 pesos, lo cual nos indica que en 13 meses o aproximadamente 1 año se pagaría la inversión realizada en el proyecto, al año la ganancia superaría los \$9.378.650 pesos, lo cual es considerado de gran importancia para la compañía.

8.3 MARGEN DE UTILIDAD

Se calcula el margen de utilidad con el fin de saber el porcentaje de ganancia y el precio de la dosificadora comercialmente.

$$\text{Margen de utilidad} = \text{Costo de fabricacion} * \% \text{ de utilidad}$$

$$\text{Margen de utilidad} = \$9.924.310 * 30\%$$

$$\text{Margen de utilidad} = \$2.977.293$$

$$\text{Precio de venta} = \$9.924.310 + \$2.977.293 = \$12.901.603$$

Realizando un redondeo se determina el precio de la máquina dosificadora para baquelita en \$12.900.000, teniendo como base un porcentaje de utilidad del 30%.

9. CONCLUSIONES

- ✓ Este proyecto es rentable económicamente debido a que como se evidencio en el capítulo de análisis financiero, la compañía Nacional de Licuadoras NALIET SAS, tendrá una ganancia en ventas por disminución en los tiempos de fabricación de \$9.378.650 pesos anuales.
- ✓ Debido a la fabricación e implementación de la máquina dosificadora en el proceso de moldeo, reducirá en gran parte el riesgo de accidentalidad del operario, el porcentaje de residuos de material y aumentará la calidad de las piezas, logrando así los objetivos propuestos por la compañía.
- ✓ Dado el proceso actual de moldeo de baquelita en la compañía, se realiza un diseño innovador el cual no se consigue en el mercado debido a que se adapta a una de sus máquinas como es la prensa hidráulica.
- ✓ La máquina dosificadora asegura una operación fácil y segura gracias a su diseño automático, logrando así que el operario se centre en aspectos más importantes para la compañía como la calidad de cada una de sus piezas.
- ✓ Para este tipo de máquinas dosificadoras el tipo de energía más acertada a utilizar es la neumática, debido a su bajo costo de operación, alta resistencia, rapidez en la operación y bajo costo en mantenimientos.
- ✓ Según los experimentos realizados y las propiedades de la baquelita, se concluye que se debe utilizar un diámetro mayor o igual a 25,4 mm para garantizar el flujo normal del material.
- ✓ Gracias al método de elementos finitos se concluye que el material escogido y la estructura diseñada son las adecuadas para soportar los esfuerzos y la operación de la maquina dosificadora.

10. RECOMENDACIONES

- ✓ El operario de la máquina dosificadora o cualquier personal que manipule la misma, debe leer el manual de operación antes de usar la máquina, esto con el fin de no provocar daños en los componentes del dosificador y hacer buen uso de él
- ✓ Para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina dosificadora y disminuir tiempos de parada por fallas, es necesario realizar un óptimo mantenimiento, esto además garantiza una vida más larga de la máquina.
- ✓ La empresa debe asegurar que el operario que alimente de material (baquelita) la máquina dosificadora, lo haga bajo las recomendaciones de seguridad industrial dadas por la ARL.
- ✓ Se recomienda realizar las actividades de mantenimiento, por parte de personal capacitado, teniendo en cuenta la norma de seguridad industrial y que sea inspeccionado constantemente por gerencia.
- ✓ La realización de operaciones de mantenimiento en su máquina dosificadora puede ser peligrosa. Puede sufrir lesiones graves al realizarlas. Si carece de conocimientos, de experiencia necesaria, de herramientas o del equipamiento adecuado para realizar el trabajo, recomendamos que solicite la asesoría de personal calificado y capacitado.
- ✓ Paro de emergencia señalado como el pulsador STOP, se debe utilizar solo en caso de emergencia; es importante este pulsador dado que el operario puede cometer alguna equivocación que pueda afectar la máquina, en estos casos el sistema entra en estado de emergencia, corta el suministro de energías y de aire al sistema de control y al sistema de potencia.

BIBLIOGRAFÍA

ASME. 2013 Código ASME para calderas y recipientes a presión. Reglas para la construcción de recipientes a presión sección VIII División 1 [en línea]. Edición 2013. New York: The American Society of Mechanical Engineers. 2013. P.249. [Consultado: 10 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://files.asme.org/Catalog/Codes/PrintBook/35832.pdf>

INFOMED, Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas. “Decisión multicriterio para la evaluación y selección de proyectos de ciencia e innovación”. {En Línea}. {2014} Disponible en (<http://www.acimed.sld.cu/index.php/acimed/article/view/523/395>)

INGENIERÍA MECAFENIX, Sensor de proximidad capacitiva. Estado de México. Frank Mecafenix. 23 de mayo del 2017. [Consultado: 15 de marzo del 2019]. Disponible en: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensor-proximidad-%20capacitivo>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogota D.C.: El instituto, 2018. ISBN 9789588585673 153 p.

LINKEDIN CORPORATION, “Manual Seguridad Industrial”. {En Línea}. {22 febrero de 2012} Disponible en (<https://es.slideshare.net/vimifosrh/manual-seguridad-industrial>)

MANUAL BÁSICO DE SEGURIDAD PARA LA PYME. “Tipos de riesgos”. {En Línea}. {N/A}. Disponible en (<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19079/Capitulo3.pdf>)

MARECA LÓPEZ, Concepción, “Los Plásticos”. {En línea}. {24 diciembre de 2007}. Disponible en (<http://aliso.pntic.mec.es/cm1a0029/PLASTICOS/creditos.html>)

MC.CORMAC. Diseño de estructuras de acero. (2009). México: Alfaomega

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto número 4741. (30 diciembre de 2005). Bogotá.

N/A. Cilindro hidráulico. Enero 22/2009, de Imagen Sitio web: http://grupos.emagister.com/imagen/cilindro_hidraulico/1409-99873 NORTON, ROBERT L. Diseño de Máquinas. (1999). México: Prentice Hall .

ORBINOX Valves International, S.L. Válvulas de guillotina. España: Empresa grupo Orbinox. 03 de abril de 2019. [Consultado: 03 de marzo del 2019]. Disponible en: <http://www.orbinox.es/>

ORTIZ MARTINEZ, David Orlando, ZAMBRANO GALEANO Cristian David, Diseño de un sistema de dosificación volumétrica para jabón en polvo, Bogotá, 2017, 204p, Trabajo de grado (Ingeniero mecánico). Universidad de América. Facultad de ingenierías.

PINTO FAJARDO, Carlos Humberto, DURÁN SÁNCHEZ, Hernan, diseño modelamiento y simulación de máquina dosificadora de alimento granulado para animales, Bogota, 2006, 146p, Trabajo de grado (Ingeniería de diseño y automatización electrónica). Universidad de la Salle.

SHIGLEY. Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición. México. Editorial McGraw-Hill. 2008. 1059 páginas.

TEMA FANTASTICO SA. "Tecnología de los plásticos". {En Linea}. {3 octubre de 2011} Disponible en (<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/10/moldeo-por-compresion.html>)

TORRES SOLER, Larry, BAUTISTA HERRERA, Niels Sebastian, Diseño de prensa hidráulica automática para 300 toneladas con dispositivo de extracción de rodamientos y mesa móvil, Bogota, 2016, 260p, Trabajo de grado (Ingeniero mecánico). Universidad de América. Facultad de ingenierías.

ANEXOS

ANEXO A
FICHA TÉCNICA BAQUELITA

ANEXO A

ANEXO B
ACERO INOXIDABLE

ANEXO B

ANEXO B

ANEXO B

ANEXO B

ANEXO C
CILINDRO NEUMÁTICO

ANEXO C

ANEXO D
VÁLVULA DE DOBLE TAJADERA BIDIRECCIONAL

ANEXO D

ANEXO D

ANEXO D

ANEXO D

ANEXO D

ANEXO E
ESPECIFICACIÓN TUBERÍA