



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

Tema:

**“SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE PEGAMENTO PARA  
LA INDUSTRIA FLORÍCOLA”**

**Trabajo de grado previo a la obtención de título de Ingeniero en Mecatrónica**

**Línea de investigación:** Producción Industrial y Tecnología Sostenible

**Autor:**

Klallian Jhayr Vega Rosero

**Director:**

Ing. David Alberto Ojeda Peña, PhD.

**Asesor:**

Ing. Brizeida Nohemí Gámez Aparicio, PhD.

Ibarra, agosto de 2025



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1004120976		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Vega Rosero Klallian Jhayr		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra, Macas 25-43 entre Zumba y Cuenca		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:klallianv@gmail.com">klallianv@gmail.com</a> – <a href="mailto:klallianvega@hotmail.com">klallianvega@hotmail.com</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0967194340

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	Sistema de dosificación de pegamento para la industria florícola
<b>AUTOR (ES):</b>	Klallian Jhayr Vega Rosero
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	04/08/2025
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Mecatrónica
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. David Alberto Ojeda Peña, PhD. Ing. Brizeida Nohemí Gámez Aparicio, PhD.

## 2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los cuatro días del mes de agosto de 2025

**EL AUTOR:**



.....  
Klallian Jhayr Vega Rosero



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

## **CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Ibarra, 04 de agosto de 2025

Ing. David Alberto Ojeda Peña, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

.....  
Ing. David Alberto Ojeda Peña, PhD.  
C.C.: 1757898489



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR**

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE PEGAMENTO PARA LA INDUSTRIA FLORÍCOLA” elaborado por Klallian Jhayr Vega Rosero, previo a la obtención del título de INGENIERO EN MECATRÓNICA, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

.....  
Ing. David Alberto Ojeda Peña, PhD.  
C.C.: 1757898489

.....  
Ing. Brizeida Nohemí Gámez Aparicio, PhD.  
C.C.: 1758387383

## DEDICATORIA

*A quienes estuvieron desde el inicio, sosteniéndome con palabras, silencios y abrazos.*

*A los que aún caminan conmigo, aunque ya no puedan hacerlo con pasos, sino con memoria.*

*A las voces que el tiempo guardó, pero cuyo eco me acompaña en cada intento.*

*A los ojos que no verán este logro, pero lo soñaron antes que yo.*

*A quienes me ayudaron a mirar dentro de mí cuando afuera no quedaban certezas.*

*A quienes me enseñaron a confiar en mis pasos, aun cuando el camino era incierto.*

*Hoy cierro un ciclo que no es un punto final, sino el fundamento de nuevas estructuras.*

*Porque este logro no es solo una meta alcanzada,  
es también el pilar desde donde se proyectan los días venideros,  
el inicio de todo lo que aún está por construirse.*

*Esta tesis no está escrita solo con ideas, fórmulas o certezas,  
sino con el pulso de quienes amo,  
y con el recuerdo de quienes se han ido, pero siguen latiendo en lo que soy.*

*A todos ellos, mi más profundo agradecimiento.*

*Este logro también les pertenece.*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a la Universidad Técnica del Norte por haber brindado el entorno académico, científico y tecnológico necesario para el desarrollo de esta investigación, así como por fomentar una formación integral basada en la excelencia y el compromiso con el avance del conocimiento. Asimismo, extiendo mi sincero reconocimiento a la empresa Hoja Verde por su apertura, colaboración y respaldo en la ejecución práctica del proyecto, facilitando tiempo, espacios y conocimientos del entorno productivo que resultaron fundamentales para la aplicación real de los conceptos teóricos y metodológicos aquí abordados. La sinergia entre ambas instituciones ha sido determinante para consolidar los resultados alcanzados.

## RESUMEN

Actualmente, Ecuador es uno de los principales países exportadores de bonches de rosas ocupando el tercer puesto a nivel mundial, abarcando el 9% del mercado internacional. Además de las flores naturales, el país ofrece al mercado internacional rosas preservadas. Para la elaboración de estas flores, se pasan las rosas por un tratamiento químico que las acondiciona para su preservación y posterior maquillaje. Luego, se procede a rellenar cada flor con pétalos adicionales formando la rosa eterna. Para el proceso de relleno se usa una jeringa que dosifica pegamento siendo una solución ineficiente ya que ocasiona un cuello de botella en este proceso. Por lo que esta investigación se basó en el desarrollo de un dosificador de pegamento como una solución eficiente. El procedimiento que se llevó a cabo inició con una visita “in situ” para obtener, a través de entrevistas abiertas, las especificaciones del sistema a diseñar. Luego, se plantearon soluciones que posteriormente fueron expuestas ante los clientes, quienes finalmente, seleccionaron la mejor solución. Se hicieron los cálculos de ingeniería respectivos y se desarrolló un prototipo que fue sometido a prueba. Los resultados indicaron que la solución final, cumplió con los requerimientos del cliente, los cuales redujeron considerablemente el tiempo de producción de rosa eterna.

**Palabras claves:** Dosificador, pegamento, rosa preservada.

## **ABSTRACT**

Ecuador is currently one of the world's leading exporters of rose bonbons, ranking third with a 9% share of the international market. As well as natural flowers, the country supplies the international market with preserved roses. To create these flowers, the roses undergo a chemical treatment to prepare them for preservation and subsequent decoration. Then, additional petals are added to each flower to form the eternal rose. Currently, a syringe that doses glue is used for the filling process, which is an inefficient solution as it causes a bottleneck. Therefore, the focus of this research was the development of an efficient glue dispenser. The procedure began with an on-site visit to obtain the specifications of the system to be designed through open interviews. Solutions were then proposed and presented to customers, who selected the best one. Engineering calculations were performed, and a prototype was developed and tested. The results showed that the final solution met the client's requirements and considerably reduced the production time of the everlasting rose.

**Keywords:** Dispenser, glue, preserved rose.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA .....	II
2. CONSTANCIAS .....	III
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR .....	
	IV
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR .....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
RESUMEN .....	VIII
ABSTRACT .....	IX
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVII
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos .....	3
1.3 Alcance .....	3
1.4 Justificación .....	3
CAPÍTULO 2: MARCO REFERENCIAL .....	5
2.1 Antecedentes.....	5

2.1	Bases teóricas .....	10
2.2.1	Manufactura de la rosa eterna.....	10
2.2.2	Propiedades físicas del pegamento .....	11
2.2.3	Tanque de almacenamiento .....	13
2.2.4	Transporte de fluidos .....	15
2.2.5	Válvulas y accesorios .....	18
2.2.6	Dosificador .....	20
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO .....		24
3.1	Enfoque y tipos de investigación.....	24
3.2	Diseño de la investigación.....	24
3.2.1.	Fase 1. Interpretación del proceso de maquillado de rosas. ....	24
3.2.2.	Fase 2. Diseño del sistema de dosificación .....	25
3.2.3.	Fase 3. Validación del sistema de dosificación .....	26
3.3	Materiales para utilizar .....	27
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		29
4.1	Interpretación del proceso de maquillado de rosas eternas .....	29
4.1.1	Cosecha y postcosecha .....	29
4.1.2	Selección y corte.....	32
4.1.3	Proceso de preservado .....	32
4.1.4	Corrección de defectos y maquillaje .....	33
4.1.5	Empaque y almacenamiento.....	35
4.2	Diseño del sistema de dosificación.....	35

4.2.1	Especificaciones del sistema a diseñar .....	35
4.2.2	Propuestas de soluciones para el tanque de almacenamiento.....	36
4.2.3	Partes para la solución del sistema de transporte .....	38
4.2.4	Propuestas de soluciones para el dosificador .....	41
4.2.5	Selección de la mejor solución .....	46
4.2.6	Cálculos analíticos.....	48
4.2.7	Cálculos numéricos con programa computacional de manejo de fluidos ..	58
CONCLUSIONES.....		70
RECOMENDACIONES .....		72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		74
ANEXOS.....		76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. 1 Modelo de rosas que exportan las empresas florícolas, (a) Bonche de rosas, (b) Rosa preservada [2]. .....	1
Fig. 1. 2 Manipulación del botón de la rosa en la sala de maquillado.....	2
Fig. 2. 1 Sistema de encolado automático industrial [3]. .....	5
Fig. 2. 2 Imagen referencial del dispensador de pegamento piezoeléctrico [6]. .....	6
Fig. 2. 3 Plataforma experimental de engomado [8]. .....	7
Fig. 2. 4 Ejemplo de peristaltismo y su movimiento [11]. .....	8
Fig. 2. 5 Sistema automatizado de andamiajes para fines biomédicos [12]. .....	9
Fig. 2. 6 Rosa Eterna [2]. .....	10
Fig. 2. 7 Procedimiento para obtener la rosa eterna [15]. .....	10
Fig. 2. 8 Determinación del tiempo de secado de una sustancia. ....	13
Fig. 2. 9 Distintos tipos de tanques de almacenamiento [17]. .....	14
Fig. 2. 10 Tipos de tuberías para diferente uso [19]. .....	16
Fig. 2. 11 Tipos de bombas de agua, (a) centrífuga, (b) diafragma, (c) peristáltica, (d) jet, (e) flujo mixto, (f) de engranajes, (g) de pistones, (h) cavidad progresiva, (i) anillo líquido, (j) doble tornillo, (k) flujo axial, (l) de paletas [20]. .....	17
Fig. 2. 12 Ejemplo de un sistema de transporte neumático. (A) Eyector, (B) Válvula, (C) Sustancia a transportar, (D) Filtro de aire, (E) Compresor de aire [21]. .....	17
Fig. 2. 13 Ejemplo de un canal de flujo abierto [23]. .....	18
Fig. 2. 14 Modelo de diversas válvulas usadas en el sistema de transporte de fluidos, (a) válvula de compuerta de bronce [25], (b) válvula de globo de acero al carbono [26], (c) Válvula de bola con vista interna [27], (d) válvula de mariposa de tipo pinza [28], (e) válvula de retención de bronce [29], (f) Válvula de alivio de bronce [30]. .....	20
Fig. 2. 15 Distintos modelos de dosificadores de fluidos, (a) volumétrico industrial [29],	

(b) Gravimétrico industrial [30], (c) de caudal de alta precisión [31], (d) peristáltico electromecánico [32], (e) electromagnético [33], (f) neumático [34], (g) programable con sistema de punta [35].	22
Fig. 4. 1 Imagen referencial de un invernadero de rosas.	29
Fig. 4. 2 Imagen referencial del recipiente de almacenaje de rosas.	30
Fig. 4. 3 Variantes de rosas que se cultivan en la empresa, (a) freedom, (b) mondial, (c) secret garden, (d) light house, (e) enchantment, (f) atomic, (g) mandala, (h) green fashion. [2].	31
Fig. 4. 4 Modelos de rosa y complementos preservados, (a) botón de rosa cortado, (b) tallos de rosa cortados [2].	33
Fig. 4. 5 Posible daño presente en pétalos de rosas.	33
Fig. 4. 6 Jeringas depositadas en agua.	34
Fig. 4. 7 Rosas preservadas listas para su comercialización [2].	35
Fig. 4. 8 Solución T1. Tanque comercial.	37
Fig. 4. 9 Solución T2. Tanque comprimible.	38
Fig. 4. 10 Solución T3. Tanque reciclado [31].	38
Fig. 4. 11 Componente P1. Manguera de polietileno de 6,35 mm de diámetro (¼ de pulgada) [36].	39
Fig. 4. 12 Componente P2. Manguera termo retráctil de diferentes tamaños [37].	40
Fig. 4. 13 Componente P3. Válvula Antirretorno [38].	40
Fig. 4. 14 Componente P4. Válvula de sonda Foley [39].	41
Fig. 4. 15 Solución D1. Dosificador de tipo jeringa, (a) vista isométrica, (b) corte de la vista lateral.	42
Fig. 4. 16 Solución D2. Dosificador tipo lápiz (a) vista isométrica, (b) corte de la vista lateral.	43

Fig. 4. 17 Solución D3. Dosificador tipo pistola (a) vista isométrica, (b) corte de la vista lateral. ....	44
Fig. 4. 18 Solución D4. Dosificador tipo pinza(a) vista isométrica, (b) corte de la vista lateral. ....	45
Fig. 4. 19 Solución D5. Dosificador tipo pera (a) vista isométrica, (b) corte de la vista lateral. ....	46
Fig. 4. 20 Exposición de las soluciones a la gerencia de la empresa.....	46
Fig. 4. 21 Ensamble de sistema de dosificación de pegamento seleccionado, (a) conjunto armado de la solución, (b) vista en explosión de la solución. ....	48
Fig. 4. 22 Masa del pegamento vs. tiempo en la intemperie. ....	49
Fig. 4. 23 Modelo del sistema junto con las válvulas y accesorios con sus coeficientes de resistencia.....	51
Fig. 4. 24 Coeficiente de resistencia de los accesorios usados en la solución, (a) entrada con bordes afilados ( $K=0,5$ ), (b) salida con bordes afilados ( $K=1$ ). ....	54
Fig. 4. 25 Coeficiente de resistencia de las válvulas usadas en la solución, (a) válvula tipo mariposa ( $K=45f_T$ ), (b) válvula tipo check antirretorno ( $K=150f_T$ ) [33]. ....	56
Fig. 4. 26 Representación gráfica de la altura de la bolsa doypack para garantizar un caudal específico.....	58
Fig. 4. 27 Ejemplo de slurry o lechada de cocina [35]. ....	60
Fig. 4. 28 Partes de la válvula de paso, (a) conjunto armado, (b) carcasa, (c) émbolo. .	61
Fig. 4. 29 Asignación de las condiciones de entrada y salida para la simulación (Válvula de cierre), (a) entrada de flujo másico, (b) salida a presión ambiente. ....	61
Fig. 4. 30 Análisis dinámico de la válvula de retención en SolidWorks, (a) análisis de la velocidad del fluido, (b) análisis de la densidad del fluido, (c) análisis de la temperatura del fluido, (d) análisis de la presión del fluido. ....	62

Fig. 4. 31 Partes del sistema de dosificación, (a) conjunto armado, (b) pera, (c) aguja.	65
Fig. 4. 32 Asignación de las condiciones de entrada y salida para la simulación (Sistema de dosificación), (a) entrada de flujo másico, (b) salida a presión ambiente. ....	65
Fig. 4. 33 Análisis dinámico del dosificador (pera) usando SolidWorks, (a) análisis de velocidad del fluido, (b) análisis de la densidad del fluido, (c) análisis de la temperatura, (d) análisis de la presión.....	68
Fig. A1 Prueba de succión y expulsión (bolsa de almacenamiento llena de aire).....	77
Fig. A2 Prueba de comportamiento de flujo y viscosidad.....	78
Fig. A3 Escenificación del modo de operación y puesta a prueba de la herramienta. ...	79
Fig. A4 Experimentación de dosificación a diferentes alturas según la ecuación de Bernoulli (a) prueba de altura mínima del dosificador, (b) prueba de mayor altura del dosificador, (c) flujo de líquido en el dosificador.....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Propiedades físicas del pegamento [16]. .....	13
Tabla 4. 1 Criterios y restricciones que debe cumplir el diseño del tanque de almacenamiento. ....	36
Tabla 4. 2 Criterios y restricciones que debe cumplir el diseño del sistema de transporte. ....	39
Tabla 4. 3 Criterios y restricciones que debe cumplir el diseño del dosificador. ....	41
Tabla 4. 4 Componentes de sistema dosificador de pegamento. ....	47
Tabla 4. 5 Propiedades físicas de la mezcla del pegamento. ....	49
Tabla 4. 6 Algunas propiedades físicas de la mezcla [32]. ....	50
Tabla 4. 7 Característica física de la tubería de plástico y la aguja. ....	51
Tabla 4. 8 Resultados de la pérdida de energía por fricción en la tubería de plástico para varios caudales. ....	53
Tabla 4. 9 Resultados de la pérdida de energía por fricción en la aguja para varios caudales. ....	54
Tabla 4. 10 Resultados de la pérdida de energía por accesorios para varios caudales. ...	55
Tabla 4. 11 Resultados de la pérdida de energía por válvulas para varios caudales. ....	56
Tabla 4. 12 Resultados de la pérdida de energía del sistema para varios caudales. ....	57
Tabla 4. 13 Altura que debe ubicarse la bolsa doypack para obtener el caudal especificado. ....	57
Tabla 4. 14 Líquidos disponibles en Flow Simulation SolidWorks. ....	59
Tabla 4. 15 Metas de la simulación de la válvula de retención. ....	63
Tabla 4. 16 Valores de los resultados de la simulación de la válvula de retención. ....	64
Tabla 4. 17 Metas de la simulación para la simulación del conjunto pera-aguja. ....	68
Tabla 4. 18 Valores de los resultados de la simulación del conjunto pera-aguja. ....	68

# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1 Planteamiento del problema

Ecuador es uno de los principales exportadores de bonches de rosas (ver Fig. 1.1-a), ocupando actualmente el tercer puesto a nivel mundial, abarcando el 9% del mercado internacional [1].

La mayoría de las empresas florícolas se encuentran localizadas en la línea ecuatorial, principalmente en la zona de Tabacundo y Cayambe.

Además de las flores naturales, estas empresas ofrecen al mercado, las rosas preservadas (véase la Fig. 1.1-b) [2].



Fig. 1. 1 Modelo de rosas que exportan las empresas florícolas, (a) Bonche de rosas, (b) Rosa preservada [2].

La empresa “Hoja Verde”, conformada por 3 fincas productoras: Hoja Verde, JoyGardens y Flormare, con un total de 46 hectáreas dedicadas a la producción de rosas, se encuentra localizada en la finca industrial “Flormare”, Cayambe, kilómetro 46 de la Carretera Panamericana norte, vía Ibarra-Quito. Esta ofrece varios productos de exportación, tales como: bonches de rosas, rosas preservadas, rosas tinturadas, entre otros [2].

Con una amplia experiencia en el cultivo de rosas, se incentivó en Hoja Verde la comercialización de “Rosas Eternas”; un tipo de rosa orgánica que es tratada en la plantación de Flormare. Desde su cultivo como semilla, se cuida de la planta y su crecimiento para que, en el momento de cosecha, los bonches se recolecten y pasen a la

planta de tratamiento químico en donde se las prepara para su preservación y posterior ingreso a la “sala de maquillaje”. Los mejores especímenes son separados y los que no cumplen con el control de calidad se deshojan y sus pétalos son reemplazados de manera manual haciendo uso de una jeringa cargada con pegamento especial (ver Fig. 1.2); finalmente formando la “rosa eterna”, tal como se muestra en la Fig. 1.1-b [2].



Fig. 1. 2 Manipulación del botón de la rosa en la sala de maquillado.

Las jeringas son esenciales para el procedimiento requerido por la empresa; sin embargo, al tener una solución manual se requiere de mucho tiempo, por parte del personal encargado para recargar cada una de estas. Además, estos instrumentos deben ser sumergidos constantemente en un recipiente con agua para que de esta forma el pegamento interno no se seque.

Se pretende una propuesta que permita pegar los pétalos de una forma más eficiente.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Implementar un sistema de dosificación de pegamento para la industria florícola.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Interpretar el proceso de maquillado de rosas eternas.
- Diseñar el sistema de dosificación.
- Validar el sistema de dosificación.

## **1.3 Alcance**

Al finalizar esta investigación, el diseño será validado mediante entrevistas abiertas a personal profesional, que pertenezca al sector universitario como al empresarial, que hayan aportado recomendaciones para mejorar la propuesta, las cuales serán incorporadas en la solución. Además, se dispondrán de los planos de detalles del producto de la ingeniería desarrollada durante la investigación. De igual manera, se presentará una memoria de ingeniería que contenga la lista de materiales en detalle, así como una explicación del proceso de ensamblaje y fabricación.

## **1.4 Justificación**

En la manufactura de flores, la búsqueda a soluciones automatizadas en el desarrollo de un proceso industrial se basa en la necesidad de encontrar alternativas eficientes y factibles en su desarrollo.

Desde el punto de vista económico, ya que el personal encargado del embellecimiento de la rosa pierde demasiado tiempo en la recarga del pegamento utilizado para el procedimiento del armado de pétalos, (aproximadamente se pierden 10 minutos por la recarga sobre todas las jeringas), se propone una solución que minimizaría este tiempo

perdido ya que trae consecuencias sobre la producción. La propuesta de un dosificador traerá consigo beneficios sobre el personal encargado de esta labor.

En el ámbito investigativo, se sentarán bases para profundizar en esta problemática, ya que al finalizar el diseño se abrirán propuestas que pudieran ser automatizadas para la industria florícola; además, de posibles propuestas que puedan ser desarrolladas para mejorar la producción empresarial.

Adicionalmente, desde el punto de vista ecológico, se reduciría el impacto ambiental porque se dejaría de utilizar jeringas desechables.

## CAPÍTULO 2: MARCO REFERENCIAL

### 2.1 Antecedentes

Una de las primeras investigaciones [3] que se presenta en este trabajo, ha sido el desarrollo de un sistema de encolado basado en los retos que se enfrentan las empresas, las pérdidas en su producción, costos operativos, entre otros. El estudio analizó estos problemas, específicamente, en temas relacionados con el dispensado de goma, tales como la falta de cordones de cola en envases y la obstrucción de boquillas. Asimismo, en la investigación se presenta un desarrollo de un depósito alimentador (véase la Fig. 2.1) con ayuda de boquillas que utilizan un mecanismo de limpieza automática.



Fig. 2. 1 Sistema de encolado automático industrial [3].

Un estudio de los adhesivos como un elemento que sirve para unir materiales y resistir la separación demuestra que se utilizan ampliamente en industrias como la textil, papelera y con artefactos de madera, así como en la agricultura para fijar pesticidas y fertilizantes. Aunque hay poca bibliografía sobre adhesivos, se mencionan formulaciones con almidón, debido a que es adhesivo, económico y ampliamente disponible. Las formulaciones incluyen almidones modificados térmicamente (pirodextrinas) y químicamente (oxidados y modificados con ácidos), así como también dextrinas obtenidas por enzimas. El almidón de maíz se utiliza con mayor frecuencia debido a su disponibilidad mundial y menor costo

[4].

Un estudio [5] analiza un nuevo enfoque para mejorar el rendimiento de los dispensadores de chorro piezoeléctricos de tipo aguja. Se introduce una nueva forma de onda de conducción basada en las curvas de Bézier optimizando su rendimiento mediante un enfoque que reduce el volumen de succión de aire durante el proceso de dispensación en más de un 20 % en comparación con la forma de onda tradicional y elimina la vibración incontrolada de la aguja en el fluido, garantizando la estabilidad del proceso de llenado del fluido. El estudio demuestra que esta estrategia es eficaz para resolver problemas como la ausencia de burbujas de aire en las gotas y la consistencia del proceso de dispensación, tal como se muestra en la Fig. 2.2.



Fig. 2. 2 Imagen referencial del dispensador de pegamento piezoeléctrico [6].

Bajo la premisa del proceso de preparación de productos químicos granulados, se estudiaron los materiales sólidos, como el polvo y granulados; además, los materiales coloidales, los cuales presentan una serie de características típicas, como una gran variedad de estados, puntos de alimentación, frecuencias de alimentación, entre otros. En respuesta a los requisitos y características del transporte al vacío a larga distancia de materiales en polvo y caucho, se ha llevado a cabo la investigación y selección de métodos de procesamiento de materiales, alimentación sin polvo, transporte al vacío, dosificación continua y equipos de alimentación para lograr el transporte al vacío a larga distancia de

materiales especiales [7].

Por otro lado, se desarrolló un servosistema avanzado [8] para operaciones de encolado (véase la Fig. 2.3), el cual utiliza un cilindro dosificador mejorado mediante algoritmos de aprendizaje por refuerzo para optimizar la eficiencia y la precisión. Este sistema consta de un ordenador superior, un controlador lógico programable (PLC), un controlador principal y un cilindro dosificador equipado con un servomotor y una pistola encoladora. Asimismo, se desarrolló un modelo completo del sistema que analiza las interacciones entre los subsistemas mecánico, hidráulico y de servomotor. Los resultados experimentales demuestran que el sistema mejora significativamente el control automatizado del proceso de encolado, ya que logra precisión de posicionamiento, dispensación de cola consistente y estabilidad general. En consecuencia, este sistema es adecuado para aplicaciones industriales que requieren un encolado preciso y fiable.



Fig. 2. 3 Plataforma experimental de engomado [8].

Con la aparición y el avanzado desarrollo de los materiales de alto rendimiento [9] se explica la aplicación sistemática de los principios básicos de ingeniería a los flujos de fluidos que pueden ocurrir en el procesamiento de éstos y sus actividades relacionadas entre sí. En el libro se desarrolla y racionaliza las matemáticas detrás del estudio de la mecánica de fluidos además de examinar los flujos de fluidos newtonianos. Siguiendo su propósito se explican a profundidad los principios básicos, ecuaciones, medios analíticos,

computacionales y experimentales.

Se presenta un modelo de transporte que busca analizar el movimiento peristáltico (ver Fig. 2.4) de un fluido viscoso en un conducto curvo con una sección transversal rectangular y geometrías utilizadas comúnmente en aplicaciones industriales y médicas. Se consideran las restricciones de la teoría de lubricación y se utiliza una técnica de perturbación para resolver las ecuaciones diferenciales parciales de Navier-Stokes. En el informe se proponen condiciones de contorno homogéneas sin deslizamiento sobre las superficies flexibles, y la expresión para el aumento de presión encontrada numéricamente bajo el análisis de un software informático [10].

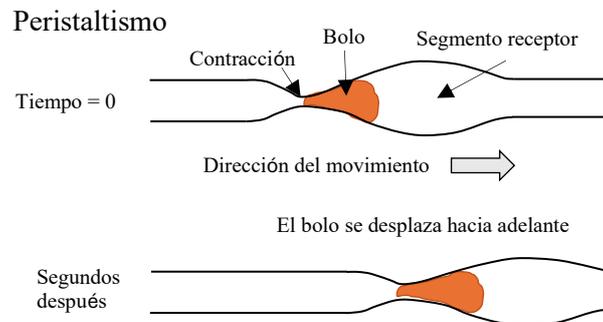


Fig. 2. 4 Ejemplo de peristaltismo y su movimiento [11].

En el campo biomédico, las soluciones de polímeros naturales poseen distintas viscosidades y ninguno de los dispensadores de líquidos disponibles en la actualidad es capaz de dispensar soluciones de polímeros muy viscosas. Por esta razón se presenta el desarrollo de un sistema automatizado de dispensación de andamiajes en formatos de placa de pocillos el cual se logra ver en la Fig. 2.5. En el sistema se emplean válvulas solenoides controladas por ordenador para regular la presión del aire que incide sobre una jeringa llena de la solución de andamiaje que se va a dispensar. El trabajo busca acelerar la creación de andamios celulares tridimensionales y su aplicación a pruebas de alto rendimiento [12].

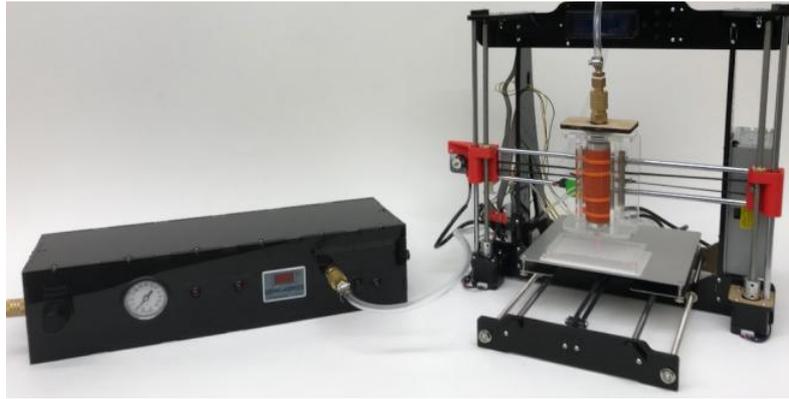


Fig. 2. 5 Sistema automatizado de andamiajes para fines biomédicos [12].

Los tanques de almacenamiento de líquidos son estructuras fundamentales para industrias estratégicas como la petroquímica, aeroespacial, refinerías y hospitales cumpliendo la función de sistemas de suministro y almacenamiento de agua y bodegas. Por lo que se discuten los procedimientos de modelización dinámica pioneros; así como los modificados y desarrollados recientemente propuestos en la literatura para tanques de almacenamiento de fluidos, sus limitaciones y facultades en profundidad examinado la interacción suelo-estructura-fluido, los distintos tipos de daños observados en catástrofes anteriores [13].

Se habla sobre la tecnología piezoeléctrica vista desde un ámbito industrial proyectada a un desarrollo de procedimientos con controladores más flexibles y convenientes. Desde un punto tradicional, se analiza el modo de línea y el canal único con el desarrollo en la automatización industrial. Asimismo, debido a la creciente complejidad de los dispensadores que se ha presentado, los requisitos cada vez son más personalizados, por lo tanto, para adaptarse mejor al desarrollo de estos sistemas se busca reducir la dificultad de control y acortar el ciclo de desarrollo [14].

## 2.1 Bases teóricas

### 2.2.1 Manufactura de la rosa eterna

Las rosas preservadas (ver Fig. 2.6) son flores naturales ornamentales que han sido tratadas con un proceso especial para conservar su belleza, frescura y textura durante largos períodos de tiempo que pueden extenderse hasta varios años. Este tipo de flores son populares en la decoración, regalos y arreglos florales, ya que mantienen una apariencia muy similar a la de una flor recién cortada.



Fig. 2. 6 Rosa Eterna [2].

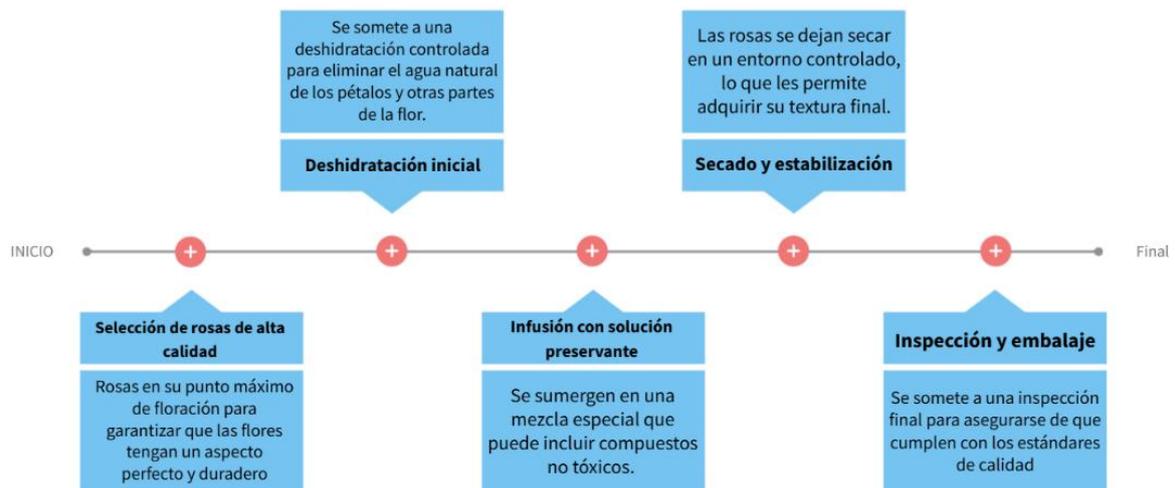


Fig. 2. 7 Procedimiento para obtener la rosa eterna [15].

El proceso para preservar este tipo de rosas implica técnicas avanzadas y cuidadosamente controladas. Para llevar a cabo todo este procedimiento se desarrolla un tratamiento descrito en los pasos de la Fig. 2.7.

## 2.2.2 Propiedades físicas del pegamento

Se presentan los rasgos físicos del pegamento, más importantes, que son medibles a fin de proporcionar las características básicas de un estado hacia cualquier sistema. Estas pueden ser o no ser observables debido a que en su estudio pueden describirse transformaciones o cambios en el proceso de análisis.

Para determinar cada una de las propiedades físicas se pueden utilizar diferentes fórmulas y principios matemáticos en función del apartado que se quiera analizar. A continuación, se presentan algunas de las fórmulas y métodos aplicables:

- *Densidad*

Para determinar la densidad de una sustancia se aplica la Ec. 2.1, que depende de la masa y el volumen.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde:

$\rho$  = densidad (kg/m<sup>3</sup>)

m = masa (kg)

V = volumen (m<sup>3</sup>)

- *Viscosidad dinámica*

Corresponde a la propiedad que representa la resistencia interna de los fluidos al movimiento (véase Ec. 2.2). Se debe a las fuerzas de fricción interna que se generan entre las diferentes capas del fluido. Conforme el fluido se mueve, dentro de él se desarrolla un esfuerzo cortante cuya magnitud depende de la viscosidad del fluido. Un fluido con una alta viscosidad como la miel fluye más lentamente que uno con baja viscosidad como el agua. El símbolo usado para la viscosidad dinámica es ( $\mu$ ).

$$\mu = \frac{F}{A \left( \frac{dv}{dx} \right)} \quad \text{Ec. 2.2}$$

Donde:

$\mu$  = viscosidad dinámica (Pa·s)

F = fuerza aplicada (N)

A = área (m<sup>2</sup>)

$\frac{dv}{dx}$  = gradiente de velocidad (s<sup>-1</sup>)

- *Viscosidad cinemática*

Es una medida de la resistencia interna de un fluido bajo fuerzas gravitacionales (véase Ec. 2.3). El símbolo usado para la viscosidad cinemática es ( $\nu$ ) y viene como función de la viscosidad dinámica y la densidad del fluido.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{Ec. 2.3}$$

Donde:

$\nu$  = viscosidad cinemática (m<sup>2</sup>/s)

$\mu$  = viscosidad dinámica (Pa·s)

$\rho$  = densidad (kg/m<sup>3</sup>)

- *Peso específico*

El concepto de esta propiedad describe el peso de una sustancia por unidad de volumen. Así mismo maneja un rol importante diferenciándola de la densidad debido a que en ésta, se considera la fuerza gravitacional, mientras que la densidad simplemente la masa por unidad de volumen. Su fórmula (ver Ec. 2.4) se presenta de la siguiente manera:

$$\gamma = \rho \cdot g \quad \text{Ec. 2.4}$$

Donde:

$\gamma$  = peso específico (N/m<sup>3</sup>)

g = constante de la gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>)

$\rho$  = densidad (kg/m<sup>3</sup>)

- *Tiempo de secado*

El tiempo de secado se mide observando el peso del pegamento aplicado en intervalos regulares hasta que no se detecten más cambios de masa con ayuda de una balanza. El secado de la sustancia está relacionado con el tiempo y la velocidad de evaporación del agua y la cantidad de agua presente. La Fig. 2.8, muestra un ejemplo del tiempo de secado de una sustancia.

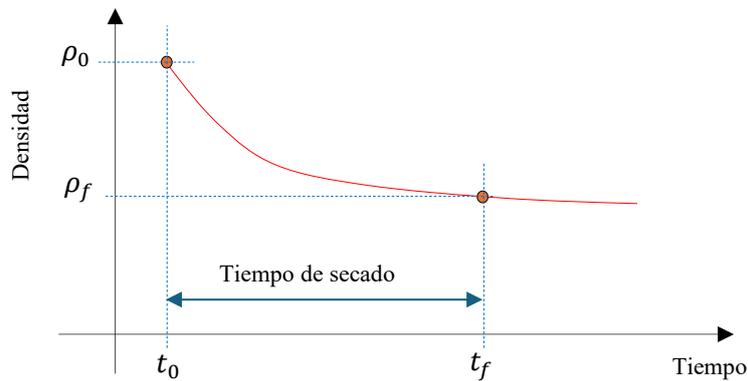


Fig. 2. 8 Determinación del tiempo de secado de una sustancia.

- *Tabla de propiedades físicas*

Un análisis detallado acerca de las propiedades del pegamento se presenta en la tabla 2.1.

Tabla 2. 1 Propiedades físicas del pegamento [16].

<b>Aspecto físico</b>	
Estado físico a 20 °C	Líquido
Aspecto	Viscoso
Color	Blanco
<b>Volatilidad</b>	
Temperatura de ebullición a presión atmosférica	100 °C
Presión de vapor a 25 °C	3.161 Pa
Presión de vapor a 50 °C	12.288 Pa
<b>Caracterización del producto</b>	
Densidad a 25 °C	1.060 – 1.100 kg/m <sup>3</sup>
Densidad relativa a 25 °C	1,08
Viscosidad cinemática a 40 °C	> 20,5 cSt
Temperatura de autoinflamación	432 °C

### 2.2.3 Tanque de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento para fluidos son estructuras diseñadas para contener líquidos de manera segura, garantizando la preservación de sus propiedades y su

seguridad operativa. La Fig. 2.9, muestra algunos modelos de tanques usados con mayor frecuencia.



Fig. 2. 9 Distintos tipos de tanques de almacenamiento [17].

- *Clasificación de tanques de almacenamiento*

Según su diseño estructural:

*Cilíndricos verticales:* Comunes para almacenamiento de grandes volúmenes; pueden tener techo fijo o flotante.

*Cilíndricos horizontales:* Utilizados para capacidades más pequeñas, generalmente montados sobre soportes o cimientos.

*Esféricos:* Adecuados para fluidos que requieren almacenamiento a alta presión, como gases licuados.

*Rectangulares o prismáticos:* Menos usuales, empleados en aplicaciones específicas como almacenamiento de agua en sistemas contra incendios.

Según el tipo de fluido almacenado:

*Líquidos inflamables o combustibles:* Gasolina, diésel, etanol; requieren estrictas medidas de seguridad y materiales resistentes al fuego.

*Agua y fluidos no peligrosos:* Usados en procesos industriales, tratamiento de aguas, o almacenamiento potable.

*Productos químicos agresivos:* Ácidos, bases o soluciones corrosivas; necesitan materiales especiales como acero inoxidable o revestimientos internos.

Según la presión operativa:

*Atmosféricos:* Diseñados para trabajar a presión ambiental; generalmente para líquidos como agua, aceites o productos no volátiles.

*Presurizados:* Adecuados para líquidos o gases comprimidos, como GLP o amoníaco.

*Cerrados al vacío:* Utilizados para fluidos que requieren un entorno controlado para evitar la evaporación o contaminación.

- *Componentes principales de los tanques*

*Cuerpo o carcasa:* Generalmente de acero al carbono, acero inoxidable o polímeros reforzados, dependiendo de la aplicación.

*Techo:* Fijo, flotante o con domo; el diseño varía según la necesidad de contener vapores o manejar productos volátiles.

*Base:* Puede ser plana, cónica o esférica, y está diseñada para soportar el peso del fluido y la estructura.

*Sistema de acceso y control:* Escaleras, plataformas, boquillas de inspección y válvulas para control de llenado y drenaje.

*Revestimientos y recubrimientos:* Protección adicional contra corrosión y gases químicos [18].

#### **2.2.4 Transporte de fluidos**

El transporte de líquidos es un proceso crítico en diversas industrias, como la química, farmacéutica, alimenticia, petrolera y en este caso florícola. Las maneras de transporte de líquidos pueden clasificarse según el medio de conducción, energía aplicada y las características del fluido. A continuación, se presentan algunas formas de transporte de líquidos:

- *Por tuberías*

Las tuberías son el medio más común para transportar líquidos en largas distancias, especialmente en aplicaciones industriales y urbanas. En la Fig. 2.10 pueden observarse algunos ejemplos de tuberías usados en la actualidad.

*Ventajas:* Alta eficiencia, costos operativos reducidos y bajo riesgo de contaminación externa.

*Materiales:* PVC, acero, acero inoxidable, polietileno de alta densidad (HDPE).

- *Tipos de transporte:*

*A presión:* Utiliza bombas o compresores para mover el líquido.

*Por gravedad:* Requiere de una pendiente para permitir el flujo natural del líquido.



Fig. 2. 10 Tipos de tuberías para diferente uso [19].

- *Mediante bombas*

Las bombas (ver Fig. 2.11) son dispositivos que proporcionan la energía necesaria para mover líquidos. Estas pueden clasificarse en:

*Bombas centrífugas:* Usuales para líquidos de baja viscosidad, operan mediante fuerzas centrífugas.

*Bombas de desplazamiento positivo:* Adecuadas para líquidos viscosos o sensibles al cizallamiento, como aceites o fluidos farmacéuticos.

*Bombas peristálticas:* Ideales para líquidos contaminantes o corrosivos, ya que el fluido no entra en contacto directo con la bomba.

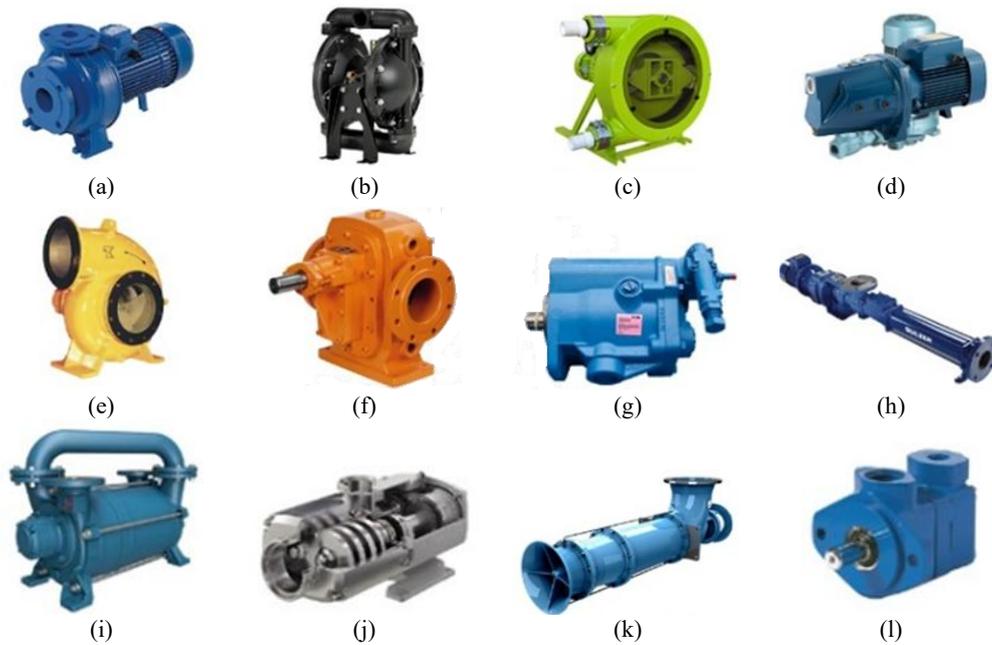


Fig. 2. 11 Tipos de bombas de agua, (a) centrífuga, (b) diafragma, (c) peristáltica, (d) jet, (e) flujo mixto, (f) de engranajes, (g) de pistones, (h) cavidad progresiva, (i) anillo líquido, (j) doble tornillo, (k) flujo axial, (l) de paletas [20].

- *Sistemas de transporte neumático (a base de fluidos comprimidos)*

Este método emplea aire o gas comprimido para impulsar líquidos a través de tuberías cerradas. La Fig. 2.12, muestra un ejemplo de un sistema de transporte neumático.

Aplicaciones: Industrias químicas y farmacéuticas, para mover líquidos sensibles en condiciones controladas.

Ventajas: Reduce el contacto con el medio ambiente y mantiene la pureza del fluido.

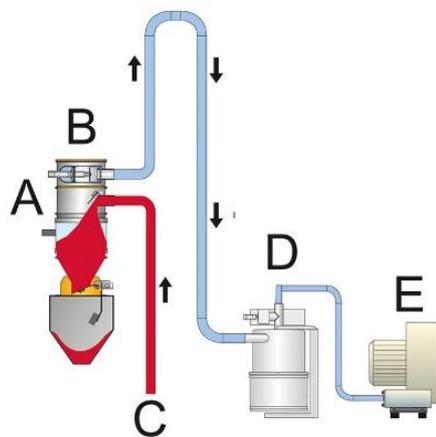


Fig. 2. 12 Ejemplo de un sistema de transporte neumático. (A) Eyector, (B) Válvula, (C) Sustancia a transportar, (D) Filtro de aire, (E) Compresor de aire [21].

- *Mediante canales abiertos*

Utilizado para el transporte de grandes volúmenes de agua o líquidos de bajo costo. Por ejemplo: Canales de riego, acueductos, o sistemas de drenaje. La Fig. 2.13 representa el modelo de un canal de flujo abierto.

*Limitaciones:* Mayor evaporación y posible contaminación ambiental [22].

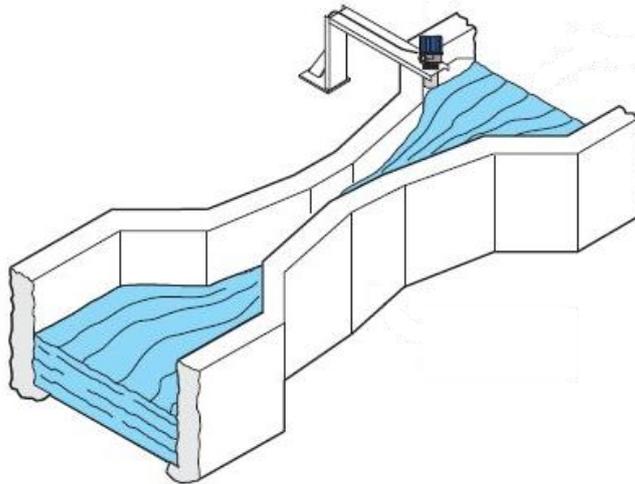


Fig. 2. 13 Ejemplo de un canal de flujo abierto [23].

### 2.2.5 Válvulas y accesorios

Las válvulas son componentes diseñados para controlar el flujo, presión y dirección de un fluido dentro de una tubería. Los principales tipos de válvulas incluyen:

- *Válvulas de compuerta*

Se utilizan para abrir o cerrar completamente el paso de un fluido (véase la Fig. 2.14-a). Son ideales para aplicaciones donde se necesita flujo libre sin restricciones, ya que cuando están abiertas, ofrecen una resistencia mínima. No son recomendables para regulación de flujo debido al desgaste que puede causar en la compuerta. Los materiales más comunes son: hierro fundido, acero inoxidable, bronce. Sus aplicaciones están localizadas en redes de distribución de agua potable, sistemas de alcantarillado y líneas principales de

transporte.

- *Válvulas de globo*

Diseñadas para regular y controlar el flujo. La Fig. 2.14-b muestra que posee una estructura que permite una regulación precisa, pero generan mayor pérdida de presión en comparación con otros tipos de válvulas. Usualmente fabricadas en acero al carbono y acero inoxidable. Se usan en sistemas de vapor, control de presión en líneas de procesos industriales.

- *Válvulas de bola (esfera)*

Ofrecen un cierre hermético y son fáciles de operar. Son adecuadas para aplicaciones que requieren apertura y cierre rápidos, así como para sistemas que manejan fluidos corrosivos. Fabricados en PVC, acero inoxidable o bronce. Usados para procesos químicos, sistemas de agua y aire comprimido (ver Fig. 2.14-c).

- *Válvulas de mariposa*

Son ligeras y económicas, adecuadas para aplicaciones que requieren el control de grandes volúmenes de fluido con bajas presiones (ver Fig. 2.14-d). Ofrecen buena resistencia a la corrosión dependiendo del material del disco y del asiento. Hechas en hierro dúctil, acero inoxidable, plástico reforzado. Su aplicación está en sistemas de agua potable, riego y HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado).

- *Válvulas de retención*

Mostrada en la Fig. 2.14-e, permiten el flujo en una sola dirección y evitan el retorno del fluido. Son esenciales para proteger bombas y otros equipos de sobrepresión o flujo inverso. En acero inoxidable, bronce, plástico y utilizadas en sistemas de bombeo, redes de alcantarillado.

- *Válvulas de alivio o seguridad*

Liberan presión cuando esta supera los límites seguros, protegiendo el sistema contra sobrepresiones que puedan dañar componentes. Hechas en acero inoxidable, bronce. Específicas para sistemas de vapor, gases comprimidos y procesos industriales. Véase Fig. 2.14-f [24].



Fig. 2. 14 Modelo de diversas válvulas usadas en el sistema de transporte de fluidos, (a) válvula de compuerta de bronce [25], (b) válvula de globo de acero al carbono [26], (c) Válvula de bola con vista interna [27], (d) válvula de mariposa de tipo pinza [28], (e) válvula de retención de bronce [29], (f) Válvula de alivio de bronce [30].

### 2.2.6 Dosificador

Los dosificadores de fluidos son dispositivos diseñados para medir, controlar y dispensar cantidades específicas de líquidos o fluidos en procesos industriales, laboratorios o aplicaciones específicas. Son ampliamente utilizados en sectores como la industria química, farmacéutica, alimentaria, agrícola, y en procesos de automatización donde se requiere precisión en la dosificación de líquidos. Estos dispositivos garantizan un flujo constante y regulado de fluido, permitiendo optimizar los procesos, reducir los desperdicios y mejorar la calidad del producto final.

- *Dosificadores volumétricos*

Estos dispositivos funcionan midiendo un volumen específico de fluido para luego dispensarlo. Se utilizan en aplicaciones donde la cantidad precisa de fluido es crítica. La Fig. 2.15-a, muestra un ejemplo de este dosificador. Su principal característica es su alta precisión en el control de volumen. Funcionan mediante bombas de desplazamiento positivo, como bombas de pistón, engranajes o diafragma y son ideales para fluidos con viscosidades variables. Se usan en dosificación de jarabes, tintas, aceites, adhesivos y productos químicos.

- *Dosificadores gravimétricos*

Operan midiendo la cantidad de fluido basado en su peso en lugar de su volumen. Incorporan básculas o sensores de peso para garantizar una dosificación precisa. (Fig. 2.15-b). Se caracteriza por su alta precisión, especialmente para fluidos de densidad variable. Son más lentos en comparación con los volumétricos, debido a la necesidad de medir el peso. Su aplicación está en procesos farmacéuticos y químicos donde el peso es más crítico que el volumen.

- *Dosificadores de caudal*

Estos dispositivos (Fig. 2.15-c) miden el flujo del fluido durante su dosificación, utilizando sensores de caudal o medidores. Tienen mayor capacidad para dosificar fluidos en grandes volúmenes; así como, dependencia de la precisión del sensor de caudal. Sirven para procesos de irrigación, distribución de combustibles o dispensación de agua.

- *Dosificadores peristálticos*

Utilizan un tubo flexible y rodillos que comprimen el tubo para mover el fluido en su interior (Fig. 2.15-d). Son excelentes para fluidos sensibles, corrosivos o estériles. evitan el contacto directo del fluido con piezas mecánicas. Usados en procesos médicos,

farmacéuticos, y manejo de químicos corrosivos.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(a)

Fig. 2. 15 Distintos modelos de dosificadores de fluidos, (a) volumétrico industrial [29], (b) Gravimétrico industrial [30], (c) de caudal de alta precisión [31], (d) peristáltico electromecánico [32], (e) electromagnético [33], (f) neumático [34], (g) programable con sistema de punta [35].

- *Dosificadores electromagnéticos*

Funcionan mediante válvulas o bombas controladas por señales electromagnéticas, lo que permite un control preciso y rápido de la cantidad dispensada (Fig. 2.15-e). Poseen una alta velocidad de respuesta y tienen capacidad de operar en procesos automatizados. Usados en sistemas de riego agrícola y dosificación de químicos en líneas de producción.

- *Dosificadores neumáticos*

Usan aire comprimido para impulsar y controlar el fluido dosificado. La Fig. 2.15-f, muestra un ejemplo de estos tipos de dispositivos que son aptos para ambientes explosivos o donde no es posible el uso de componentes eléctricos. Ideales para manejo de fluidos viscosos y pastosos. Utilizados en dosificación de adhesivos, sellantes o resinas.

- *Dosificadores programables*

Incorporan tecnología electrónica y software que permite programar cantidades específicas de fluido a dispensar (Fig. 2.15-g). Su configuración precisa mediante paneles de control o sistemas computarizados, lo hacen perfecto en la integración en procesos de automatización y producción automatizada en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética [36].

## CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 Enfoque y tipos de investigación

Este proyecto contempla una investigación documental ya que al principio se realizan búsquedas de los basamentos teóricos que descubren la creación de la rosa eterna. De igual manera, es una investigación de campo debido a que el desarrollo del proyecto se hace directamente en el sitio de la elaboración de la flor. Además, se hace una investigación experimental ya que se desconocen las propiedades físicas del pegamento. Asimismo, es descriptiva porque se relatan todos los procesos que se llevan a cabo para garantizar la elaboración de la rosa. Finalmente, se concluye con una investigación aplicada, ya que se usan conocimientos de la ingeniería mecatrónica que conducen a establecer una solución a la problemática planteada.

### 3.2 Diseño de la investigación

#### 3.2.1. Fase 1. Interpretación del proceso de maquillado de rosas.

##### *F1.1.- Visita técnica a la empresa florícola:*

La investigación de este proyecto inicia con la búsqueda de toda la información relacionada con el proceso de maquillado de la rosa eterna.

El propósito es obtener las especificaciones del sistema a diseñar, representado por los criterios y restricciones, propios del proyecto.

Para ello, se realizarán visitas técnicas necesarias, “*in situ*”, con la intención de recolectar información por parte del personal involucrado. Se utilizarán herramientas como: entrevistas abiertas, encuestas, filmaciones, grabaciones, entre otras.

##### *F1.2.- Basamento teórico del proceso de creación de la rosa eterna:*

Se procede a realizar una investigación teórica de todos los aspectos que involucran la

creación de la rosa eterna. Aprovechando la visita técnica, se explicará el deshojado de la flor, la cual se hace en forma manual. Así como la selección de las hojas que cumplan con los requerimientos necesarios. Seguidamente se hace una investigación del procedimiento de preservación, que involucra el sumergido en químicos para la conservación. Posteriormente, se explicará el secado de las hojas para luego detallar, paso a paso, el ensamblaje de cada pétalo; incluyendo, el proceso de recarga de pegamento para finalmente obtener la rosa eterna.

#### *F1.3.- Interpretación del proceso de creación de la rosa eterna:*

Una vez obtenidos todos los pasos del proceso de creación de la rosa eterna, aunado a la recolección de la información por parte del personal involucrado en este procedimiento, se procede a realizar una interpretación técnica de los resultados. Luego, se realizará una exposición a los profesionales involucrados para aclarar dudas y procedimientos, y aferrar los criterios, así como su ponderación, y restricciones que darán paso para establecer las especificaciones del sistema a diseñar.

### **3.2.2. Fase 2. Diseño del sistema de dosificación**

#### *F2.1.- Planteamiento de alternativas de solución:*

Una vez tomada toda la información y contextos necesarios para la comprensión del proyecto, se plantean algunas alternativas de soluciones que resuelvan el problema. Para ello, se toma como base las investigaciones obtenidas en el punto anterior. Utilizando la creatividad, se procede a plantear tres bosquejos como alternativas. Seguidamente, se divide cada solución en tres partes: Mecánica (estructural), transporte y dosificación del fluido (pegamento), y control. Luego, se desarrolla el modelado en un software de CAD de cada bosquejo. Finalmente, se procede a realizar un híbrido de las mejores partes de cada solución para obtener una cuarta alternativa opcional. Cabe destacar que cada

solución planteada debe, obligatoriamente, cumplir con las restricciones.

#### *F2.2.- Selección de la mejor solución:*

En este punto, se aplica la metodología de los criterios ponderados a cada solución planteada; la cual consiste en la realización de una matriz donde se evalúa la que luego de aplicar la ponderación. Luego se hace una exposición detallada a los responsables de la florícola con el propósito de presentar el resultado obtenido. Seguidamente, se obtienen las críticas y recomendaciones por parte de la empresa; o, mejor dicho, una retroalimentación que conlleve a la realización de un modelo que satisfaga los requerimientos de la florícola.

#### *F2.3.- Desarrollo de la solución:*

Una vez seleccionada la solución, se establecen las especificaciones del sistema a diseñar. Se procede a detallar a través de un dibujo en explosión. Seguidamente se explica cada parte y se seleccionan las que se diseñan; así como, se procede a realizar los cálculos de las tres áreas seleccionadas (mecánica, transporte y dosificación del fluido y control). Se seleccionan los componentes mecánicos, electrónicos y de control, que satisfacen los requerimientos obtenidos por el diseño. Para aquellos componentes que no se seleccionan, se realizan los cálculos de ingeniería. Se procede a desarrollar los planos respectivos para garantizar un eficiente proceso de fabricación. Para ello, se usan metodologías relacionadas con los procesos de producción, modelado en software de CAD y de simulación, memoria ingenieril, entre otros.

### **3.2.3. Fase 3. Validación del sistema de dosificación**

#### *F3.1.- Presentación de la solución al personal involucrado:*

Luego de tener la solución definitiva, se prepara un documento digital con los detalles de

esta. Mediante diapositivas, se realiza una presentación explícita de la solución. Se acuerda una cita con la florícola para realizar una exposición ante el personal involucrado. Inmediatamente se plasman las sugerencias respectivas, según acuerdos mutuos.

*F3.2.- Incorporación de las mejoras y recomendaciones en la solución:*

Con las sugerencias del personal empresarial, se procede a recalcular las partes y diseños a las que se le hayan sugerido modificaciones. Para ello, se repiten los pasos establecidos en el punto 2.3 (Desarrollo de la solución) hasta el 3.1 (Presentación de la solución al personal involucrado), hasta lograr un consenso entre las partes.

*F3.3.- Realización de pruebas y simulaciones respectivas que validen la solución:*

Para finiquitar el proyecto, se realizan pruebas de ingeniería, exponiéndolas ante profesionales considerados expertos. Adicionalmente, se usan herramientas computacionales de simulación y cálculos que permitan validar la solución. El espacio destinado para la exposición es la FICA, por medio del uso de herramientas de diapositivas, que contendrán de los detalles ingenieriles del proyecto; así como, las ejecuciones de las simulaciones.

*F3.4.- Desarrollo de los planos en detalle:*

Con la aprobación de la solución, se realizan los planos de ingeniería en detalles. Se incluyen los dibujos del conjunto armado junto con la lista de materiales, así como el de explosión. Adicionalmente, se presentan los planos de partes que componen el conjunto. Para cumplir con esta actividad, se usan herramientas computacionales de CAD.

### **3.3 Materiales para utilizar**

Se listan una serie de equipos y materiales que serán necesarios para completar este proyecto, los cuales son:

- Cinta métrica.
- Balanza digital.
- Smartphone.
- Computador personal.
- Internet.
- Muestra del pegamento para la creación de las flores.
- Vaso precipitado.
- Viscosímetro.
- Software de CAD.
- Software de simulaciones de ingeniería.
- Impresora de papel.
- Herramientas ofimáticas.
- Catálogos de selección de componentes de ingeniería.

## CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 Interpretación del proceso de maquillado de rosas eternas

El proceso de maquillado de rosas eternas es una etapa clave en la preservación de estas flores, ya que permite que se obtenga una apariencia natural durante largos periodos. Como resultado de las visitas técnicas es posible presentar los detalles del proceso que debe llevarse a cabo para obtener las rosas eternas.

#### 4.1.1 Cosecha y postcosecha

Con ayuda de operarios designados a lo largo de los campos de la florícola, se recogen flores por cada estación existente en los invernaderos (ver Fig.4.1). Estas flores son cosechadas de acuerdo con estándares propios de la empresa, ya establecidos, que buscan reducir el daño a la planta y maximizar la producción en la cantidad de rosas que se puede producir. Por ejemplo, el corte debe realizarse en una zona específica para garantizar el crecimiento de un retoño.



Fig. 4. 1 Imagen referencial de un invernadero de rosas.

Para este trabajo cada operador está ampliamente instruido en el trato que se le debe dar

a la planta en cada una de sus etapas, como puede ser: cómo cortar el tallo de la planta, qué yacimiento se debe recortar y cual no para su óptimo crecimiento, cuál es el tamaño de bulbo óptimo que una rosa debe tener para recortar, en qué temporada se deben cortar los tallos, además de diferentes técnicas y métodos que se logran desarrollar en pro del crecimiento de las rosas.

Después de que la cosecha de flores esté realizada en los campos, se depositan a las unidades en recipientes de almacenaje (ver Fig. 4.2), aportando una mayor comodidad con respecto a el transporte que se lo realiza a lo largo de la finca. El siguiente destino de las rosas es la postcosecha. En esta zona se realiza una inspección meticulosa al conjunto de rosas que fueron ingresadas previamente, siendo este uno de los procesos más importantes para la manufactura del producto. Tiene como objetivo principal la añadidura de químicos para la conservación de la flor con el fin garantizar su calidad y durabilidad durante su comercialización.



Fig. 4. 2 Imagen referencial del recipiente de almacenaje de rosas.

Los objetivos de la postcosecha son mantener la integridad física y calidad del producto y preservar el mismo por tiempos prolongados para evitar que se dañe su calidad y su valor comercial.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

Fig. 4. 3 Variantes de rosas que se cultivan en la empresa, (a) freedom, (b) mondial, (c) secret garden, (d) light house, (e) enchantment, (f) atomic, (g) mandala, (h) green fashion. [2].

Un buen manejo del sistema de postcosecha incluye la realización de prácticas de

acondicionamiento del producto, como secado, limpieza, selección, clasificación, almacenamiento y control de plagas, las cuales se efectúan a partir del momento de su recolección en el campo hasta su comercialización.

Las variedades de rosas que se usan durante este proceso son las mostradas en la Fig. 4.3. las cuales poseen distintas características físicas, así como diferentes formas de cuidados y tratamientos para cada especie.

#### **4.1.2 Selección y corte**

Tras haber seleccionado las mejores flores, los grupos de especies se clasifican en dos: las rosas que su venta se realizarán mediante exportación y las que van a ser únicamente para comercialización local. Sea cual sea el tipo de mercado que se destinarán, estas se cortan y podan de acuerdo con las necesidades del cliente.

Una porción de estas rosas es seleccionada para dirigirse a otra planta encargada del proceso de preservación, lugar en donde se manejan químicos y zonas especializadas en el embellecimiento de la rosa. En esta planta (Alinatura S.A) se da el ingreso a las rosas y se procede con el corte del tallo para su mejor manejo por parte del sector operativo.

#### **4.1.3 Proceso de preservado**

Las rosas ya cortadas continúan su camino a lo largo de la planta hasta llegar a la zona de procesamientos químicos. En esta zona, tanto los botones que fueron separados de cada flor (ver Fig. 4.4-a) como sus tallos (ver Fig. 4.4-b) son preparados para ser secados en maquinaria especializada. En este proceso, el objetivo que se busca para cada parte es retirar la mayor cantidad de agua que puedan contener los cuerpos sin la necesidad de dañarlos.

Una vez que se retira el agua de estos, se procede a sumergir, de forma meticulosa, la rosa

en compuestos químicos que harán que adopte una apariencia madura y perpetua para luego ser trabajadas en la siguiente estación de la planta. Cabe destacar que este mismo proceso, en forma paralela, se sigue con los tallos previamente cortados.



Fig. 4. 4 Modelos de rosa y complementos preservados, (a) botón de rosa cortado, (b) tallos de rosa cortados [2].

#### 4.1.4 Corrección de defectos y maquillaje

Para realizar los retoques necesarios en el botón y tallo de la rosa, se realiza una inspección exhaustiva de cada uno de los componentes en estaciones de trabajo especializadas. Durante la revisión de los botones se busca determinar cuáles de estos son candidatos para ser vendidos como flores preservadas. Para cumplir con esto, se buscan posibles imperfecciones que podrían existir (ver Fig. 4.5), como, por ejemplo: pétalos desplazados o separados de su cuerpo, pétalos cortados o maltratados, o pétalos que no cumplen con el tono o color requerido en la rosa.

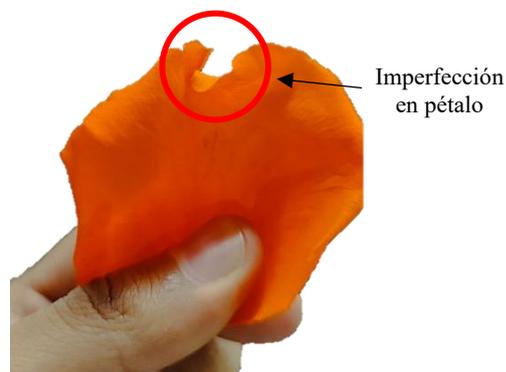


Fig. 4. 5 Posible daño presente en pétalos de rosas.

En estas mismas estaciones se realizan los retoques correspondientes a cada tipo de desperfecto presente. Si es necesario se reemplazan los pétalos dañados por unos mejores de otros botones de rosa. Para realizar este reemplazo los operarios encargados utilizan jeringas cargadas con pegamento líquido especial para la adhesión de los nuevos pétalos desde su base.

Actualmente, este procedimiento se desarrolla de forma manual generándose un “cuello de botella” en la producción general. La principal razón es debido a la recarga de jeringas; ya que, se requiere de un cierto tiempo, por parte del mismo personal encargado del embellecimiento de la rosa, para el llenado de los depósitos.

Debido a que estos instrumentos pasan la mayor parte del día con la mezcla adhesiva, para evitar que se seque el pegamento en la punta de la jeringa, se sumergen, constantemente en un recipiente con agua para que el dispositivo no se llegue a deteriorar debido a su exposición al aire y su consecuente secado con el pegamento interno (ver Fig. 4.6)



Fig. 4. 6 Jeringas depositadas en agua.

Todo este proceso se lleva a cabo cuidadosamente debido a la fragilidad del botón, por lo que su manipulación siempre se debe dar desde un apéndice ubicado en la parte inferior de la rosa (ver Fig.4.4-a), el cuál además de brindar soporte, ayuda en su posterior

empaque y almacenamiento individual.

#### 4.1.5 Empaque y almacenamiento

Finalmente, las rosas ya maquilladas y aprobadas por el control de calidad regido en la empresa se proceden a almacenar en recipientes individuales con el acompañamiento de etiquetas que llevan el registro de cada una; asimismo, como un historial de todo su recorrido en la planta, para brindar una garantía a los clientes. Todo su almacenamiento se realiza en condiciones óptimas de humedad y temperatura, evitando la exposición directa a la luz solar para conservar su aspecto. Posteriormente, las rosas terminadas son dispuestas en un empaque según el pedido del cliente para su comercialización y correspondiente distribución.



Fig. 4. 7 Rosas preservadas listas para su comercialización [2].

## 4.2 Diseño del sistema de dosificación

### 4.2.1 Especificaciones del sistema a diseñar

A continuación, se describen las especificaciones del sistema en el cual diseñar. Cabe mencionar que las mismas fueron establecidas, de forma global por la empresa,

considerando criterios de eficiencia, mantenimiento, costo y facilidad de integración. Las estaciones de maquillado manejan unas dimensiones aproximadas de uso en la planta de 180 cm de altura, 92 cm de ancho y 52 cm de espesor, de las cuales se dividen en dos tipos: aquellas que cuentan con solamente un piso (6 módulos), y las de dos pisos (2 módulos). Además, en la parte superior se ubican luminarias colgantes que tienen 125 cm de largo, 5 cm de espesor, y 5 cm de altura. De manera que, la superficie de trabajo del operario consta de una superficie rectangular comprendida por 46 cm de largo y 36 cm de ancho, esta proporción se logra dar debido a que estas estaciones manejan un ángulo de inclinación en cada una de aproximadamente 15 grados, estando todas ubicadas a 100 cm del suelo.

Para facilitar el proceso de diseño, se han dividido las búsquedas de soluciones en tres partes fundamentales: El tanque de almacenamiento, sistema de transporte del fluido y el dosificador. Así como, se hace una selección de los criterios y restricciones globales para cada una de estas partes.

#### 4.2.2 Propuestas de soluciones para el tanque de almacenamiento

La tabla 4.1, muestra los criterios y restricciones seleccionados para el diseño del tanque de almacenamiento.

Tabla 4. 1 Criterios y restricciones que debe cumplir el diseño del tanque de almacenamiento.

CRITERIOS	RESTRICCIONES
C1: Bajo coste	R1: Precio inferior a \$150
C2: Facilidad de uso	R2: Piezas modulares
C3: Materiales y resistencia	R3: Sistema hermético
C4: Tamaño cómodo	R4: Tamaño menor a 500×500×500 mm
C5: Capacidad de almacenamiento	R5: Capacidad mínima de 500 litros.

#### *Solución T1: Tanque comercial*

La Fig. 4.8, muestra un tanque con dimensiones de 100 mm de altura y 54 mm de

diámetro. Este reservorio ofrece una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 220 cm<sup>3</sup> del pegamento. Con una entrada única (1) y dos salidas (2) se puede tener una distribución controlada del fluido hacia el sistema de dosificación. Su estructura rígida y modular (3) facilita su integración dentro de las estaciones de trabajo. Su proceso de fabricación tiene una complejidad media y su diseño compacto lo hace adecuado para aplicaciones donde el espacio es reducido y se necesite control del volumen.

### ***Solución T2: Tanque comprimible***

La principal característica de este tanque (ver Fig. 4.9) es que su pared hermética (1) está fabricada en material polimérico con propiedad elástica. Además de un cáncamo (2) en su tapa superior (3) para colgar al tanque en un gancho.

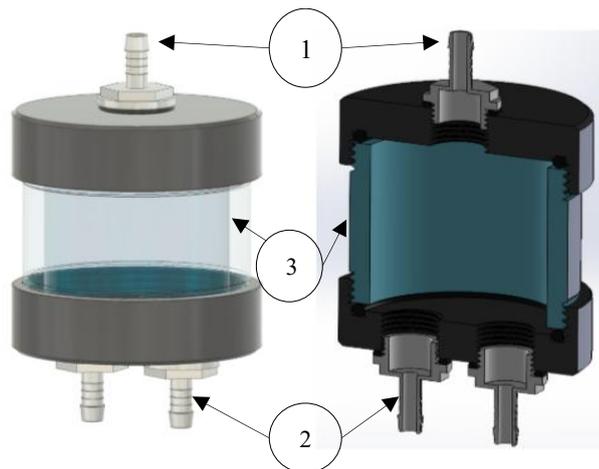


Fig. 4. 8 Solución T1. Tanque comercial.

Con 180 mm de diámetro y 113 mm de altura, ofrece una capacidad aproximadamente 2870 cm<sup>3</sup>; lo que lo convierte en una opción adecuada para usos de dosificación con mayor capacidad. Su proceso de fabricación posee una complejidad media. Asimismo, su diseño anaeróbico garantiza la conservación de las propiedades del pegamento utilizado en la industria sin necesidad de sacrificar horas de mantenimiento.

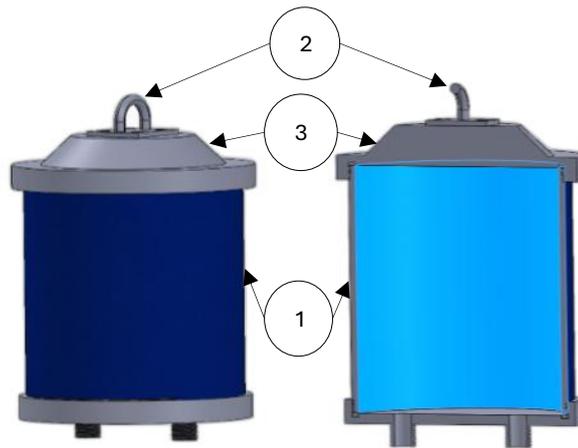


Fig. 4. 9 Solución T2. Tanque comprimible

### ***Solución T2: Tanque reciclado***

Este tanque ofrece una solución adaptable y económica para sistemas de dosificación de líquidos. Su característica principal es su tamaño variable, el cual permite ajustarse a diferentes capacidades de líquido según las necesidades del operador. Con una entrada y salida únicas, el diseño modular e intercambiable facilita su utilización en la planta. La capacidad de ser reciclado, lo convierte en una opción eficiente y ecológica. Su estructura flexible asegura un almacenamiento anaeróbico evitando que el líquido se seque.



Fig. 4. 10 Solución T3. Tanque reciclado [31].

### **4.2.3 Partes para la solución del sistema de transporte**

Similar a lo realizado para el diseño de los tanques, la tabla 4.2 muestra los criterios y restricciones seleccionados para el diseño del sistema de transporte.

Tabla 4. 2 Criterios y restricciones que debe cumplir el diseño del sistema de transporte.

CRITERIOS	RESTRICCIONES
C1: Bajo coste	R1: Precio inferior a \$150
C2: Facilidad de manejo	R2: Piezas modulares
C3: Materiales y resistencia	R3: Sistema hermético
C4: Tamaño cómodo	R4: Fácil mantenimiento
C5: Seguridad durante su uso	R5: Control preciso del flujo

***Componente P1: Manguera de polietileno de 6,35 mm (1/4") multiuso***

Opción versátil y resistente con un diámetro de 6,35 mm (1/4"), la hace adecuada para el transporte controlado de líquidos de baja a media viscosidad, como el pegamento, garantizando una distribución precisa (véase Fig. 4.11). Fabricada con polietileno es ideal para ambientes donde se manejan productos químicos o fluidos especiales. Su flexibilidad y facilidad de instalación permiten adaptarse a diversas configuraciones de sistemas, ofreciendo una opción económica y eficiente para asegurar un flujo constante y seguro en el proceso de dosificación.



Fig. 4. 11 Componente P1. Manguera de polietileno de 6,35 mm de diámetro (¼ de pulgada) [36].

***Componente P2: Manguera termo retráctil***

La Fig. 4.12, muestra un ejemplo de una manguera termo retráctil, de uso industrial, como solución eficaz para el sellado y aislamiento de oxígeno, específicamente al final de la aguja de dosificación. Al aplicar calor, el material se contrae, ajustándose perfectamente a las superficies y componentes en contacto lo que proporciona un sellado hermético y seguro. Su capacidad para adaptarse a diferentes formas la hacen especialmente útil en conjunto con su capacidad para deformarse plásticamente sin romperse. Esta capacidad de expansión y contracción la convierte en una opción ideal para la elaboración de

sistemas sellados antirretorno.



Fig. 4. 12 Componente P2. Manguera termo retráctil de diferentes tamaños [37]

### ***Componente P3: Válvula antirretorno***

Un componente esencial para evitar el retroceso de líquidos son las válvulas antirretornos (tipo check). En la Fig. 4.13 se observa que la válvula está diseñada para garantizar un flujo unidireccional impidiendo que regrese al sistema y evitando fallos en el proceso de dosificación. La misma está fabricada con materiales resistentes a la corrosión y al desgaste, ideal para aplicaciones en sistemas donde se manejan líquidos de constante flujo. Su diseño compacto y sencillo, similar al utilizado en acuarios, permite una instalación fácil y una operación confiable, protegiendo tanto el equipo como el flujo continuo del fluido en el sistema.



Fig. 4. 13 Componente P3. Válvula Antirretorno [38]

### ***Componente P4: Válvula de sonda Foley (Modificada)***

La Fig. 4.14, muestra una válvula de sonda Foley compuesta de un obturador de paso sencillo y un acople para bolsas Doypack. Con un diseño simple, esta válvula permite abrir o cerrar, de forma manual, el paso del fluido en función de las necesidades del proceso, garantizando una regulación precisa y confiable. Su mecanismo básico de acción

facilita su mantenimiento y operación, lo que la convierte en una opción económica para aplicaciones donde se requiere un control de flujo. Debido a su sistema de acople roscado se garantiza una distribución controlada, segura y hermética, del líquido optimizando el rendimiento y reduciendo riesgos de fugas o bloqueos en el sistema.



Fig. 4. 14 Componente P4. Válvula de sonda Foley [39]

#### 4.2.4 Propuestas de soluciones para el dosificador

Continuando con la misma metodología anterior, la tabla 4.3 presenta los criterios y restricciones seleccionados para el diseño del sistema de dosificación del pegamento. Posteriormente, se mostrarán todas las alternativas de solución desarrolladas para el dosificador.

Tabla 4. 3 Criterios y restricciones que debe cumplir el diseño del dosificador.

CRITERIOS	RESTRICCIONES
C1: Bajo coste	R1: Precio inferior a \$150
C2: Facilidad de uso	R2: Piezas modulares
C3: Viabilidad de fabricación	R3: Sistema hermético
C4: Tamaño cómodo	R4: Tamaño menor a 150×150×60 mm
C5: Capacidad de almacenamiento	R5: Repuestos accesibles
C6: Precisión	R6: Facilidad de mantenimiento
C7: Comodidad en su control	

#### ***Solución D1: Dosificador de tipo jeringa***

Se muestra en la Fig. 4.15, la propuesta de un dosificador tipo jeringa con dimensiones de 120×20×20 mm. Se toma como base el instrumentado actual proponiéndose una mejora basada en una entrada de alimentación continua de pegamento (1). La forma

ergonómica del dispositivo favorece una manipulación precisa y rápida cuando se quiera dosificar el pegamento. Asimismo, su configuración anaeróbica asegura la adecuada conservación de la goma, minimizando el riesgo de secado. El contiene un resorte (2) que permite la succión automática y la facilidad de accionamiento (3) por un operario. Esto lo convierte en una opción viable para producción en serie y a bajo coste.

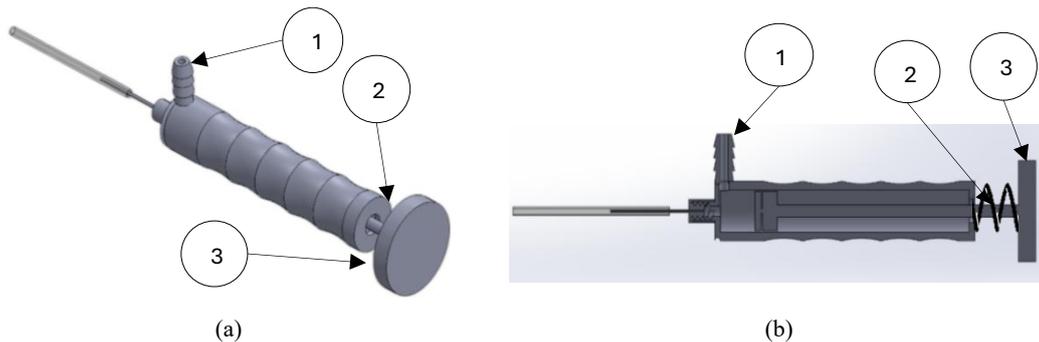


Fig. 4. 15 Solución D1. Dosificador de tipo jeringa, (a) vista isométrica, (b) corte de la vista lateral.

***Solución D2: Dosificador tipo lápiz***

Se observa en la Fig. 4.16 la segunda solución denominada dosificador tipo lápiz. Con dimensiones de 100×15×15 mm, se destaca por su diseño delgado y ligero, lo cual mejora significativamente la maniobrabilidad del operador durante jornadas prolongadas. Su construcción modular y su bajo nivel de complejidad de fabricación lo convierten en una opción ideal para producciones a gran escala, sin comprometer la facilidad de mantenimiento ni el acceso a repuestos. Además, su diseño anaeróbico permite un almacenamiento eficiente del pegamento sin riesgo de secado. Su bajo coste y rendimiento preciso lo posicionan como una solución técnica eficiente para tareas que demandan dosificación controlada en el maquillado de flores. Se compone por una cámara para almacenar el pegamento (1) y una salida hacia una aguja de dosificación (2) y una entrada para una alimentación continua (3).

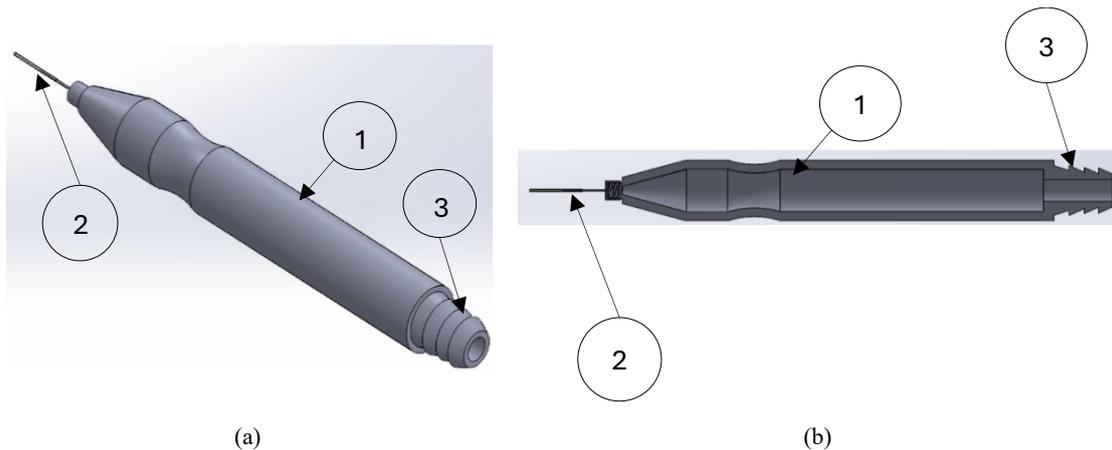


Fig. 4.16 Solución D2. Dosificador tipo lápiz (a) vista isométrica, (b) corte de la vista lateral.

### ***Solución D3: Dosificador tipo pistola***

La tercera solución denominada dosificador tipo pistola (véase la Fig. 4.17) busca una alternativa ergonómica, robusta y precisa para la dosificación de pegamento. Su diseño, con dimensiones de 152×105×15 mm, incluye una empuñadura de accionamiento (1) cómodo y ergonómico que favorece la repetibilidad en la operación, reduciendo la fatiga durante el uso prolongado. El dispositivo contiene un émbolo (2) que se encarga de impulsar el líquido hacia la aguja (3) de dosificación. Adicionalmente, puede observarse que la pistola cuenta con una entrada (4) que permite la alimentación continua del pegamento hacia la pistola. Además, al igual que las otras opciones, su diseño anaeróbico preserva las propiedades del adhesivo en reposo. Este dosificador ofrece un equilibrio entre precisión, tamaño, comodidad y facilidad de uso, ubicándose como una herramienta versátil en entornos industriales que requieren ciclos de uso constantes.

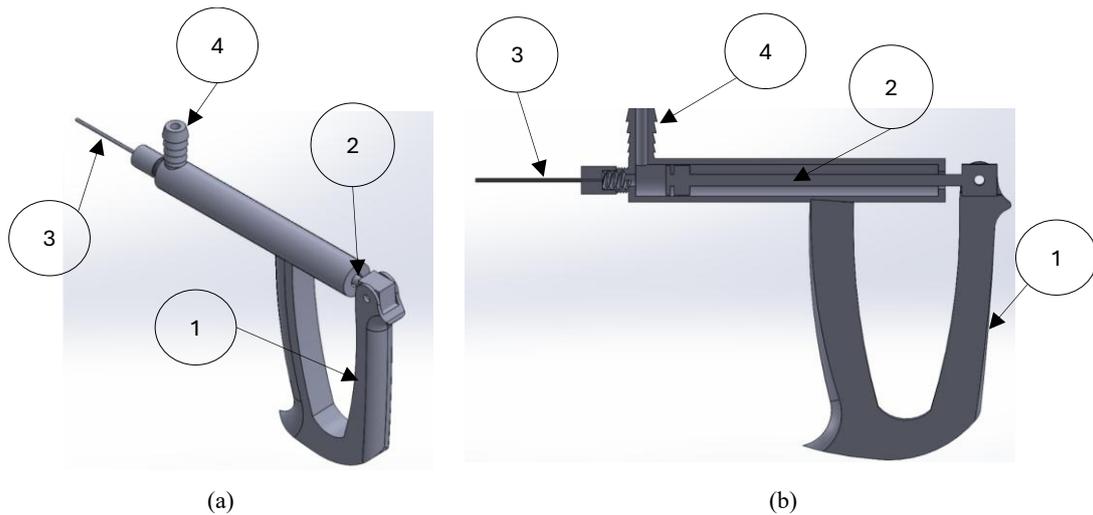


Fig. 4. 17 Solución D3. Dosificador tipo pistola (a) vista isométrica, (b) corte de la vista lateral.

#### ***Solución D4: Dosificador de tipo pinza***

El dosificador de tipo pinza, mostrado en la Fig. 4.18, corresponde a un diseño novedoso que brinda una mayor comodidad y facilidad en su uso sin sacrificar su simplicidad operativa. Con un diseño de 120×40×15 mm, ofrece un mecanismo de tipo palanca (1) se apoya bajo el uso de resortes (2) y elementos móviles (3), integrados en un cuerpo cilíndrico (4) que permiten una dosificación progresiva mediante un mecanismo de empuje manual. Su sistema facilita un accionamiento, con el atractivo de utilizar a la misma manguera de conexión del tanque de almacenamiento, al dosificador, como un pequeño tanque de almacenaje. Esta configuración abre las puertas a una distribución completamente anaeróbica y hermética, al no tener ningún tipo de contacto con el pegamento juega con muchas ventajas a su favor, como pueden ser: la nula necesidad de mantenimiento o un sellado mucho más limpio en la administración de adhesivo. Su apartado semicircular en su extremo inferior (5) además permite la ubicación de una válvula check de tipo acuario (Fig. 4.13) para su correcto funcionamiento en la dosificación. Por último, su construcción modular presenta una alternativa accesible para entornos productivos equilibrándose con su alta complejidad de fabricación.

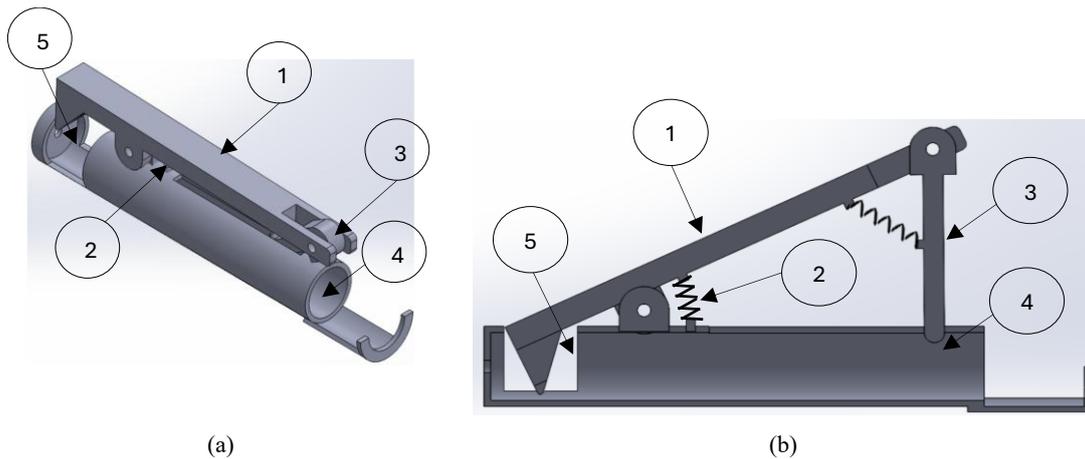


Fig. 4. 18 Solución D4. Dosificador tipo pinza(a) vista isométrica, (b) corte de la vista lateral.

### ***Solución D5: Dosificador de tipo pera***

La solución mostrada en la Fig. 4.19 ofrece un equilibrio entre una estructura ligera, funcional, barata y confortable para la dosificación de pegamento. Con un diseño ergonómico de 150×55×55 mm, se basa en una cámara flexible de compresión manual (1), este modelo facilita la expulsión del pegamento a través de una boquilla delgada ubicada en un extremo del cuerpo principal (2), permitiendo así al operador tener un control visual y táctil durante el proceso de dosificación. Su extremada simplicidad estructural y de bajo costo, lo convierten en una opción ideal para entornos que buscan estas características. Además, el diseño sellado contribuye a preservar las propiedades del adhesivo en reposo, evitando obstrucciones o secado del pegamento. Este dosificador destaca por su simplicidad en componentes como por su facilidad de uso, mantenimiento mínimo y adaptabilidad a diferentes viscosidades de la goma.

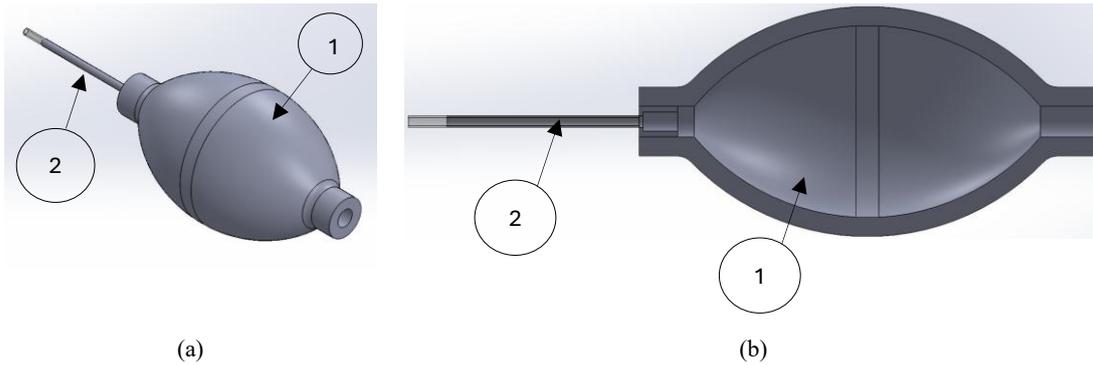


Fig. 4. 19 Solución D5. Dosificador tipo pera (a) vista isométrica, (b) corte de la vista lateral.

#### 4.2.5 Selección de la mejor solución

Luego de haber realizado un análisis detallado a cada una de las alternativas de solución, aunado a distintas pruebas experimentales a las que fueron sometidas (véase el anexo A1), se realiza una exposición de los resultados obtenidos a la gerencia de la florícola “Hoja Verde” (ver Fig. 4.20).



Fig. 4. 20 Exposición de las soluciones a la gerencia de la empresa.

Se presentan cada una de las soluciones con sus principales características, ventajas y desventajas con el propósito de garantizar que las alternativas cumplan con los requerimientos del cliente y, asimismo, del ingeniero; Luego de una serie de discusiones con críticas constructivas, entre el personal empresarial y académico, se destacan características de precisión, ergonomía, facilidad de fabricación, mantenimiento, no

utilización de sistema de bombeo y costo, para finalmente seleccionar la solución definitiva, tales como:

- Solución T2: Tanque reciclado.
- Parte P1: Manguera de polietileno de 6,35 mm (1/4") multiuso.
- Parte P2: Manguera termo retráctil.
- Parte P3: Válvula antirretorno.
- Parte P4: Válvula de sonda Foley (Modificada).
- Solución D5: Dosificador de tipo pera.

La Fig. 4.21-a muestra el conjunto armado del dispensador seleccionado. Consta de un tanque, válvulas, manguera y dosificador. Asimismo, se caracteriza por garantizar que el pegamento permanezca anaeróbico para evitar el secado de este. Su configuración ergonómica favorece su uso continuo; además, con un coste de fabricación accesible, repuestos disponibles y bajo una construcción de complejidad baja o nula, esta propuesta se consolida como una opción técnicamente viable y sostenible para su implementación en entornos industriales. La Tabla 4.4, muestra los componentes que conforman la solución, de acuerdo con la vista explosionada mostrada en la Fig. 4.21-b.

Tabla 4. 4 Componentes de sistema dosificador de pegamento.

Componente N°	Cantidad	Denominación
1	1	Bolsa doypack
2	1	Émbolo
3	1	Manguera (1/4")
4	1	Manguera termo retráctil
5	1	Aguja de aire
6	1	Dosificador de tipo pera
7	1	Válvula check de tipo acuario
8	1	Válvula de paso (modificada)

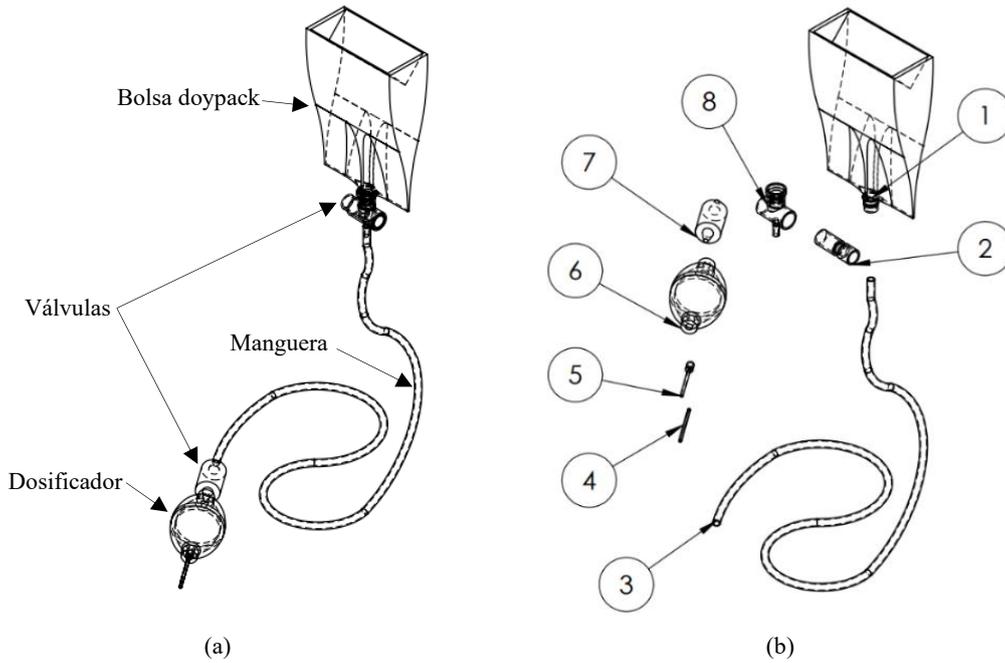


Fig. 4. 21 Ensamble de sistema de dosificación de pegamento seleccionado, (a) conjunto armado de la solución, (b) vista en explosión de la solución.

#### 4.2.6 Cálculos analíticos

Una vez detallada la solución definitiva se proceden a realizar los cálculos de ingeniería, específicamente del comportamiento dinámico del fluido (pegamento) en el sistema de transporte donde se incluyen las válvulas y accesorios. El propósito es determinar la actuación del pegamento desde la fuente (bolsa doypack) hasta el destino (la aguja de aire).

#### *Comportamiento del pegamento:*

Se inician los cálculos con la realización de una prueba experimental del comportamiento de la mezcla del pegamento ante el medio ambiente. Para ello se depositó en un vaso precipitado de 100 ml el fluido con una composición de 50% pega y 50% agua. La Tabla 4.5 muestra un resumen los resultados experimentales donde se obtienen algunas propiedades físicas.

Posteriormente, se deja la mezcla en la intemperie durante 800 minutos y se procede a pesar, cada cinco (5) minutos, el vaso junto con el pegamento. La gráfica mostrada en la

Fig. 4.22, muestra el comportamiento del pegamento al estar en contacto con el medio ambiente.

Tabla 4. 5 Propiedades físicas de la mezcla del pegamento.

Componente	Cantidad	Unidad
Peso del vaso precipitado	115	g
Mezcla pega 50-50 + vaso	210	g
Mezcla pega 50-50	95	g
Volumen de la mezcla	100	ml
Densidad inicial del pegamento	0,95	g/ml
Masa del soluto	20	g
Masa del solvente	75	g
Volumen final del soluto	37	cm <sup>3</sup>

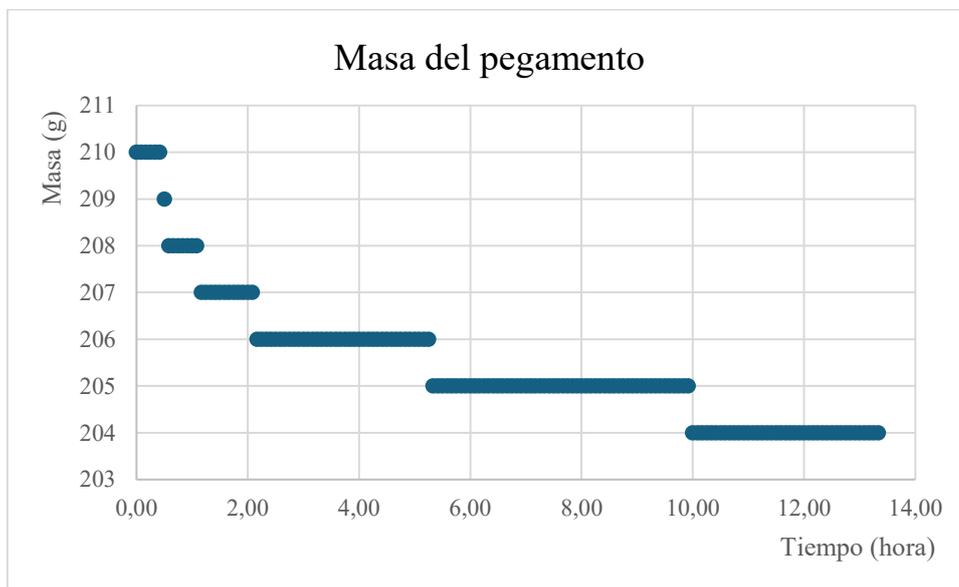


Fig. 4. 22 Masa del pegamento vs. tiempo en la intemperie.

*Propiedades físicas del pegamento:*

Tal como se dijo en el punto 4.2.5, uno de los requerimientos de la gerencia de la empresa “Hoja Verde”, es la no utilización de sistema de bombeo. Por lo tanto, se realiza el estudio del fluido (diseño y análisis) usando la ecuación de Bernoulli o energía del fluido (Ec. 2.4) adaptada, donde se incluyen las pérdidas de carga en la conducción del fluido.

De acuerdo con la Fig. 4.23 puede observarse que no hay aporte externo de energía (no posee bomba). Asimismo, considerando que la presión atmosférica actúa en ambos extremos los términos de presión pueden cancelarse. Por lo tanto, se reduce la Ec. 4.1 en la Ec. 4.2, siendo la expresión que permite calcular la altura mínima donde se garantiza

un flujo másico de pegamento.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + y_1 + h_A - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + y_2 \quad \text{Ec. 4.1}$$

Donde:

$P_1, P_2$  = presión en los puntos de entrada y salida del sistema (Pa).

$v_1, v_2$  = velocidad del fluido (m/s).

$y_1, y_2$  = cotas de altura (m).

$h_A$  = energía adicionada (no presente en este sistema, ya que no hay bomba) (N·m/N).

$h_L$  = pérdidas de energía por fricción y accesorios (N·m/N).

$\gamma$  = peso específico del fluido (N/m<sup>3</sup>).

$g$  = aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>).

$$y_1 = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_L \quad \text{Ec. 4.2}$$

Esta forma indica que la altura inicial disponible (energía potencial) se transforma en energía cinética más pérdidas por fricción y accesorios, siendo ideal para representar sistemas gravitacionales como el de la bolsa dosificadora.

Para llevar a cabo los cálculos de la energía del fluido se procede a investigar sobre algunas características físicas de la mezcla, mostrada en la Tabla 4.6.

Tabla 4. 6 Algunas propiedades físicas de la mezcla [32].

Propiedad	Cantidad	Unidad
Densidad inicial del pegamento ( $\rho$ )	0,95	g/ml
	950	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del pegamento ( $\gamma$ )	9,32	kN/m <sup>3</sup>
Viscosidad dinámica ( $\mu$ )	2,00	cP
	$2,00 \times 10^{-03}$	Pa·s
Viscosidad cinemática ( $\nu$ )	$2,11 \times 10^{-06}$	m <sup>2</sup> /s

La Fig. 4.23, muestra los componentes del sistema, los cuales constan de:

- Una *bolsa tipo doypack* situada a una altura  $h$ , donde se almacena el pegamento.
- *Válvulas de retención y check*, con su coeficiente de resistencia propio del accesorio o la válvula (K).

- Una *tubería de plástico* cuyas características físicas se muestran en la Tabla 4.7, por donde fluye el pegamento debido a la acción de la gravedad.
- Una *aguja de salida* (véase Tabla 4.7) y una *pera* dosificadora y que forman el extremo final del sistema.

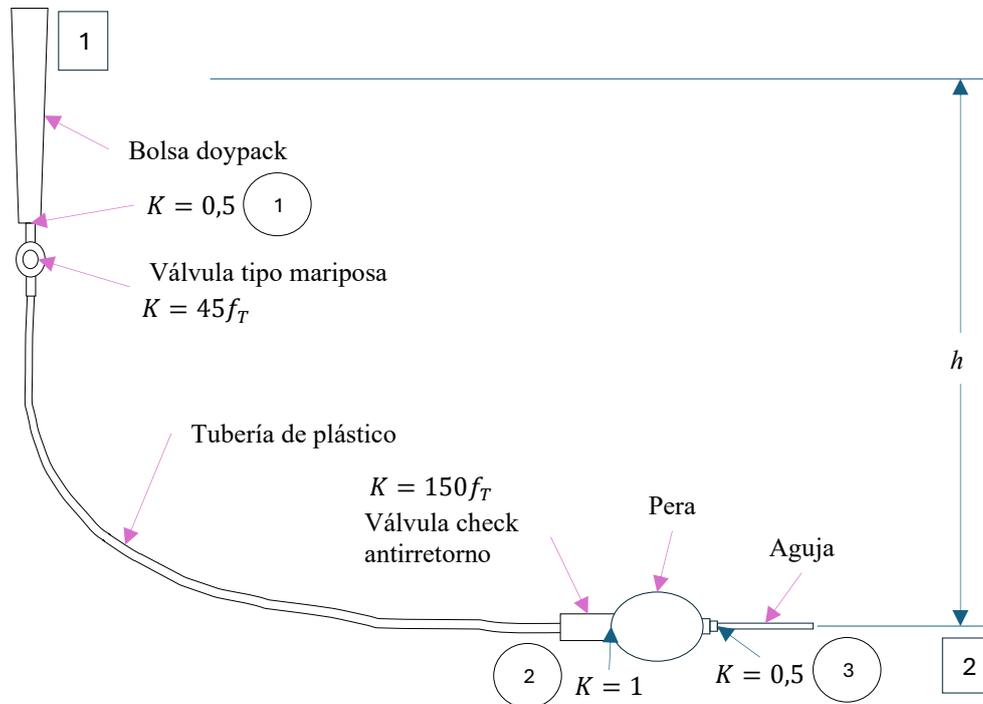


Fig. 4. 23 Modelo del sistema junto con las válvulas y accesorios con sus coeficientes de resistencia.

Tabla 4. 7 Característica física de la tubería de plástico y la aguja.

Propiedad	Cantidad	Unidad
Diámetro interno de la tubería de plástico ( $D_i$ )	$6,35 \times 10^{-03}$	m
Área de la sección transversal de la tubería de plástico ( $A$ )	$3,17 \times 10^{-05}$	$m^2$
Diámetro interno de la aguja ( $D_i$ )	$1,10 \times 10^{-03}$	m
Área de la sección transversal de la aguja ( $A$ )	$9,50 \times 10^{-07}$	$m^2$

### ***Determinación de la pérdida de energía del sistema ( $h_L$ )***

Para determinar la altura mínima ( $y_1$ ) en la que deba ubicarse la bolsa doypack y se garantice el flujo másico del pegamento, se aplica la Ec. 2.5.

Para ello, se requieren determinar las pérdidas de energía del sistema por fricción en las tuberías o pérdidas menores por válvulas y otros accesorios ( $h_L$ ) la cual se calcula usando

la Ec. 4.3, siendo la suma de tres componentes (pérdidas en tuberías, accesorios y válvulas):

$$h_L = h_L(\text{tuberías}) + h_L(\text{accesorios}) + h_L(\text{válvulas}) \quad \text{Ec. 4.3}$$

$$h_L = h_{LT} + h_{LA} + h_{LV}$$

*Cálculo de la pérdida de energía por fricción en la tubería de plástico ( $h_{LT}$ ):*

La Ec. 4.4, conocida como la ecuación de Darcy-Weisbach, permite calcular las pérdidas en tuberías. La misma está como función del factor de fricción, longitud y diámetro interno de la tubería, velocidad del fluido y aceleración de la gravedad.

$$h_{LT} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ec. 4.4}$$

Donde:

$h_{LT}$  = pérdida de energía por fricción en la tubería (N·m/N).

$f$  = factor de fricción (adimensional).

$L$  = longitud de la tubería (m).

$D$  = diámetro interno de la tubería (m).

$v$  = velocidad del fluido (m/s).

$g$  = aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>).

La determinación del factor de fricción ( $f$ ), dependerá si el flujo es laminar o turbulento.

Para el caso de flujo laminar (número de Reynolds menor a 2.000), se aplica la ecuación de Hagen-Poiseuille (Ec. 4.5). Caso contrario (número de Reynolds mayor o igual a 4.000), se usa el diagrama de Moody.

$$f = \frac{64}{N_R} \quad \text{Ec. 4.5}$$

Donde:

$f$  = factor de fricción (adimensional).

$N_R$  = número de Reynolds (adimensional).

El número de Reynolds ( $N_R$ ) se puede obtener aplicando la Ec. 4.6:

$$N_R = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad \text{Ec. 4.6}$$

Donde:

$N_R$  = número de Reynolds (adimensional).

$v$  = velocidad del fluido (m/s).

$D$  = diámetro interno de la tubería (m).

$\rho$  = densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>).

$\mu$  = viscosidad dinámica del fluido (Pa·s).

La Tabla 4.8, muestra los resultados de las pérdidas de energía en la tubería de plástico (de 1 metro de longitud y 6,35 milímetros [1/4"] de diámetro) para varios caudales. Puede observarse que, de acuerdo con los ensayos experimentales, el caudal máximo de dosificación del pegamento no excederá los 3,5 ml/s. Por lo que, se hacen los cálculos para un caudal que varía desde 0,5 hasta 3,5 ml/s, con variación de 0,5 ml/s. Asimismo, se observa que el caudal siempre será un flujo laminar (Número de Reynolds menor a 2.000).

Tabla 4. 8 Resultados de la pérdida de energía por fricción en la tubería de plástico para varios caudales.

Caudal		Velocidad	Nº Reynolds	Factor de fricción	Pérdidas por fricción (1 m de tubería de plástico)
ml/s	m <sup>3</sup> /s	m/s	Adimensional	$f$	h <sub>LT</sub> (m)
0,5	5,00×10 <sup>-07</sup>	1,58×10 <sup>-02</sup>	47,62	1,343900632	0,00
1,0	1,00×10 <sup>-06</sup>	3,16×10 <sup>-02</sup>	95,25	0,671950316	0,01
1,5	1,50×10 <sup>-06</sup>	4,74×10 <sup>-02</sup>	142,87	0,447966877	0,01
2,0	2,00×10 <sup>-06</sup>	6,32×10 <sup>-02</sup>	190,49	0,335975158	0,01
2,5	2,50×10 <sup>-06</sup>	7,89×10 <sup>-02</sup>	238,11	0,268780126	0,01
3,0	3,00×10 <sup>-06</sup>	9,47×10 <sup>-02</sup>	285,74	0,223983439	0,02
3,5	3,50×10 <sup>-06</sup>	1,11×10 <sup>-01</sup>	333,36	0,191985805	0,02

*Cálculo de la pérdida de energía por fricción en la aguja de salida (h<sub>LT</sub>):*

Realizando un procedimiento similar al cálculo de pérdidas de energía en la tubería de plástico, se procede realizar los cálculos para la aguja de salida (de 6 cm de longitud y 1,1 milímetros de diámetro). Los resultados se muestran en la Tabla 4.9.

Tabla 4. 9 Resultados de la pérdida de energía por fricción en la aguja para varios caudales.

Caudal		Velocidad	Nº Reynolds	Factor de fricción	Pérdidas por fricción (aguja)
ml/s	m <sup>3</sup> /s	m/s	Adimensional	<i>f</i>	h <sub>LT</sub> (m)
0,5	5,00×10 <sup>-07</sup>	5,26×10 <sup>01</sup>	274,91	0,232801684	0,18
1,0	1,00×10 <sup>-06</sup>	1,05×10 <sup>0</sup>	549,82	0,116400842	0,36
1,5	1,50×10 <sup>-06</sup>	1,58×10 <sup>0</sup>	824,74	0,077600561	0,54
2,0	2,00×10 <sup>-06</sup>	2,10×10 <sup>0</sup>	1.099,65	0,058200421	0,72
2,5	2,50×10 <sup>-06</sup>	2,63×10 <sup>0</sup>	1.374,56	0,046560337	0,90
3,0	3,00×10 <sup>-06</sup>	3,16×10 <sup>0</sup>	1.649,47	0,038800281	1,08
3,5	3,50×10 <sup>-06</sup>	3,68×10 <sup>0</sup>	1.924,38	0,033257383	1,25

Dado que se trata de un orificio estrecho, se presentan pérdidas de mayor magnitud.

*Cálculo de la pérdida de energía por accesorios (h<sub>LA</sub>):*

De acuerdo con la Fig. 4.23, pueden observarse tres accesorios importantes: (1 y 3) *Entrada con bordes afilados* (ver Fig. 4.24-a) y (2) *Salida con bordes afilados* (ver Fig. 4.24-b). Los coeficientes de resistencia K, son 0,5 y 1, respectivamente [ [33]; [34]].

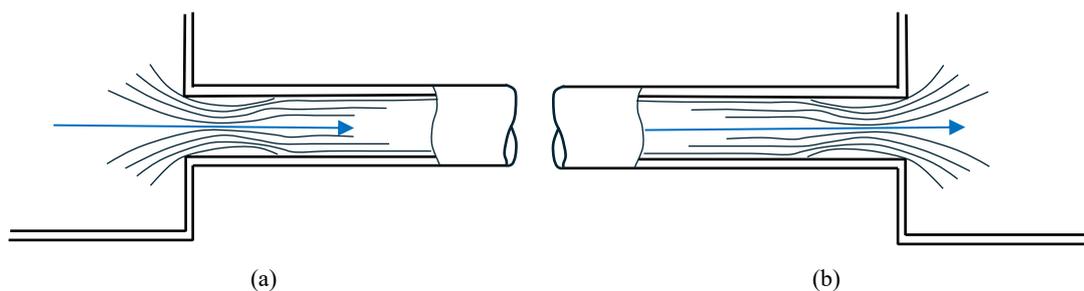


Fig. 4. 24 Coeficiente de resistencia de los accesorios usados en la solución, (a) entrada con bordes afilados (K=0,5), (b) salida con bordes afilados (K=1).

El cálculo de las pérdidas de energía por fricción para válvulas y accesorios se obtiene aplicando la Ec. 4.7. La misma está como función del coeficiente de resistencia de la válvula o el accesorio, velocidad del fluido y aceleración de la gravedad.

$$h_{L_{V\&A}} = K \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ec. 4.7}$$

Donde:

$h_{L_{V\&A}}$  = pérdida de energía por fricción en la válvula o el accesorio (N·m/N).

K = coeficiente de resistencia de la válvula o el accesorio (adimensional).

v = velocidad del fluido (m/s).

g = aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>).

El coeficiente de resistencia total de los accesorios es de  $K = 2$ ; debido a que son dos *entradas con bordes afilados* (2·0,5) y una *salida con bordes afilados* (1·1). Aplicando la Ec. 4.7, la Tabla 4.10 resume los cálculos para distintos caudales.

*Cálculo de la pérdida de energía por válvulas ( $h_{LV}$ ):*

De igual manera, la Fig. 4.23, muestra dos válvulas. Un tipo *mariposa* (ver Fig. 4.25-a) a la salida de la *bolsa doypack* y un tipo *check antirretorno* (ver Fig. 4.25-b) antes de la entrada de la *pera*. Los coeficientes de resistencia K, son  $45f_T$  y  $150f_T$ , respectivamente [33]; [34].

Tabla 4. 10 Resultados de la pérdida de energía por accesorios para varios caudales.

Caudal		Velocidad	Pérdidas en accesorios
ml/s	m <sup>3</sup> /s	m/s	$h_{LA}$ (m)
0,5	$5,00 \times 10^{-07}$	$5,26 \times 10^{01}$	$2,82 \times 10^{-02}$
1,0	$1,00 \times 10^{-06}$	$1,05 \times 10^0$	$1,13 \times 10^{-01}$
1,5	$1,50 \times 10^{-06}$	$1,58 \times 10^0$	$2,54 \times 10^{-01}$
2,0	$2,00 \times 10^{-06}$	$2,10 \times 10^0$	$4,52 \times 10^{-01}$
2,5	$2,50 \times 10^{-06}$	$2,63 \times 10^0$	$7,05 \times 10^{-01}$
3,0	$3,00 \times 10^{-06}$	$3,16 \times 10^0$	1,02
3,5	$3,50 \times 10^{-06}$	$3,68 \times 10^0$	1,38

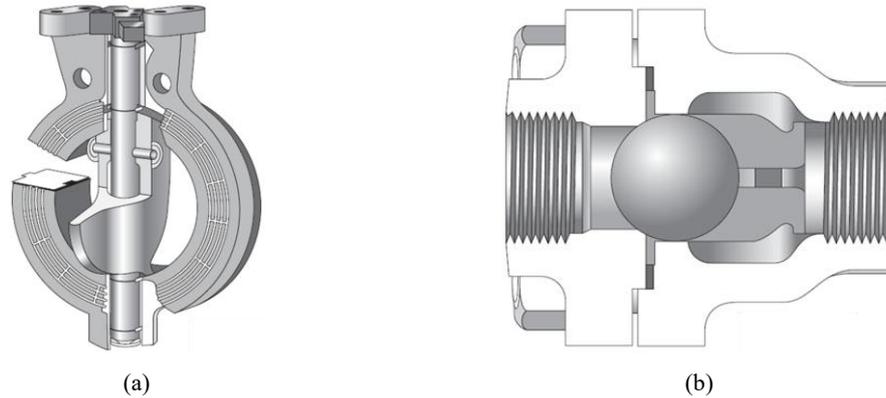


Fig. 4. 25 Coeficiente de resistencia de las válvulas usadas en la solución, (a) válvula tipo mariposa ( $K=45f_T$ ), (b) válvula tipo check antirretorno ( $K=150f_T$ ) [33].

Es importante recalcar que el término  $f_T$  que aparece en la ecuación del coeficiente de resistencia para las válvulas corresponde al factor de fricción en un estado completamente turbulento. Este se calcula usando el diagrama de Moody y la rugosidad relativa ( $D/\varepsilon$ ); donde  $D$  es el diámetro interno nominal de la válvula y  $\varepsilon$  corresponde a la rugosidad del material el cual está fabricada la válvula. Para el caso particular de esta investigación,  $D = 6,35 \times 10^{-3}$  m y  $\varepsilon = 3,0 \times 10^{-7}$  m [33]; [34]. El resultado de la rugosidad relativa ( $D/\varepsilon$ ) es 21.166,67. Con este valor, usando el diagrama de Moody, el factor de fricción completamente turbulento ( $f_T$ ) resulta ser de aproximadamente 0,011. Por último, el coeficiente de resistencia de la válvula mariposa es 0,495 ( $45 \cdot 0,011$ ) y el de la válvula check es 1,65 ( $150 \cdot 0,011$ ). Con estos resultados se aplica la Ec. 4.7 y se proporciona la Tabla 4.11 como resumen los cálculos de pérdida de energía en válvulas para distintos caudales.

Tabla 4. 11 Resultados de la pérdida de energía por válvulas para varios caudales.

Caudal		Velocidad	Pérdidas en válvulas
ml/s	m <sup>3</sup> /s	m/s	$h_{LV}$ (m)
0,5	$5,00 \times 10^{-7}$	52,6	0,0303
1,0	$1,00 \times 10^{-6}$	1,05	0,121
1,5	$1,50 \times 10^{-6}$	1,58	0,272
2,0	$2,00 \times 10^{-6}$	2,10	0,484
2,5	$2,50 \times 10^{-6}$	2,63	0,757
3,0	$3,00 \times 10^{-6}$	3,16	1,09
3,5	$3,50 \times 10^{-6}$	3,68	1,48

Una vez realizados todos los cálculos de pérdidas en tuberías, válvulas y accesorios, se suman y se determina la pérdida de energía del sistema ( $h_L$ ). La Tabla 4.12, resume los cálculos de las pérdidas totales.

Tabla 4. 12 Resultados de la pérdida de energía del sistema para varios caudales.

Caudal		Pérdidas por fricción (1 m tubería)	Pérdidas por fricción (aguja)	Pérdidas en accesorios	Pérdidas en válvulas	Pérdidas totales ( $h_L$ )
(ml/s)	( $m^3/s$ )	$h_{LT}$ (m)	$h_{LT}$ (m)	$h_{LA}$ (m)	$h_{LV}$ (m)	(m)
0,5	$5,00 \times 10^{-07}$	0,00	0,18	0,03	0,03	0,24
1,0	$1,00 \times 10^{-06}$	0,01	0,36	0,11	0,12	0,60
1,5	$1,50 \times 10^{-06}$	0,01	0,54	0,25	0,27	1,07
2,0	$2,00 \times 10^{-06}$	0,01	0,72	0,45	0,48	1,66
2,5	$2,50 \times 10^{-06}$	0,01	0,90	0,71	0,76	2,37
3,0	$3,00 \times 10^{-06}$	0,02	1,08	1,02	1,09	3,20
3,5	$3,50 \times 10^{-06}$	0,02	1,25	1,38	1,48	4,14

#### *Cálculo de altura requerida (h)*

Tal como se mencionó anteriormente, la Ec. 4.2, es la expresión que permite calcular la altura mínima ( $h$ ), mejor dicho,  $y_1$  para una referencia de  $y_2 = 0$ ; donde se garantiza el caudal especificado de pegamento. La Tabla 4.13, proporciona los resultados de la altura que debe ubicarse la bolsa doypack. Asimismo, la Fig. 4.26, muestra la representación gráfica de los resultados de la Tabla 4.13.

Tabla 4. 13 Altura que debe ubicarse la bolsa doypack para obtener el caudal especificado.

Caudal		Velocidad entrada (1)	Velocidad salida (2)	Pérdidas totales ( $h_L$ )	$h$ ( $y_1$ )
(ml/s)	( $m^3/s$ )	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)
0,5	$5,00 \times 10^{-07}$	$1,58 \times 10^{-02}$	$5,26 \times 10^{-01}$	0,24	0,25
1,0	$1,00 \times 10^{-06}$	$3,16 \times 10^{-02}$	$1,05 \times 10^0$	0,60	0,65
1,5	$1,50 \times 10^{-06}$	$4,74 \times 10^{-02}$	$1,58 \times 10^0$	1,07	1,20
2,0	$2,00 \times 10^{-06}$	$6,32 \times 10^{-02}$	$2,10 \times 10^0$	1,66	1,89
2,5	$2,50 \times 10^{-06}$	$7,89 \times 10^{-02}$	$2,63 \times 10^0$	2,37	2,72
3,0	$3,00 \times 10^{-06}$	$9,47 \times 10^{-02}$	$3,16 \times 10^0$	3,20	3,70
3,5	$3,50 \times 10^{-06}$	$1,11 \times 10^{-01}$	$3,68 \times 10^0$	4,14	4,83

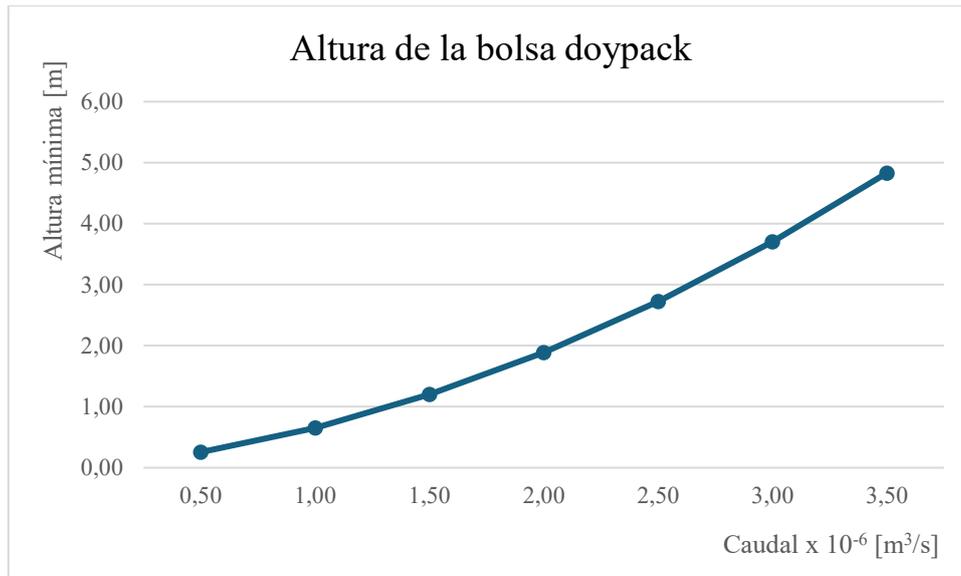


Fig. 4. 26 Representación gráfica de la altura de la bolsa doypack para garantizar un caudal específico.

#### 4.2.7 Cálculos numéricos con programa computacional de manejo de fluidos

Para una verificación de los cálculos realizados se llevó a cabo una simulación numérica de los componentes rediseñados (5, 6 y 8 de la Fig. 4.21-b) usando Flow Simulation de SolidWorks. Mediante un análisis de dinámica de fluidos computacional (CFD) se logra visualizar el comportamiento del flujo en el interior de cada componente bajo una representación de las condiciones operativas del sistema de dosificación. Para ello, se usa la metodología establecida para la simulación de CFD basada en el método de los elementos finitos, la cual consiste en establecer: los parámetros globales, y luego para cada componente se establecen las condiciones de límites y metas (condiciones de borde) y se obtienen los resultados.

##### *Parámetros globales*

Se inicia con la simulación del cálculo numérico, a través de SolidWorks, estableciendo la configuración de los apartados globales del proyecto. Una de estas configuraciones es la fijación del sistema internacional de unidades (SIU). Asimismo, se procede a agregar a la aceleración de gravedad ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ) en dirección del eje Y.

Posteriormente, se configura el programa a las propiedades físicas del pegamento. Sin embargo, al revisar la base de datos de SolidWorks, no se encuentra la cola blanca. Por lo tanto, se selecciona uno que tenga un comportamiento similar a la lista mostrada en la Tabla 4.14.

Tabla 4. 14 Líquidos disponibles en Flow Simulation SolidWorks.

Líquidos	Líquidos no Newtonianos	Líquidos Compresibles
Acetona	Puré de manzana	Agua compresible
Amoniaco	BASF 486M HIPS (HIPS: Poliestireno de Alto Impacto.	
Argón	Sangre	
Etano	Borealis HD601CF HoPP (Polipropileno Homopolímero, 8.0 MFR)	
Etanol	Borealis RD208CF CoPP (Polipropileno Copolímero, 8 MFR)	
Etileno	Dow 501i LDPE 1.9 MFI.924SG (Polietileno de Baja Densidad, 1.9 MFI)	
Metano	Eastman 9921 PET 0.8 IV (Polietileno Tereftalato, 0.8 IV)	
Metanol	Exxon 3002.23 LLDPE (Polietileno Lineal de Baja Densidad, 2.3 MFI, 0.917 SG)	
Nitrógeno	Aceite de oliva	
Oxígeno	Polietileno	
Propano	Poliestireno	
R123 (refrigerante)	Santoprene (elastómero termoplástico)	
R134a (refrigerante)	Slurry (Lechada)	
R22 (refrigerante)		
RC318 (refrigerante)		
Slurry (reducido)		
Agua		

Se selecciona el slurry (reducido) debido a que su característica física se parece a la cola blanca diluida en agua. Adicionalmente, la viscosidad del slurry (reducido) se asemeja a la mezcla de pegamento usada en esta investigación (ver Fig. 4.27) [35].



Fig. 4. 27 Ejemplo de slurry o lechada de cocina [35].

Con relación a la presión del sistema se opta por configurar el valor de presión promedio ambiental a nivel del mar (101,325 kPa), asimismo la temperatura se configura al valor absoluto ambiental promedio de 293,2 K (20 °C).

#### ***Análisis numérico de la válvula de paso (modificada)***

Se procede a realizar el análisis del componente 8, mostrado en la Fig. 4.21-b. Para ello, se establecen los parámetros globales explicados anteriormente y se analiza la agrupación de las partes que componen el sistema de dosificación: el émbolo y la carcasa de la válvula de paso (véase Fig. 4.28).

#### ***Condiciones de límite y metas (borde)***

Para el establecimiento de las condiciones de borde se asignan los límites de la entrada y la salida en la simulación. Se aísla el cuerpo interno, de la válvula, del ambiente externo por completo. Con la opción “crear tapas”, del asistente de SolidWorks, se procede a sellar la entrada (Fig. 4.28-a) y salida de la válvula (Fig. 4.28-b).

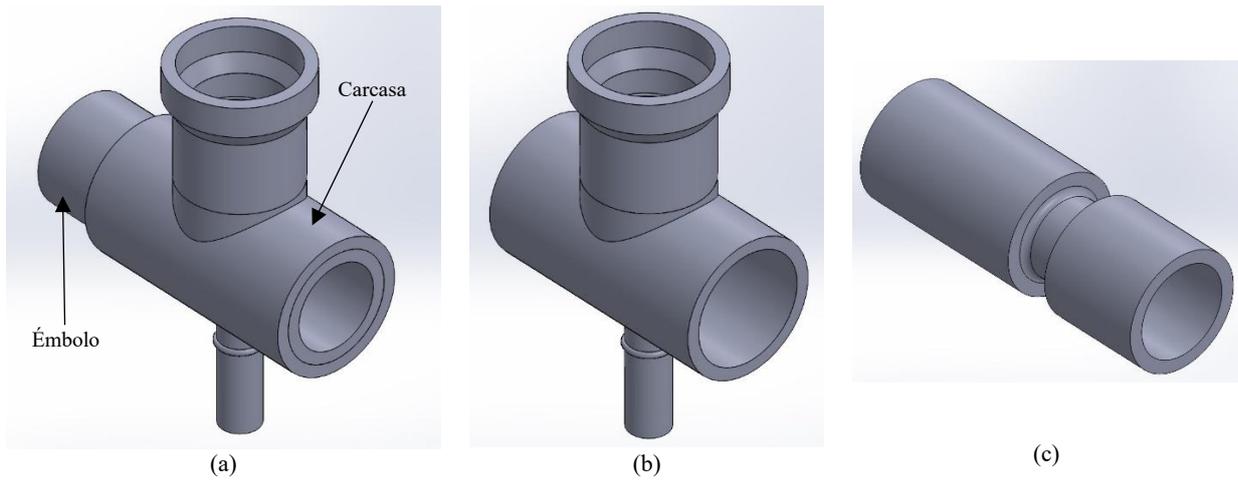


Fig. 4. 28 Partes de la válvula de paso, (a) conjunto armado, (b) carcasa, (c) émbolo.

Asimismo, se fija el ingreso y la salida del líquido a simular (slurry). En la entrada se establece un flujo másico de 0,1 kg/s con un comportamiento uniforme (flechas rojas Fig. 4.29-a) y en la salida, una presión atmosférica promedio de 101,325 kPa y una temperatura de 293,2 K (flechas azules Fig. 4.29-b).

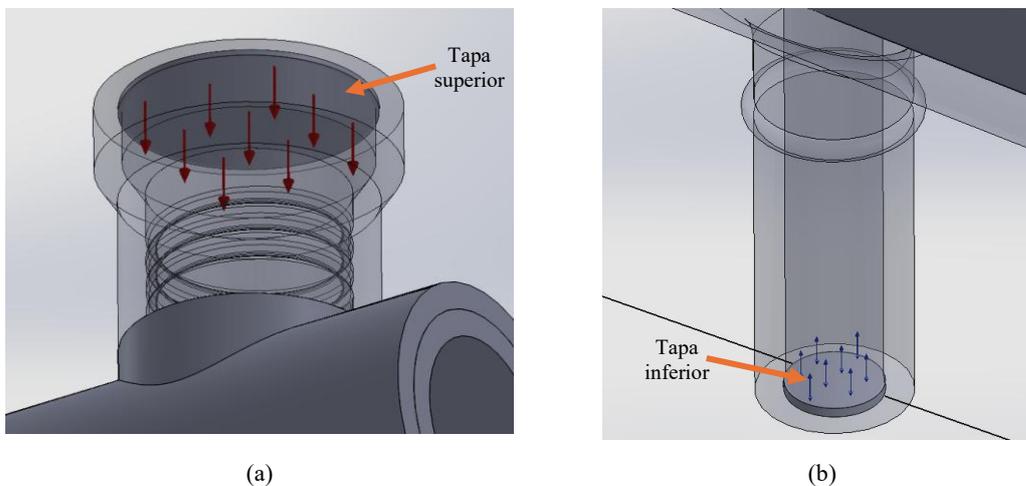


Fig. 4. 29 Asignación de las condiciones de entrada y salida para la simulación (Válvula de cierre), (a) entrada de flujo másico, (b) salida a presión ambiente.

Se realizaron cuatro mediciones fundamentales del fluido: presión total, densidad, velocidad y temperatura. Estos parámetros se analizan en todo el cuerpo interno de la válvula y su recorrido en ésta.

## Resultados

Una vez realizada la simulación, con las condiciones de borde establecidas, se observan las trayectorias del fluido coloreadas según sus distintos valores medibles (velocidad, densidad, temperatura y presión). La Fig. 4.30-a, muestra la simulación de velocidad. Se observa que, en el cuerpo de la válvula (punto 1), la velocidad varía entre 0 y 0,791 m/s. Mientras que en la salida (punto 2) se tiene un aumento de su velocidad, localizándose entre 5,534 y 6,324 m/s.

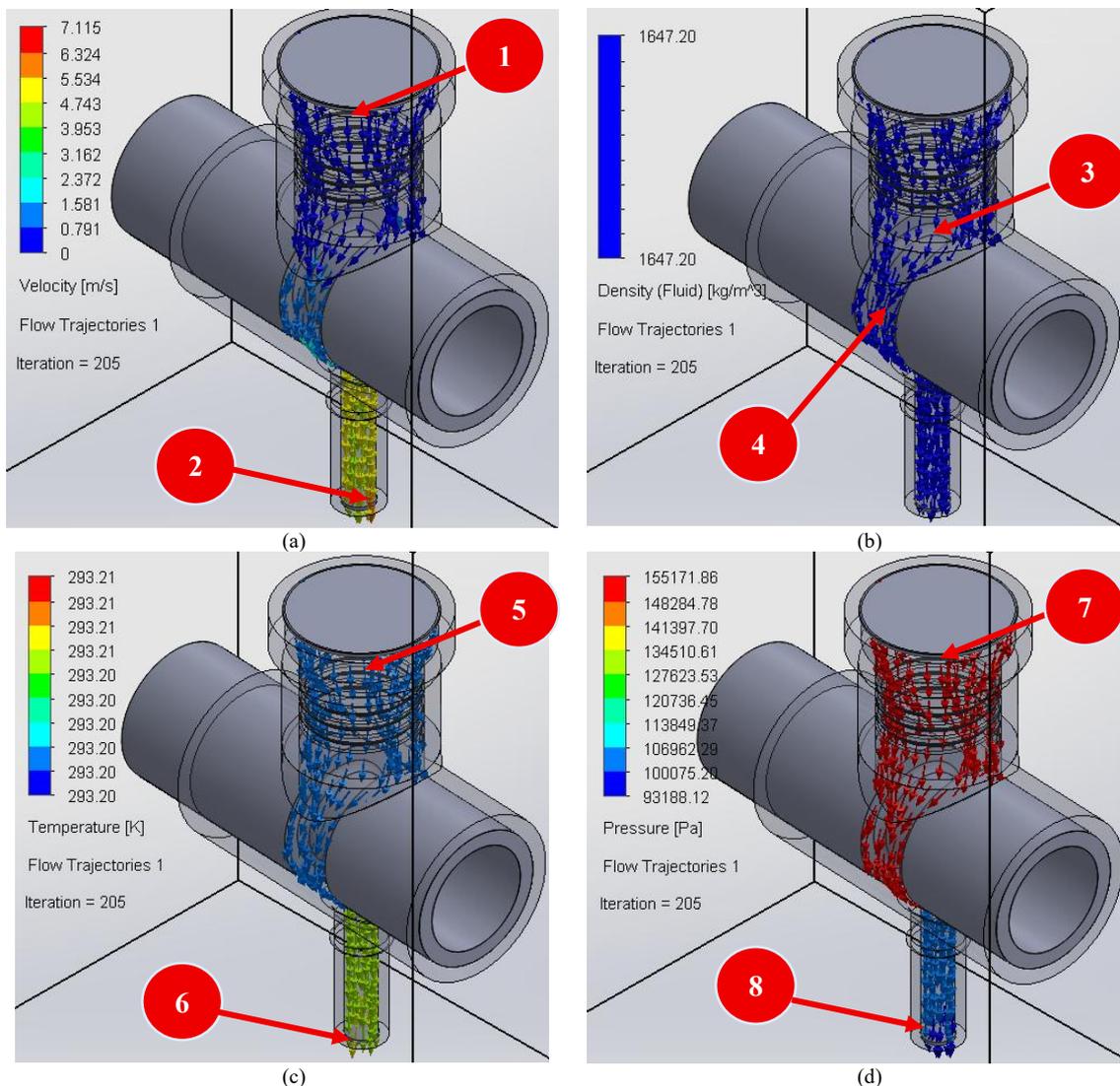


Fig. 4. 30 Análisis dinámico de la válvula de retención en SolidWorks, (a) análisis de la velocidad del fluido, (b) análisis de la densidad del fluido, (c) análisis de la temperatura del fluido, (d) análisis de la presión del fluido.

El punto 3, mostrado en la Fig. 4.30-b, indica que la densidad de fluido permanece constante a lo largo de todo el recorrido hasta el punto 4. En otras palabras, corresponde a un proceso isodenso.

El análisis de variación de temperatura, mostrado en la Fig. 4.30-c, muestra que desde el punto 5 hasta el punto 6 el proceso es, prácticamente, isotérmico. Se observa que la reducción del diámetro de caudal solo provoca un incremento de una décima de la temperatura medida en Kelvin. Esta es la razón del comportamiento isodenso.

Por otro lado, se detecta una reducción de la presión del fluido desde 155,171 kPa (punto 7, Fig. 4.30-d) hasta 93,188 kPa (punto 8, Fig. 4.30-d), representando aproximadamente un 40% de disminución de la presión.

En resumen, las cuatro figuras (Fig. 4.30 a, b, c y d) muestran que en la región central de la válvula ocurren cambios de algunas propiedades. Este proceso se debe al de estrangulamiento del fluido por el cambio geométrico de esta. Finalmente, la simulación valida la funcionalidad del diseño al confirmar que la válvula permite el paso en una sola dirección, restringiendo eficientemente el retorno del pegamento, lo cual es esencial para garantizar la unidireccionalidad del sistema de dosificación.

Las metas de la simulación fueron completadas exitosamente y los resultados se muestran en las Tablas 4.15 y 4.16.

Tabla 4. 15 Metas de la simulación de la válvula de retención

<b>Nombre</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Presión total mínima	kPa	93,188
Presión total promedio	kPa	144,363
Presión total máxima	kPa	153,765
Temperatura total promedio (Fluido)	K	293,21
Densidad promedio (Fluido)	kg/m <sup>3</sup>	1.647,20

Tabla 4. 16 Valores de los resultados de la simulación de la válvula de retención.

<b>Nombre</b>	<b>Unidad</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Densidad (Fluido)	[kg/cm <sup>3</sup> ]	1.647,20	1.647,20
Presión	[kPa]	93,188	15,5171
Temperatura	[K]	293,20	293,21
Temperatura (Fluido)	[K]	293,20	293,21
Velocidad	[m/s]	0	7,115
Vorticidad	[s <sup>-1</sup> ]	6,67×10 <sup>-16</sup>	12.519,49
Presión relativa	[kPa]	-8,136	53,846
Esfuerzo cortante	[kPa]	1,21×10 <sup>-10</sup>	0,5
Flujo de entalpía total	[W/m <sup>2</sup> ]	-1,272×10 <sup>10</sup>	4,628×10 <sup>08</sup>

#### *Análisis de las metas y los valores obtenidos para la simulación de la válvula de retención*

Los resultados de la Tabla 4.16, demuestran que el sistema simulado se comporta como un fluido incompresible e isotérmico, con densidad y temperatura constantes en todo el dominio. Esto simplifica los términos para la ecuación de Navier-Stokes al eliminar la compresibilidad y el transporte térmico.

Existe caída de la presión en el dominio (de 155,2 a 93,2 kPa), lo cual garantiza una fuerza motriz para el flujo. Las velocidades máximas alcanzadas (aproximadamente 7,1 m/s) y las altas tasas de cizalladura y vorticidad (12.519,49 s<sup>-1</sup>) indican un flujo complejo, probablemente con zonas de turbulencia. La presión relativa negativa sugiere que existen zonas de succión o depresión, posiblemente asociadas a geometrías aceleradas (efecto Venturi).

Se registran esfuerzos cortantes (500 Pa) indicando que se requiere evaluar la integridad de superficies o el posible daño por erosión en conducciones o elementos estructurales en contacto con el fluido. El sistema no considera intercambio de calor, ya que el flujo superficial, coeficientes de transferencia térmica y entalpía convectiva son nulos, por lo que cualquier análisis térmico asociado debe ser revisado o modelado por separado si fuera necesario.

#### ***Dosificador de tipo Pera***

Con la misma configuración de las condiciones de borde establecidos en el caso anterior,

se realiza la simulación del sistema de dosificación pera y aguja, mostrada en la Fig. 4.31.

*Condiciones de límite y metas (borde)*

Las asignaciones de las condiciones de bordes se hacen aislando el cuerpo interno de la pera del ambiente externo por completo. Con la ayuda de la opción “crear tapas” del asistente de SolidWorks, se procedió a sellar la entrada y salida del dispositivo.

Seguidamente, se establecen las características para el ingreso y la salida del líquido a simular (slurry) en el sistema de dosificación. Para la entrada se configura un flujo másico uniforme de 0,1 kg/s (flechas rojas de la Fig. 4.32-a) y en la salida (flechas azules, Fig. 4.32-b) se configura una presión atmosférica promedio de 101,325 kPa con una temperatura ambiente de 293,2 K (20 °C).

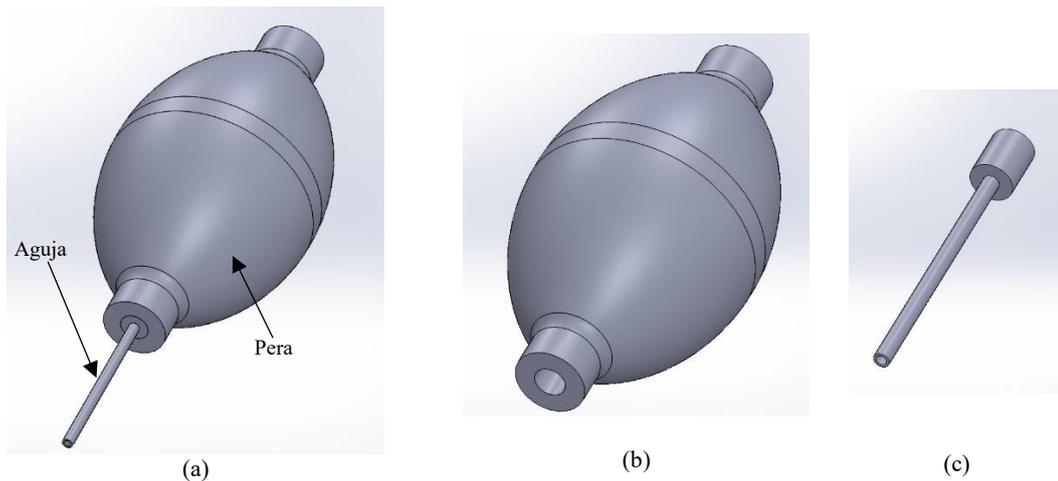


Fig. 4. 31 Partes del sistema de dosificación, (a) conjunto armado, (b) pera, (c) aguja.

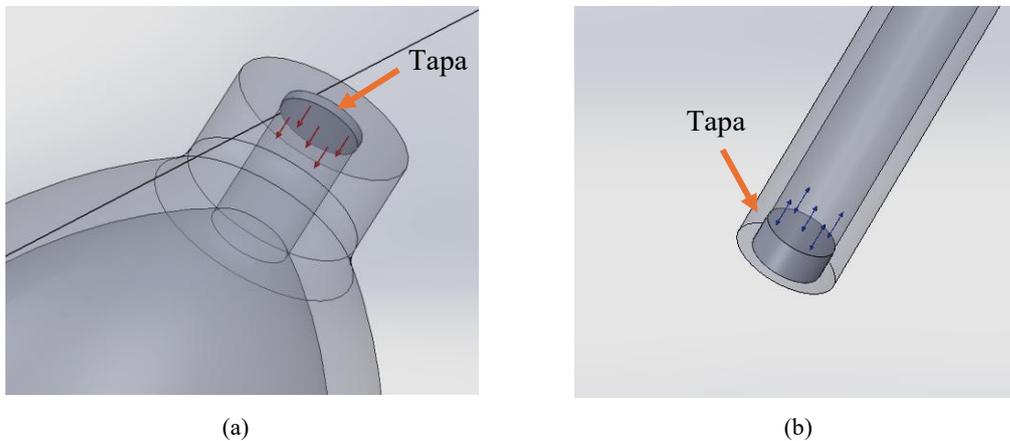


Fig. 4. 32 Asignación de las condiciones de entrada y salida para la simulación (Sistema de dosificación), (a) entrada de flujo másico, (b) salida a presión ambiente.

Asimismo, se realizaron cuatro mediciones fundamentales del fluido: presión total, densidad, velocidad y temperatura. Estos parámetros se calcularon tomando en consideración el flujo interno dentro del conjunto armado pera y la aguja, mostrado en la Fig. 4.31.

### *Resultados*

Una vez realizada la simulación con las condiciones de borde establecidas previamente, se obtienen las trayectorias del fluido coloreadas según sus distintas propiedades medibles (velocidad, densidad, temperatura y presión). La Fig. 4.33-a, muestra la simulación de la velocidad, donde se observa que en la entrada de la pera (punto 1), la velocidad varía entre 0 y 5,825 m/s; mientras que en la salida (punto 2) se tiene un aumento localizándose entre 17,476 y 20,389 m/s. Esto refleja una aceleración del fluido generada por el estrechamiento geométrico del conducto y la acción unidireccional del émbolo.

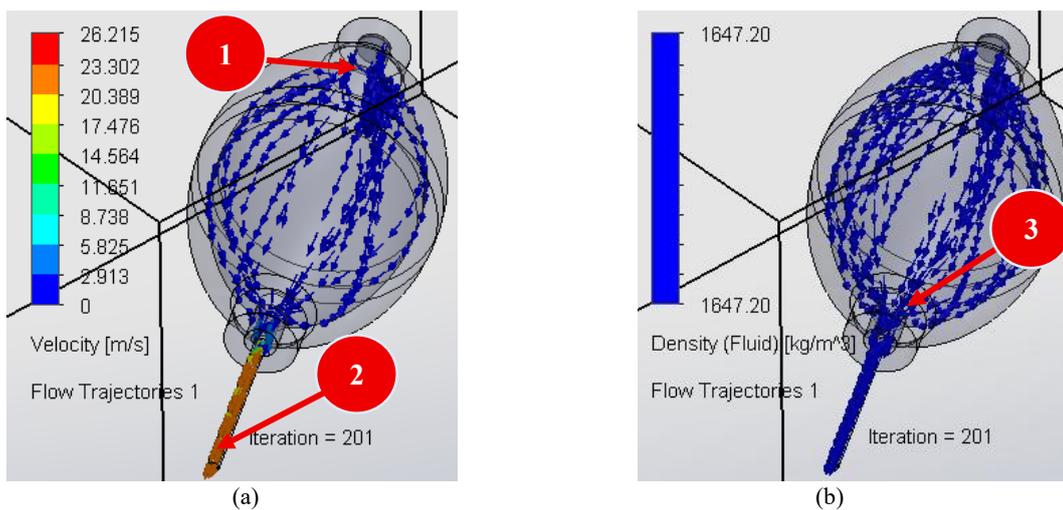
Con relación a la densidad del fluido, los resultados (Fig. 4.33-b) no reflejan variaciones a lo largo del dominio, definiendo un comportamiento isodenso con un valor de 1.647,20 kg/m<sup>3</sup>. Esta uniformidad en la distribución indica que el fluido modelado es incompresible y no sufre cambios de fase ni mezclas significativas a lo largo del recorrido. Sin embargo, se evidencian interrupciones en la trayectoria del fluido, especialmente en el punto 3, donde este impacta directamente contra el inicio de la aguja, ocasionando zonas potenciales de turbulencia o formación de vórtices que no afectan la densidad.

Respecto a la temperatura (Fig. 4.33-c), el campo térmico muestra una variación prácticamente nula, con valores que pasan de 293,13 K a 293,32 K. En el punto 4, correspondiente a la entrada del fluido, se detecta la zona más fría y está asociada a su baja velocidad inicial. A medida que el fluido transita por el canal y experimenta

aceleración, se presenta un leve incremento térmico (punto 5), atribuible al efecto Joule o al incremento por fricción interna del fluido en movimiento; sin embargo, su consecuencia es insignificante en el comportamiento térmico global del sistema.

Finalmente, el análisis de la presión (Fig. 4.33-d) revela un comportamiento de caída de esta. El punto 6 registra una presión máxima de aproximadamente 1.402 kPa, mientras que en la salida (7), tras superar la restricción del émbolo, la presión disminuye significativamente hasta aproximadamente 9,20 kPa. Este gradiente de presión es coherente con la función de la válvula, que impone una resistencia considerable al paso inverso del fluido, asegurando su desplazamiento en un solo sentido.

Los mapas de colores de las simulaciones mostradas en la Fig. 4.33, reflejan una distribución no homogénea de las variables evaluadas. Los resultados numéricos confirman la viabilidad del diseño propuesto al comprobar que la válvula cumple correctamente su función de impedir el retorno del fluido, condición indispensable para el correcto funcionamiento de un sistema de dosificación unidireccional, tal como el requerido para aplicaciones industriales como el dosificado de pegamento.



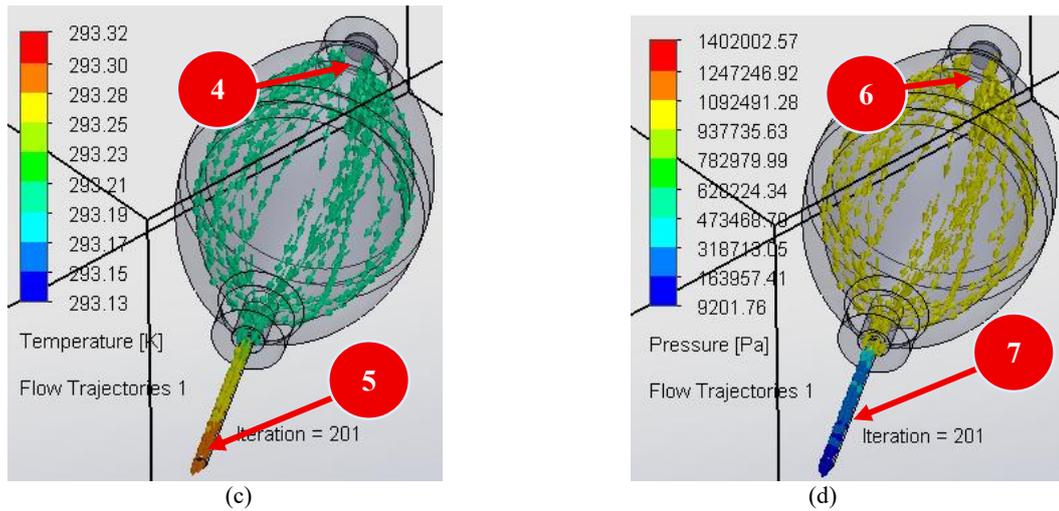


Fig. 4. 33 Análisis dinámico del dosificador (pera) usando SolidWorks, (a) análisis de velocidad del fluido, (b) análisis de la densidad del fluido, (c) análisis de la temperatura, (d) análisis de la presión.

Las metas de simulación del conjunto pera-aguja fueron completadas exitosamente y sus valores se muestran en las Tablas 4.17 y 4.18.

Tabla 4. 17 Metas de la simulación para la simulación del conjunto pera-aguja.

Nombre	Unidad	Valor
Presión total mínima	kPa	9,224
Presión total promedio	kPa	1.051,14
Presión total máxima	kPa	1.084,83
Temperatura total promedio (Fluido)	K	293,20
Densidad promedio (Fluido)	kg/m <sup>3</sup>	1.647,20

Tabla 4. 18 Valores de los resultados de la simulación del conjunto pera-aguja.

Nombre	Unidad	Mínimo	Máximo
Densidad (Fluido)	[kg/cm <sup>3</sup> ]	1.647,20	1.647,20
Presión	[kPa]	9,201	1.402
Temperatura	[K]	293,13	293,32
Temperatura (Fluido)	[K]	293,13	293,32
Velocidad	[m/s]	0	26,215
Vorticidad	[s <sup>-1</sup> ]	2,54×10 <sup>-16</sup>	31.747,28
Presión relativa	[kPa]	-92,123	1.300,677
Esfuerzo cortante	[kPa]	1,88×10 <sup>-17</sup>	9,861
Flujo de entalpía total	[W/m <sup>2</sup> ]	-4,261×10 <sup>10</sup>	2,351×10 <sup>09</sup>

*Análisis de las metas y los valores obtenidos para la simulación de la válvula de retención*

Los resultados mostrados en la Tabla 4.18, demuestran que el sistema simulado se comporta como un fluido incompresible e isotérmico, con densidad y temperatura constantes en todo el dominio. Asimismo, existe una caída de la presión en el dominio (de 1.402 a 9,2 kPa), lo cual garantiza una fuerza motriz unidireccional para el flujo. Las

velocidades máximas alcanzadas (aproximadamente 26,21 m/s) y las altas tasas de cizalladura y vorticidad ( $31.747,28 \text{ s}^{-1}$ ) indican un flujo complejo con zonas de turbulencia. La presión relativa negativa sugiere que existen zonas de succión o depresión, posiblemente asociadas a geometrías aceleradas.

Se registran esfuerzos cortantes (9,861 kPa) indicando que se requiere evaluar la integridad de superficies o el posible daño por erosión en conducciones o elementos estructurales en contacto con el fluido. El sistema no considera intercambio de calor, ya que el flujo superficial, coeficientes de transferencia térmica y entalpía convectiva son nulos, por lo que cualquier análisis térmico asociado debe ser revisado o modelado por separado si fuese necesario.

Asimismo, el flujo de entalpía total presenta un rango de valores considerablemente amplio (desde  $-4,261 \times 10^{10}$  hasta  $2,351 \times 10^9 \text{ W/m}^2$ ), reflejando cambios en la energía interna del fluido relacionados con su aceleración y redistribución dentro del sistema.

Los datos finales confirman que el sistema presenta un comportamiento estable y coherente con los objetivos del diseño, permitiendo un control efectivo del flujo en una única dirección que mantiene las variables críticas dentro de márgenes seguros de operación.

## CONCLUSIONES

Se consigue una interpretación detallada del proceso de maquillado de rosas eternas mediante las visitas de campo y las entrevistas al personal empresarial involucrado en esta investigación. Se consiguen identificar las etapas claves donde se usa el pegamento, específicamente en la fijación de los pétalos para generar el volumen deseado del botón de la rosa, ya que juegan un papel importante para el embellecimiento de la flor. Este proceso permite delimitar y establecer los requerimientos técnicos del sistema de dosificación, especialmente en cuanto a su caudal, precisión y compatibilidad del fluido con los diferentes materiales involucrados.

Se logran integrar, eficientemente, los criterios termodinámicos, mecánicos y ergonómicos, generando propuestas creativas de varios tipos de dosificadores. Para ello se seleccionan accesorios disponibles en el mercado nacional y, basado en normativas técnicas de diseño, se crean válvulas que cumplan con el propósito de la investigación. El diseño considera las propiedades físicas del pegamento, tales como su viscosidad y densidad, para establecer la altura mínima de operación y garantizar un flujo másico continuo.

Se valida el sistema a través de pruebas experimentales. Para ello, se fabrican diferentes prototipos que permiten verificar el cumplimiento funcional del diseño. Se evalúan parámetros como el flujo suministrado, la eficiencia del sistema en diferentes condiciones de operación y la confiabilidad del mecanismo de dosificación. Los resultados confirman que el sistema cumple con los criterios y las especificaciones establecidas lo que garantiza su aplicabilidad en procesos de embellecimiento de rosas eternas para la industria florícola. Este modelo permite ser replicado o adaptado a diferentes entornos industriales promoviendo eficiencia operativa y reducción de desperdicios.

El sistema permite una dosificación controlada, precisa y segura del pegamento con

condiciones operativas estables bajo el principio de flujo por gravedad. Asimismo, se complementa con una succión mecánica de parte de la pera dosificadora.

Finalmente, la implementación del sistema de dosificación de pegamento para la industria florícola se cumple exitosamente a partir de una propuesta metodológica donde la gerencia industrial tuvo la mayor incidencia para la selección de la mejor solución.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio más extenso del líquido adhesivo. En este proyecto se utilizó al “Slurry” como un análogo del pegamento específico empleado en la industria florícola. Aunque su comportamiento viscoso permitió replicar parcialmente las condiciones de operación, es fundamental considerar que pequeñas variaciones en su composición y densidad pueden inducir errores en la estimación de la pérdida de cargas, así como afectar el comportamiento en los sistemas de dosificaciones propuestos. Por lo tanto, se sugiere para futuras investigaciones, realizar ensayos de flujo capilar y pruebas bajo diferentes condiciones variables en pro de validar con mayor fidelidad la equivalencia del “Slurry” frente al pegamento real. Además, se recomienda desarrollar una curva de pérdida de masa y viscosidad en función del tiempo, a fin de establecer si el fluido responde en todo momento a un modelo newtoniano. También ajustar los modelos computacionales empleados en la simulación para una variación mucho más cercana a la propuesta a desarrollar.

La utilización de una manguera termocontraíble como sustituto funcional de una válvula antirretorno representa una alternativa económica e ingenierilmente viable para sistemas de dosificación de baja presión. Por esta razón, se recomienda analizar con mayor profundidad el proceso de manufactura y ensamblaje de este componente, considerando aspectos como el espesor final después del termoconformado, margen de deformación elástica y plástica, la durabilidad del cierre frente a ciclos repetidos de presión, su ciclo de vida útil y su proceso de reemplazo. Además, para garantizar un flujo unidireccional constante, se podría incorporar un refuerzo elástico o resorte interno que actúe como mecanismo pasivo de recuperación, mejorando la funcionalidad del sistema sin comprometer la simplicidad constructiva.

Finalmente, se recomienda documentar un procedimiento estandarizado de ensamblaje y termosellado para asegurar la reproducibilidad de esta solución en aplicaciones futuras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] James, «Eagle-Link Flowers,» Industry News, 2020. [En línea]. Available: <https://eagle-linkflowers.com/blog/the-top-largest-player-on-the-flower-export-market/>. [Último acceso: 2024].
- [2] Hoja Verde, «Hoja Verde,» HOJAVERDE CIA.LTDA, 2024. [En línea]. Available: <https://www.hojaverde.com.ec/productos/rosas-preservadas/>. [Último acceso: 2024].
- [3] A. Shaurya, «Use of Feeder Tanks and Self-Cleaning Nozzles for Glue Systems to Maximize Productivity and Reduce Downtime in the Packaging Industry,» *Journal of Material Sciences & Manufacturing Research*, vol. 4, n° 1, pp. 1-4, 2023.
- [4] M. P. Cereda, *Starch Industries: Processes and Innovative Products in Food and Non-Food Uses, Brazil*: Academic Press, 2023.
- [5] L. Cao, «Optimizing dispensing performance of needle-type piezoelectric jet dispensers: a novel drive waveform approach,» *Smart Materials and Structures*, vol. 33, n° 4, 2024.
- [6] TBK, Artist, *TBK-983B*. [Art]. Professional China Factory Supply, 2024.
- [7] Y. H. X. L. P. G. H. Z. F. H. X. Y. Y. Z. M. Y. Chuang Liu, «Study on long-distance vacuum transportation of powder and glue,» *Ninth International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation (ICECTT 2024)*, vol. 13251, p. 6, 2024.
- [8] L. Wu, «Precision Dosing Cylinder Gluing Operations Using Model Predictive Control-Enhanced Reinforcement Learning,» *PREPRINT*, p. 37, 2024.
- [9] T. Papanastasiou, *Viscous Fluid Flow*, Nycosia: CRC PRESS, 2021.
- [10] A. Riaz, «Peristaltic flow of a viscous fluid in a curved duct with a rectangular cross section,» *Frontiers in Physics*, vol. 10, p. 12, 2022.
- [11] U. d. Cantabria, Artist, *G367: Tema 2. Motilidad del tracto intestinal*. [Art]. OCW, 2027.
- [12] R. A. Revia, «High-Throughput Dispensing of Viscous Solutions for,» *Micromachines*, vol. 13, n° 10, p. 1730, 2022.
- [13] S. E. A. Hosseini, «Fluid storage tanks: A review on dynamic behaviour modelling, seismic energy-dissipating devices, structural control, and structural health monitoring techniques,» *ScienceDirect*, vol. 49, pp. 537-556, 2023.
- [14] G. Huang, «Rotary Valve to Improve the Problem of Big End and Needle Glue Overflow in Contact Dispensing Process,» *Springer International Publishing*, vol. 117, pp. 921-930, 2021.
- [15] «Organización Munidal de la Propiedad Intelectual (OMPI),» S.A, CANANVALLEY FLOWERS, 07 11 2019. [En línea]. Available: <https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=WO2019134730>. [Último acceso: 29 01 2025].
- [16] «Rayt,» Laboratorios Rayt, S.A.U., 2018. [En línea]. Available: <https://rayt.com/producto/cola-blanca-standard/>. [Último acceso: 31 01 2025].
- [17] Studiovin, Artist, *Tanques de agua plástica en diferentes formas sobre un fondo blanco. 3.ª ilustración*. [Art]. Shutterstock.
- [18] AMERICAN PETROLEUM INSTITTUTE, «API 650: Welded Steel Tanks for Oil Storage,» *API Publication*, vol. 11, p. 449.
- [19] Cerehofe, Artist, *Tubería PVC*. [Art]. Construex México.
- [20] A. ingeniería, Artist, *Tipos de bombas de agua*. [Art]. 2023.
- [21] *Sistema de transporte neumático*. [Art]. motan group, 2023.
- [22] The American Society of Mechanical Engineers, «ASME B31.4: Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids,» *ASME Publication*, p. 127.

- [23] B. o. W. S. a. W. Management, Artist, *Open channel*. [Art]. Department of Environmental Protection Wastewater Treatment Plant Operator Training .
- [24] The American Society of Mechanical Engineers, «ASME B16.34 - Valves--Flanged, Threaded, and Welding End,» *J. Pressure Vessel Technol.*, p. 228, 2021.
- [25] *VALVULA DE COMPUERTA DE BRONCE, PN10 155-1/2"*. [Art]. Bonnett, 2025.
- [26] *Válvula globo de hierro para gas LP 3/4" FOSET*. [Art]. Truper, 2024.
- [27] *Válvulas de bola*. [Art]. STH expert, 2022.
- [28] *Válvula Mariposa Tipo LUG- Wafer-Doble Brida en Inoxidable-Acero al Carbon, empaque NBR-BUNA-VITON-EPDM*. [Art]. MECHANICHS OIL, 2024.
- [29] *Válvula retención PLADECHYD*. [Art]. Construex, 2024.
- [30] *Válvula de alivio de bronce 1.25"*. [Art]. Control del agua HMO, 2024.
- [31] J. C.A, Artist, *Doypack Válvula 15 mm Transparente*. [Art]. Jempagues C.A, 2022.
- [32] Y. Daria, «Cola PVA: especificaciones técnicas y consejos de uso,» 18 06 2025. [En línea]. Available: <https://design-estet.com/es/pva-glue-technical-specifications-and-advice-on/>.
- [33] Y. y. C. J. Çengel, «Mecánica de fluidos. Fundamentos y Aplicaciones,» *McGraw Hill*, vol. Segunda Edición, p. 367, 2012.
- [34] R. Mott, «Mecánica de fluidos aplicada,» *Pearson*, nº Cuarta Edición, p. 280, 1996.
- [35] H. Nilsson, «spendwithpennies,» 06 07 2020. [En línea]. Available: <https://www.spendwithpennies.com/what-is-a-slurry/>.
- [36] JMATIASINVERSIONES, Artist, *Bell Power Manguera Cristal Pvc 1/4 100 Metro*. [Art]. Mercado Libre, 2024.
- [37] Ancor, Artist, *Aislante Para Tubo Ancor 654618*. [Art]. Mercado Libre, 2023.
- [38] Xilong, Artist, *Válvula de retención para acuarios*. [Art]. Mercado Libre, 2020.
- [39] M.-H. Co., Artist, *Bolsa de colector de orina de la bolsa de recolección de orina desechables*. [Art]. Medic-Home Co., 2025.
- [40] «¿Cómo se hacen las flores preservadas?,» Verdissimo, 2017. [En línea]. Available: <https://www.verdissimo.com/es/noticias/como-pasa-una-flor-natural-a-ser-una-flor-preservada>. [Último acceso: 29 01 2025].
- [41] «Henkel Adhesives,» Henkel Argentina S.A, 2019. [En línea]. Available: <https://www.henkel-adhesives.com/ar/es/productos/adhesivos-industriales/water-based-adhesives.html?b6c6bdc6985b40cab3d0170a1de2d437f1bdf01b.page=4>. [Último acceso: 30 01 2025].

## ANEXOS

### ANEXO A1

#### **Pruebas experimentales de los prototipos que forman parte de las soluciones planteadas**

La experimentación de las propuestas de soluciones constituye una fase crítica dentro del proceso de desarrollo ingenieril; ya que, esta permite validar la viabilidad técnica y funcional de un diseño antes de su implementación definitiva. Esto contribuye a la planificación de la construcción y puesta a prueba de los prototipos propuestos, ya que se pueden replicar las condiciones reales de operación, con el objetivo de evaluar el comportamiento del sistema ante distintos escenarios de carga, interacción y respuesta.

Además, es posible identificar errores de diseño, optimización de componentes, compatibilidad entre subsistemas y la verificación de los requisitos técnicos previamente establecidos.

Para este desarrollo, se trabajó mediante una nueva metodología de puesta a prueba e inmediata experimentación, bajo el fin de descartar posibles soluciones que no cumplen con todos los requisitos del sistema o que presenten algún desperfecto en su funcionamiento. Mediante este proceso se llevó a cabo un proceso de lluvia de ideas que pudieron concluir en algunos prototipos que pueden verse en este anexo. Estos mismos pudieron fortalecer y construir una idea que se encaminó a la propuesta final presentada.

Con un prototipo fijo en la mira, se procedió a la construcción del modelo con ayuda de materiales pertinentes a su fase inicial. Una vez cumplida esta etapa de creación, se puso a prueba una serie de experimentos para analizar su comportamiento con respecto a los factores anteriormente mencionados y estudiados.

### *Prueba de aislamiento (Succión y expulsión)*

Entre las características principales del sistema de dosificación, mostrada en la Fig A1, está su restricción por completo al aire exterior, siendo éste, un modelo anaeróbico.

La principal desventaja del pegamento radica en su proceso de secado, ya que, al entrar en contacto con el aire, su composición líquida tiende a transformarse en un estado sólido de alta viscosidad, lo cual dificulta su aplicación adecuada a tratar.

En este experimento se puso a prueba si el sistema completo podía crear una situación de vacío o aislamiento en su proceso de conexión.



Fig. A1 Prueba de succión y expulsión (bolsa de almacenamiento llena de aire).

Los resultados obtenidos de la experimentación fueron alentadores, ya que al estar conectado todo el sistema de alimentación, transporte y dosificación; en el momento de accionar el dosificador de tipo pera, éste succionaba aire de la bolsa de almacenamiento pudiéndose comprobar por verificación visual y auditiva, debido al plástico deformable por el cual se encuentra compuesto. Asimismo, una vez la válvula de sonda Foley (modificada) se cerraba, automáticamente el dispositivo cortaba el paso de alimentación y la bolsa no presentaba ningún cambio físico.

El dispositivo cumplió con las expectativas planteadas de aislamiento y por lo tanto dejó abierto el paso a siguientes experimentos en él.

### *Prueba de comportamiento de flujo y viscosidad (en aguja)*

En búsqueda de la comprobación de las propiedades físicas del pegamento, se llevó a cabo un experimento con respecto al comportamiento del fluido ante el dosificador (véase Fig. A2).

En esta prueba se utilizó como principal elemento, el pegamento utilizado en la empresa. Mediante el uso de una jeringa, aguja y pegamento, se llenó el instrumento por completo de manera habitual, para a continuación sacar el émbolo mientras su contenido permanece aislado.

El objetivo que se busca en este experimento es comprobar si el líquido tiene un comportamiento newtoniano (como el comportamiento del agua) o por el contrario uno no newtoniano (parecido al de la sangre).

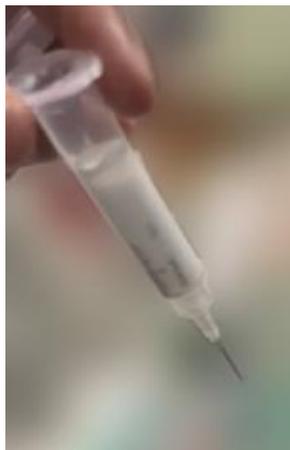


Fig. A2 Prueba de comportamiento de flujo y viscosidad.

Los resultados del experimento revelaron que este pegamento especializado en su uso para rosas se comportaba como un líquido newtoniano, por lo tanto, cumplía con las exigencias del sistema diseñado y en adición con su aislamiento del aire por completo, ubicaba a la propuesta, hacia el siguiente experimento a realizarse.

### *Prueba y análisis de ergonomía (dosificación actual)*

Para una interpretación inicial del comportamiento ergonómico se solicitó a los encargados de la empresa florícola una muestra de la instrumentación utilizada en la zona

de maquillado. Por medio de visualización, análisis y repetición se comprendió el modo de uso de estos instrumentos y se llevó a cabo una ronda de dosificación de pegamento por medio de un operario (ver Fig. A3).

Esta ronda de dosificación se realizó en las instalaciones de la planta productora con supervisión del personal encargado, bajo un ambiente controlado.



Fig. A3 Escenificación del modo de operación y puesta a prueba de la herramienta.

Tras la puesta a prueba del dispositivo se destacaron varias anotaciones con respecto a su comodidad y funcionamiento. Su funcionalidad es clara, rápida y precisa debido al modo de agarre que se ejecuta cuando se dispensa líquido adhesivo sobre una superficie a pegar. Si bien, el agarre de la jeringa se hace de forma distinta a la convencional, el operario cumple con la función de dosificar el líquido adhesivo.

De acuerdo con las opiniones del personal operario se destacaron algunos obstáculos principales tales como: la gran cantidad de presión que se ejerce mediante el émbolo hacia la jeringa al momento de querer dispensar fluido. Por medio de la experimentación llevada a cabo, se pudo comprobar con fidelidad esta situación por la acumulación de residuos de pegamento sólido en el conducto de almacenaje. Esta problemática refleja molestia e incomodidad en las manos de personal que debe manejar instrumentos.

*Prueba de altura límite, verificación de sistema, y comprobación de ecuación de Bernoulli*

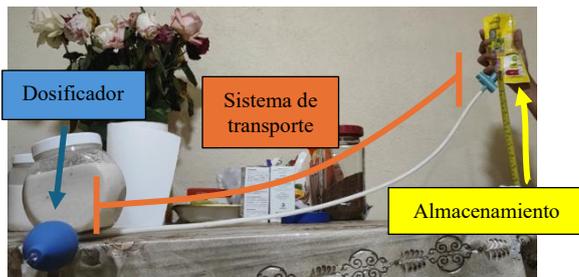
Como última experimentación, se llevó a cabo una evaluación de la influencia de las pérdidas de carga menores (generadas por válvulas y accesorios) y mayores (ocasionadas por la fricción en la tubería) en el sistema, utilizando para ello los coeficientes de pérdida de energía (K), además del funcionamiento del dosificador bajo condiciones reales de operación.

Mediante la aplicación de la ecuación general de energía y el modelo de pérdidas localizadas (Ec. 4.3), se logra determinar la altura mínima necesaria de la bolsa para garantizar un flujo continuo y efectivo del pegamento, permitiendo validar experimentalmente la viabilidad del diseño. Esta fase experimental fue crucial para ajustar parámetros del sistema y optimizar el proceso de dosificación por acción gravitacional y mecánica (compresión de la pera).

En la Fig. A4-a, se muestra la altura mínima del almacenamiento que garantiza un flujo en el dosificador, a través del sistema de transporte (tubería), mientras que en la Fig. A4-b, se muestra la altura máxima que permite el control del fluido. La Fig. A4-c, muestra cómo se garantiza el flujo constante del pegamento cuando se le ejerce presión a la pera.



(a)

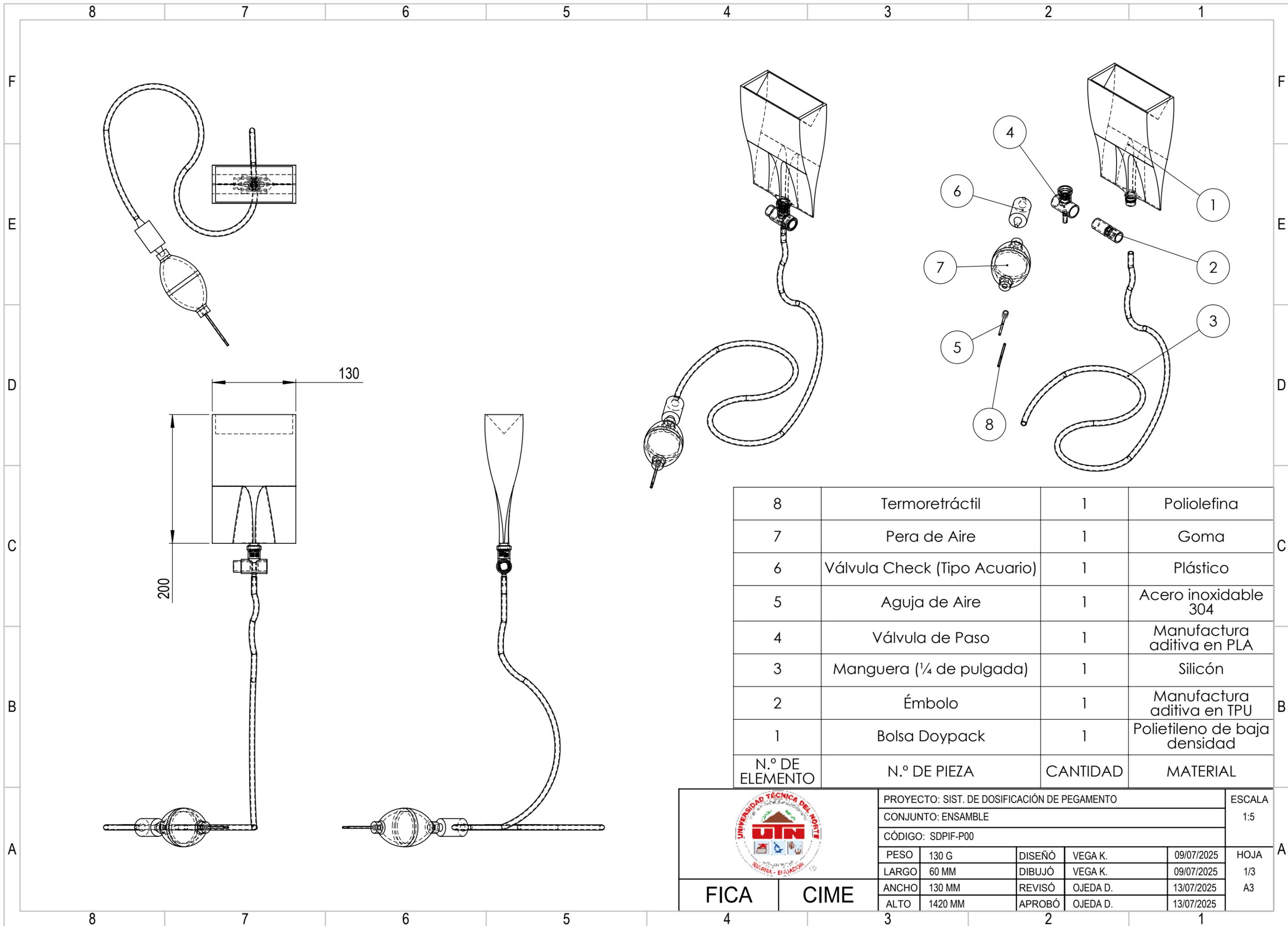


(b)



(c)

Fig. A4 Experimentación de dosificación a diferentes alturas según la ecuación de Bernoulli (a) prueba de altura mínima del dosificador, (b) prueba de mayor altura del dosificador, (c) flujo de líquido en el dosificador.



8	Termoretráctil	1	Poliolefina
7	Pera de Aire	1	Goma
6	Válvula Check (Tipo Acuario)	1	Plástico
5	Aguja de Aire	1	Acero inoxidable 304
4	Válvula de Paso	1	Manufactura aditiva en PLA
3	Manguera (1/4 de pulgada)	1	Silicón
2	Émbolo	1	Manufactura aditiva en TPU
1	Bolsa Doypack	1	Polietileno de baja densidad
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD	MATERIAL

	PROYECTO: SIST. DE DOSIFICACIÓN DE PEGAMENTO				ESCALA 1:5	
	CONJUNTO: ENSAMBLE					
	CÓDIGO: SDPIF-P00					
	PESO	130 G	DISEÑO	VEGA K.	09/07/2025	HOJA 1/3 A3
	LARGO	60 MM	DIBUJÓ	VEGA K.	09/07/2025	
ANCHO	130 MM	REVISÓ	OJEDA D.	13/07/2025		
ALTO	1420 MM	APROBÓ	OJEDA D.	13/07/2025		
FICA	CIME					

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

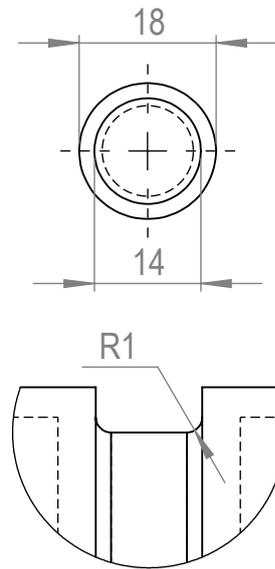
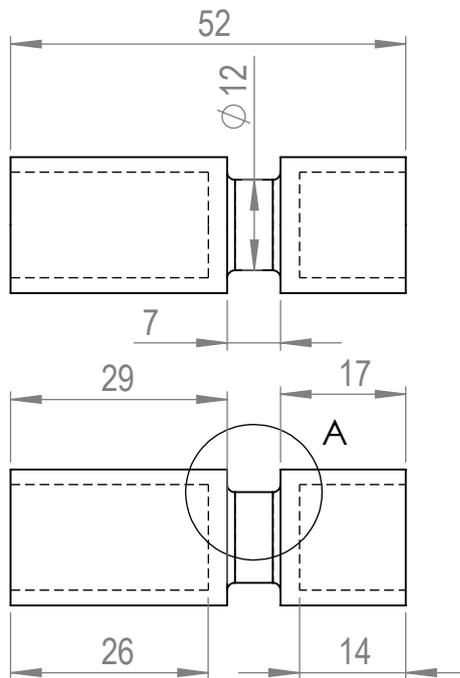
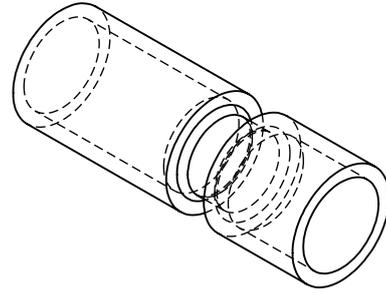
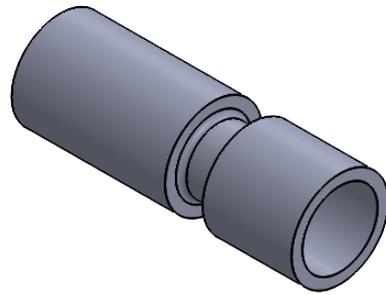
C

B

B

A

A



DETALLE A  
ESCALA 2 : 1



PROYECTO: SIST. DE DOSIFICACIÓN DE PEGAMENTO

ESCALA:

PARTE: PIEZA 02

1:1



CÓDIGO: SDPIF-P02

TOLERANCIA:  $\pm 0.3$

MATERIAL: TPU

DISEÑO: VEGA K.

09/07/2025

HOJA:

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ: VEGA K.

09/07/2025

2/3

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISÓ: OJEDA D.

13/07/2025

A4

CANTIDAD: 01

APROBÓ: OJEDA D.

13/07/2025

UTN

CIME

4

3

2

1

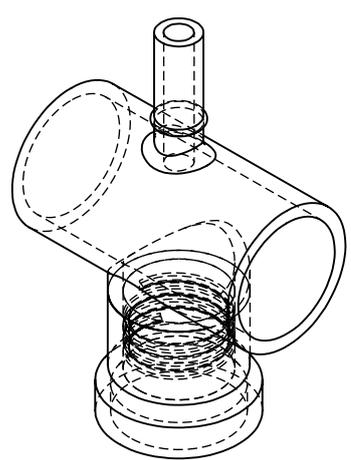
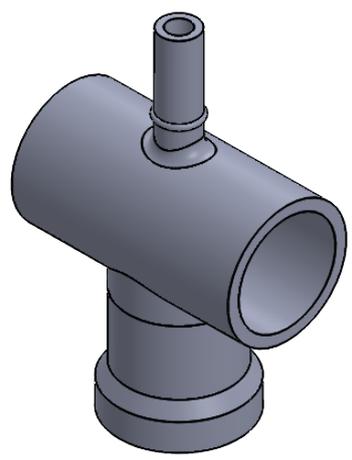
4 3 2 1

F

F

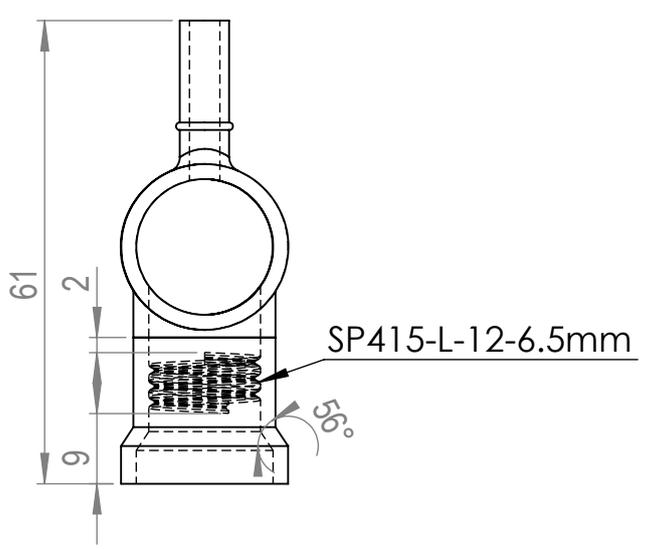
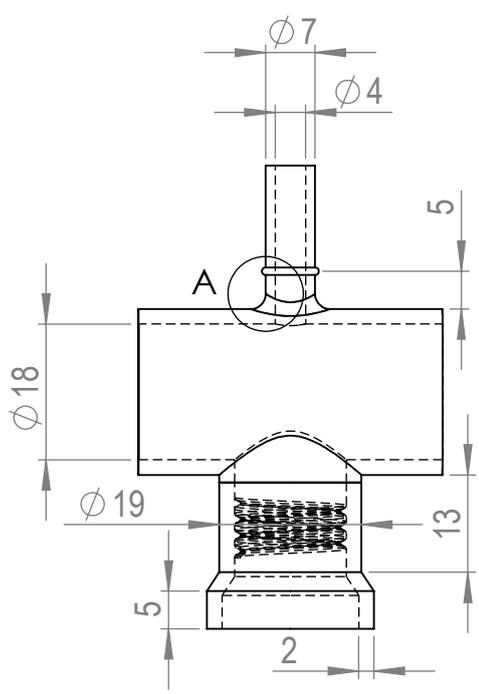
E

E



D

D

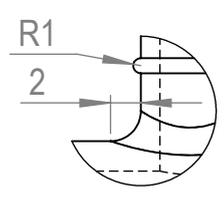
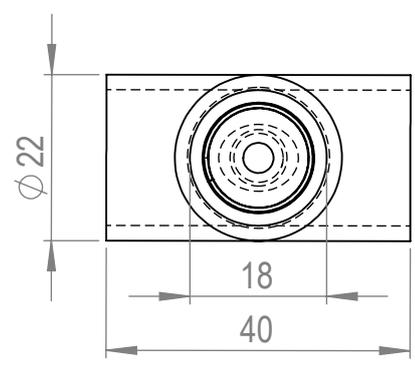


C

C

B

B



DETALLE A  
ESCALA 2 : 1

A

A



PROYECTO: SIST. DE DOSIFICACIÓN DE PEGAMENTO

ESCALA:  
1:1

PARTE: PIEZA 08

CÓDIGO: SDPIF-P08

TOLERANCIA: ±0.3

MATERIAL:	TPU	DISEÑO:	VEGA K.	09/07/2025	HOJA:
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	VEGA K.	09/07/2025	3/3
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	OJEDA D.	13/07/2025	A4
CANTIDAD:	01	APROBÓ:	OJEDA D.	13/07/2025	

UTN

CIME

4

3

2

1