



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**POSGRADO EN INGENIERIA MECANICA**

**MECATRÓNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA ENVASADO DE AGUA**

**TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERIA MECANICA**

**PRESENTA**

**RUBEN DARIO ORTEGA NAVARRETE**

**TUTOR**

**MARCELO LOPEZ PARRA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MÉXICO, D. F ENERO 2013**

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA ENVASADO DE AGUA

## Contenido

1	INTRODUCCION.....	3
1.1	RESUMEN .....	3
1.2	ABSTRACT .....	4
1.3	OBJETIVOS .....	5
1.4	ALCANCES.....	5
2	ESTADO DEL ARTE .....	6
2.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE AGUA. ....	6
2.2	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ENVASADO AUTOMÁTICO DE BOTELLAS. ....	7
2.3	BENCHMARKING DE MÁQUINAS EMBOTELLADORAS.....	9
2.3.1	PROCESO AUTOMÁTICO DE ENVASADO DE AGUA. ....	9
2.3.2	MÁQUINAS LLENADORAS DE AGUA EN BOTELLAS DE PET .....	11
2.3.3	COTIZACIONES DE MÁQUINAS DE ENVASADO DE AGUA. ....	12
2.3.4	PRINCIPALES PROVEEDORES EN MÉXICO:.....	13
2.4	PATENTES .....	14
2.4.1	PATENTES DEL PROCESO DE EMBOTELLADO DE BEBIDAS. ....	14
2.4.2	PATENTES DE VALVULAS DE LLENADO.....	16
2.4.3	PATENTES DE CABEZAL DE SELLADO.....	19
2.4.4	PATENTES DE CABEZAL DE LAVADO.....	20
2.4.5	PATENTES DE CABEZAL DE ETIQUETADO. ....	21
2.5	DESCRIPCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO. ....	23
2.6	PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD.....	30
3	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO .....	30
3.1	DISEÑO DEL RESORTE DE LA VALVULA.....	31
4	DISEÑO CONCEPTUAL .....	34
4.1	ALTERNATIVAS CONCEPTUALES.....	35
4.1.1	MÁQUINA LINEAL DE ENVASADO. ....	35
4.1.2	VÁLVULA DE LLENADO. ....	36
4.1.3	MANERAL DE SELLADO.....	37
4.1.4	MÁQUINA ROTATORIA DE ENVASADO. ....	38

4.1.5	CABEZAL DE LLENADO COMPLETO.....	39
4.1.6	DISEÑO FINAL DE LA VÁLVULA:.....	40
4.1.7	DISEÑO FINAL DE SOPORTE DE VÁLVULAS: .....	41
4.2	ANÁLISIS DE SISTEMA DE LLENADO .....	42
4.3	ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE LOS MOTORES DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA. ....	43
4.7	SELECCIÓN.....	44
5	FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO.....	45
5.1.	SECCIÓN DE LLENADO.....	45
5.2	PROTOTIPO DE FUNCION CRÍTICA (sujeción de botella).....	47
6	CONCLUSIONES.....	48
7	Apéndice.....	50
7.1	APÉNDICE 1 DISEÑO DE VÁLVULA DE LLENADO. ....	50
7.2	APÉNDICE 2 DISEÑO DEL SOPORTE DE VÁLVULA.....	60
7.3	DISEÑO DE ESTRUCTURA EXTERNA.....	64
7.4	DISEÑO VÁLVULA FINAL.....	65
7.5	CÁLCULO DEL RESORTE.....	69
8	REFERENCIAS.....	70

# 1 INTRODUCCION



**Fig. 1 Agua Purificada. [13]**

Ahuelican S.A de C.V es una empresa dedicada a la purificación de agua para el consumo humano, posee una planta de purificación y envasado que se encuentra ubicada en la ciudad de Cualac Guerrero. En esta planta se hace el envasado de agua principalmente de botellones de 20 lts. Aunque también se envasa agua purificada en bolsas de polietileno de 0.5 lts, 1 lts y 1.5 lts. Por la creciente demanda de este vital liquido y con la finalidad de poder satisfacer de forma más eficiente las necesidades de los consumidores de agua embotellada se plantea el desarrollo e instalación de equipo capaz de realizar el envasado de agua en botellas de PET con presentaciones de 0.5 lts, 1lts. y 1.5 lts.

El mercado en el que se pretende ingresar es local, específicamente la región de la montaña en Guerrero, aunque se pretende ampliar el negocio de forma que abarque todo el estado.

## 1.1 RESUMEN

En la actualidad y debido a la contaminación del ambiente, toda el agua destinada al consumo humano, debe de pasar por algún proceso de potabilización o en el mejor de los casos de purificación.

Esto crea la necesidad de buscar métodos y procedimientos para satisfacer el suministro de agua. Entre los factores que se deben controlar en el agua son el contenido en minerales, o iones como cloruros, nitratos, nitritos, amonio, calcio, magnesio, fosfato, arsénico, entre otros, además de los gérmenes patógenos.

Una de las industrias más prósperas en la actualidad es la de bebidas embotelladas por lo que en esta tesis se propone establecer las bases del diseño y construcción de una máquina embotelladora.

## 1.2 ABSTRACT

At present and due to environmental contamination, all water for human consumption must go through a purification process.

This creates the need to seek for methods and procedures to guaranty adequate water supply.

Water that can be consumed without restriction implies development of a product that meets quality standards issued by local and international authorities.

Pre-packaged drinking water is potable water which contains no foreign matter or pollutants, whether chemical, physical or microbiological processes which can cause adverse health effects.

## 1.3 OBJETIVOS

La industria de las bebidas embotelladas es muy amplia, en estos momentos existe una competencia muy fuerte, las compañías transnacionales tienen casi cubierto todo el mercado, por lo que si se desea competir en este mercado será necesario tener productos de calidad y buen precio.

- La finalidad de construir una máquina de envasado, es tener la posibilidad de competir en el mercado del agua envasada.
- Diseñar y construir una máquina envasadora que cumpla con las necesidades de envasado a pequeña escala para pequeñas con poca capacidad económica para adquirir maquinaria industrial. Las cuales son de un precio elevado.
- Producir maquinaria nacional para la industria alimenticia (bebidas embotelladas).
- Tener la posibilidad de competir en el mercado de agua envasada al reducir los costos que implican comprar maquinaria de importación.
- Establecer la base de un modelo de negocios que sea competitivo en el mercado de bebidas embotelladas.

## 1.4 ALCANCES

Los alcances del presente trabajo de tesis se pueden listar como sigue:

- Diseño del cabezal de lavado
- Pruebas del prototipo
- Diseño del cabezal de llenado
- Pruebas del prototipo
- Diseño del cabezal de sellado
- Pruebas del prototipo
- Diseño del sistema de estampado y empaque
- Pruebas del prototipo
- Diseño del sistema eléctrico y de control
- Pruebas del prototipo
- Selección del diseño final
- Patentado del diseño de la maquina de llenado.
- Construcción de la máquina de llenado.

## 2 ESTADO DEL ARTE

### 2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE AGUA.

El proceso de envasado típico incluye la realización de estos pasos:

1. Esterilización del envase.
2. Llenado del envase
3. Tapado del envase
4. Colocación de etiqueta de producto.

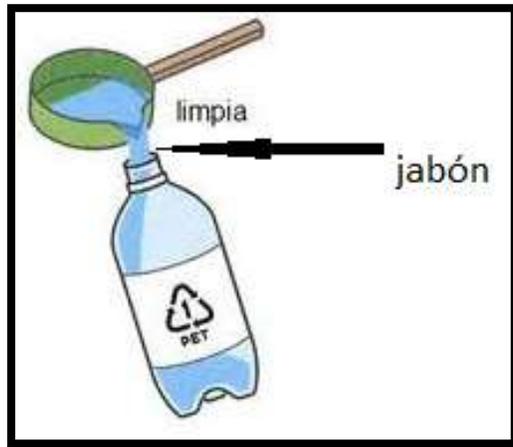


Ilustración 1 esterilización [17]



Ilustración 2] Llenado [18]



Ilustración 4 Tapado [18]



Ilustración 3 Etiquetado [18]

## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ENVASADO AUTOMÁTICO DE BOTELLAS.

El proceso de envasado en botellas tiene el siguiente proceso:

1. Filtración o extracción del agua.
2. Purificación.
  - a. Envasado.
  - b. Fabricación de envase de PET.
    - i. Inyección de preformas.
    - ii. Soplado de preformas.
  - c. Lavado automático de envases.
  - d. Llenado automático.
  - e. Tapado automático.
  - f. Etiquetado automático.
  - g. Empaque automático.
3. Distribución.



Ilustración 5. Proceso de Envasado de Agua.

Debido a que el producto a envasar es para consumo humano este debe ser esterilizado por algún proceso el más común es el siguiente:

1. El proceso de lavado:
  - El envase se posiciona con respecto a las válvulas de lavado
  - El envase es rociado con agua y jabón a; la finalidad es eliminar residuos sólidos como polvo. El jabón actúa como antiséptico y elimina posibles contaminantes biológicos.
  - El envase es transportado hacia el área de llenado
2. El proceso de llenado automático es el siguiente:
  - El envase se posiciona con respecto a las válvulas de llenado.
  - El envase es llenado hasta un límite preestablecido.
  - El envase lleno se transporta hacia el área de tapado
3. El proceso de tapado automático es el siguiente
  - Posicionamiento de la tapa en el envase
  - Sellado de la tapa a través de un mecanismo giratorio.

Para poder realizar todos estos procesos en la industria hay varios métodos y formas de realizarlo. Los siguientes métodos son algunos de los que existen en la actualidad.

Proceso lineal “paso a paso”	Proceso “rotativo “continúo”
 <p data-bbox="217 1539 776 1570"><b>Ilustración 6. Máquina llenadora paso a paso [15]</b></p>	 <p data-bbox="834 1577 1365 1608"><b>Ilustración 7. Llenadora rotativa [16]</b></p>

## 2.3 BENCHMARKING DE MÁQUINAS EMBOTELLADORAS

### 2.3.1 PROCESO AUTOMÁTICO DE ENVASADO DE AGUA.

1. El envase es colocado en una banda transportadora (Ilustración 10).
2. Un cabezal separa cada envase. (Ilustración 8).
3. El envase se esteriliza en una primera estación (Ilustración 9).
4. El envase se transporta hacia otra estación (Ilustración 8).



Ilustración 8 Banda transportadora ref 18



Ilustración 10 Transporte y sistema de esterilizado [18]



Ilustración 9 Separador de envases [18]

5. El envase se llena con líquido en la segunda estación (Ilustración 11).
6. Se coloca la tapa en esta estación y se sella (Ilustración 13).
7. El envase es transportado hacia otra estación (Ilustración 8).
8. El envase se etiqueta (Ilustración 12).
9. El envase es transportado hacia otra estación (Ilustración 8).
10. Se empacan según las necesidades del cliente.



**Ilustración 11 Cabezal de llenado ref 18**



**Ilustración 13 Cabezal de tapado [18]**



**Ilustración 12 Sistema de etiquetado [18]**

## 2.3.2 MÁQUINAS LLENADORAS DE AGUA EN BOTELLAS DE PET

Básicamente las máquinas llenadoras se dividen

➤ Control del proceso:

- Automáticas (Ilustración 14)  
En estas máquinas el proceso está totalmente automatizado, el envase entra vacío y al final del proceso está lleno y tapado.
- Semiautomáticas (Ilustración 15)  
en este proceso requiere la intervención de un operador, el cual se encarga de activar el mecanismo para llenar las botellas con el líquido, estas botellas también son tapadas manualmente.



**Ilustración 15** Llenadora automática [15]



**Ilustración 14** Llenadora semiautomática [15]

➤ Forma del proceso:

- Lineales (Ilustración 15).
- Rotativos (Ilustración 16).



**Ilustración 17** Llenado lineal ref 15



**Ilustración 16** Llenado rotativo ref 15

## 2.3.3 COTIZACIONES DE MÁQUINAS DE ENVASADO DE AGUA.

### 2.3.3.1 AUTOMÁTICAS

Quotation List of water Production Line					
Item	Description	Model	Qty	Price(USD)	Remark
<b>Filling system</b>					
1	Bottle table	2000*700	1	484	
2	Washing-Filling-Capping Unit	XGF14-12-4	1	16,800	
3	Cap Elevator	SG-1	1		
4	Blow Dryer	HG-1	1		
5	Air conveyor		3 m		
6	Full bottle conveyor		3 m		
7	Light check		1	free	
<b>Packing system</b>					
23	Jet Printer	Made in China	1	4,120	
24	Automatic Labeling Machine	SLM-100	1	17,380	
25	Steam Generator	18KW	1		
26	Automatic Packing machine	WD-150	1	9,650	
<b>Total Price: 47,950(USD)</b>					

Ilustración 18 Zhangjiagang Tuteng Machinery Co,Ltd [29]

### 2.3.3.2 SEMIAUTOMÁTICAS

<b>P01</b>	<b>LLENADORA DE BOTELLAS AUTOMÁTICA LINEAL</b>	<b>LLEBOTAUTLIN</b>	<b>1.00</b>	<b>79,500.00</b>	<b>79,500.00</b>
<p><b>Principales aplicaciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso comercial: Líquidos, agua de sabor, té, etc.</li> <li>- Expendios de agua</li> <li>- Embotelladoras</li> </ul> <p><b>Especificaciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gabinete en acero inoxidable T304, grado alimenticio</li> <li>- Cabezal neumático de llenado con 6 válvulas especiales tipo retorno.</li> <li>- Tablero de Control para Operación Automática</li> <li>- Tanque de almacenamiento y recirculación: 80 Litros</li> <li>- Unidad de mantenimiento de sistema neumático.</li> <li>- Bomba de 1/2HP ac/inox marca Aquapak a 110 Volts</li> <li>- Capacidad: 1200 botellas por hora (0.5Lts)</li> <li>- Dimensiones: Altura 170 Frente 305 Profundidad 100 cm</li> </ul>					
					

Ilustración 19 Plantas y Embotelladoras de Agua S. A. de C. V. [30]

#### **2.3.4 PRINCIPALES PROVEEDORES EN MÉXICO:**

- PLANTAS Y EMBOTELLADORAS DE AGUA, S.A DE C.V (PURITRONIC) [ver ref.15].
- Equipos de envasado industrial SA de CV (WORKERS) [ver ref.16].
- SIDEL DE MEXICO S.A. DE C.V. [ver ref.14].
- Global Water Technologies Group S.R.L. de C.V. [ver ref.6].

## 2.4 PATENTES

Existen un número muy grande de patentes. Dentro de las cuales se puede encontrar la descripción general del proceso de llenado, así como cosas mas específicas a cerca de la construcción de válvulas de llenado o sellos mecánicos, bandas transportadoras, gusanos guía. A continuación se presenta, en forma resumida, una lista de las patentes más relevantes para el presente trabajo.

### 2.4.1 PATENTES DEL PROCESO DE EMBOTELLADO DE BEBIDAS.

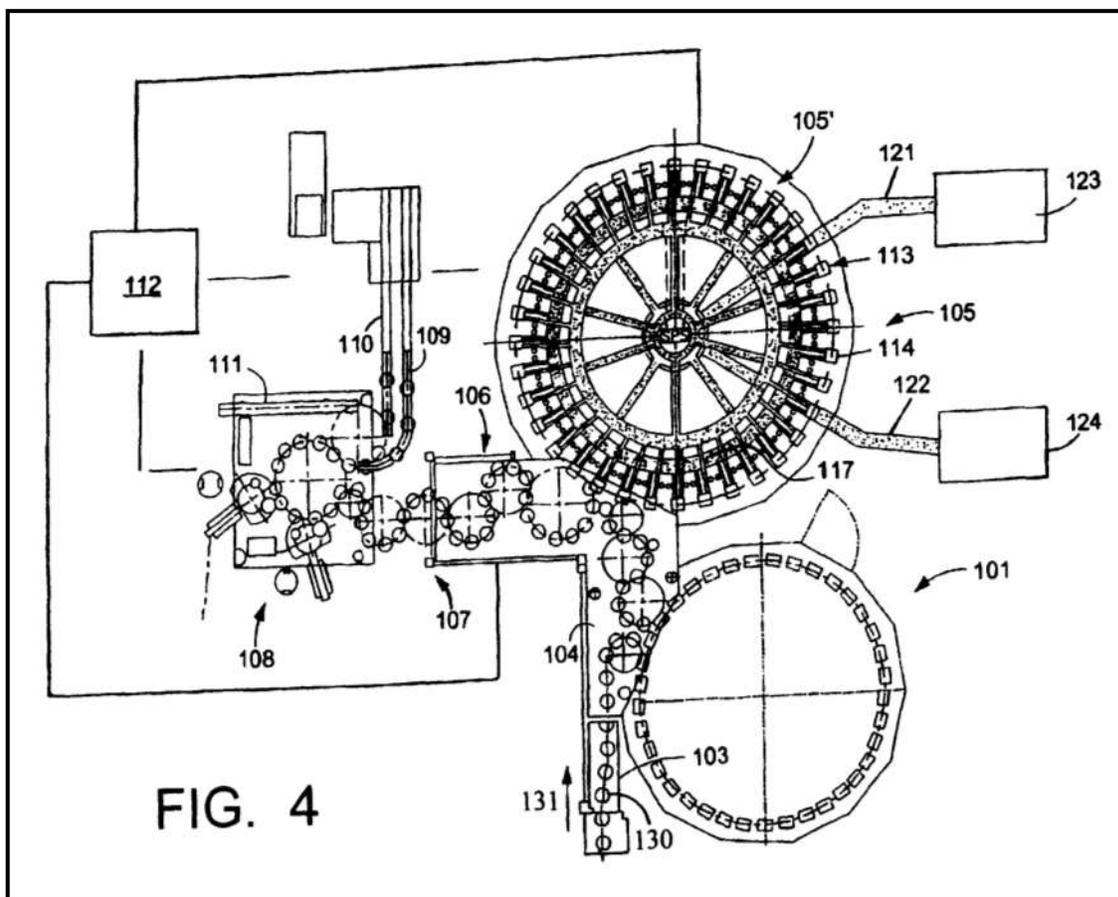


Ilustración 20 Sistema Automático de llenado [19]

1,000,971.

C. L. BASTIAN.  
BOTTLE FILLING MACHINE.  
APPLICATION FILED FEB. 12, 1909.

Patented Aug. 15, 1911.  
2 SHEETS—SHEET 1.

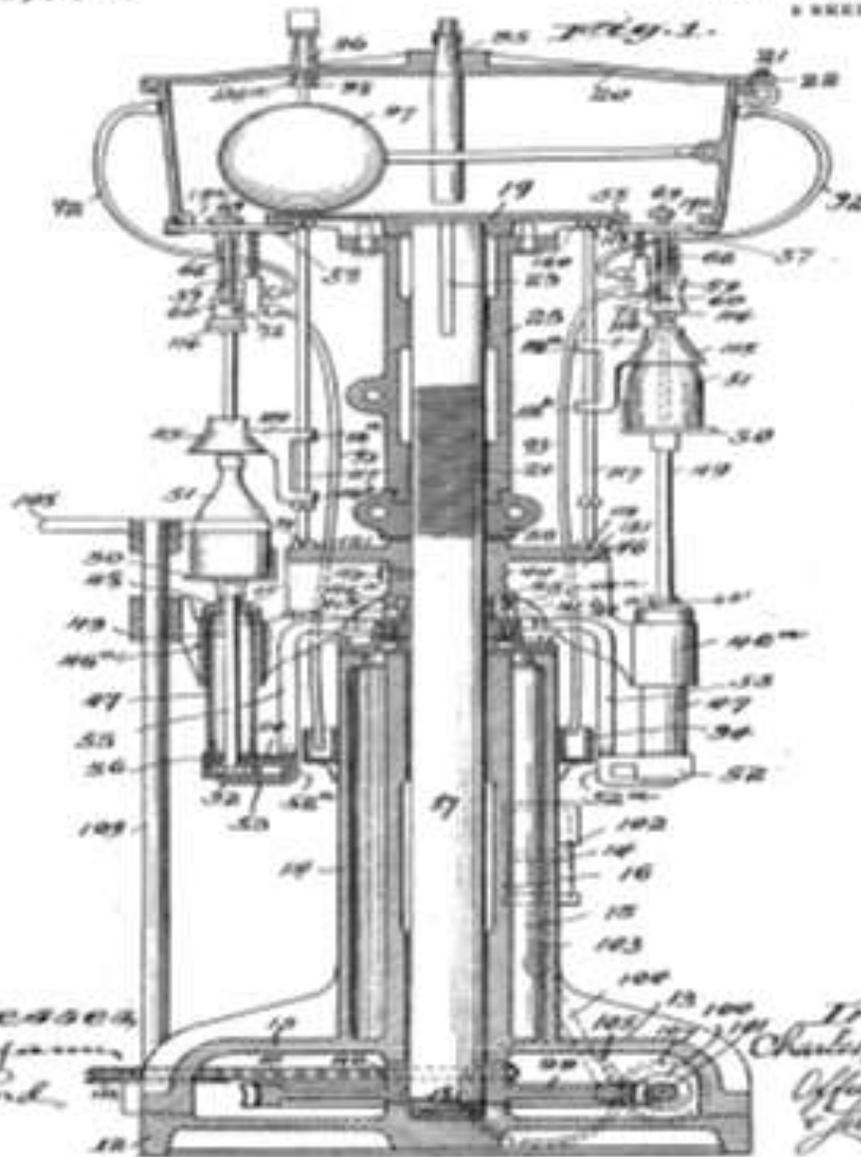


Ilustración 21 llenadora automática [20]

## 2.4.2 PATENTES DE VALVULAS DE LLENADO.

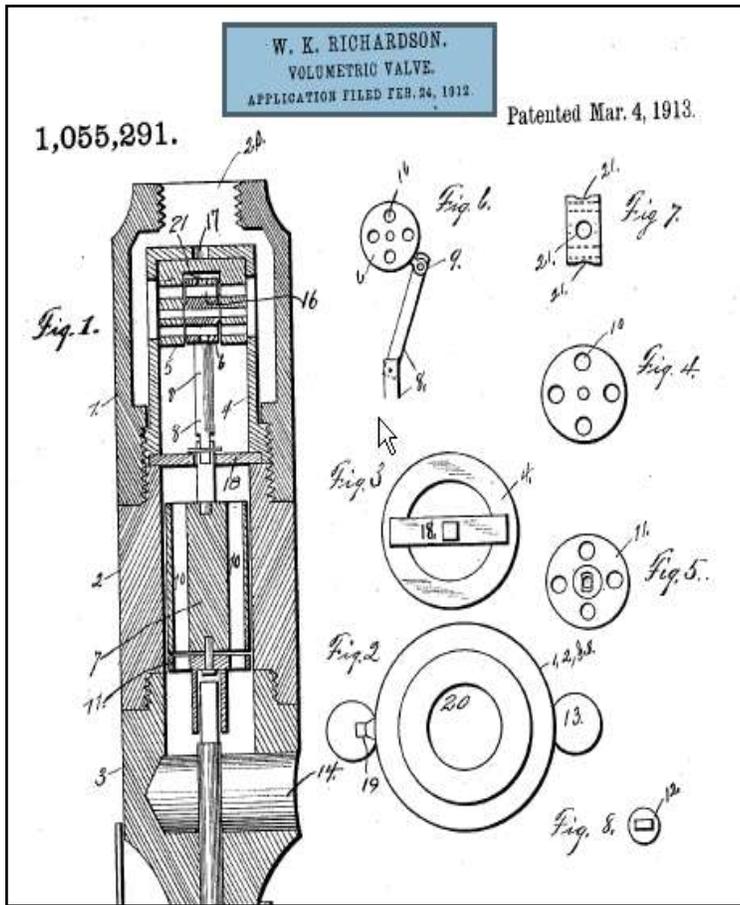


Ilustración 23 válvula volumétrica [21]

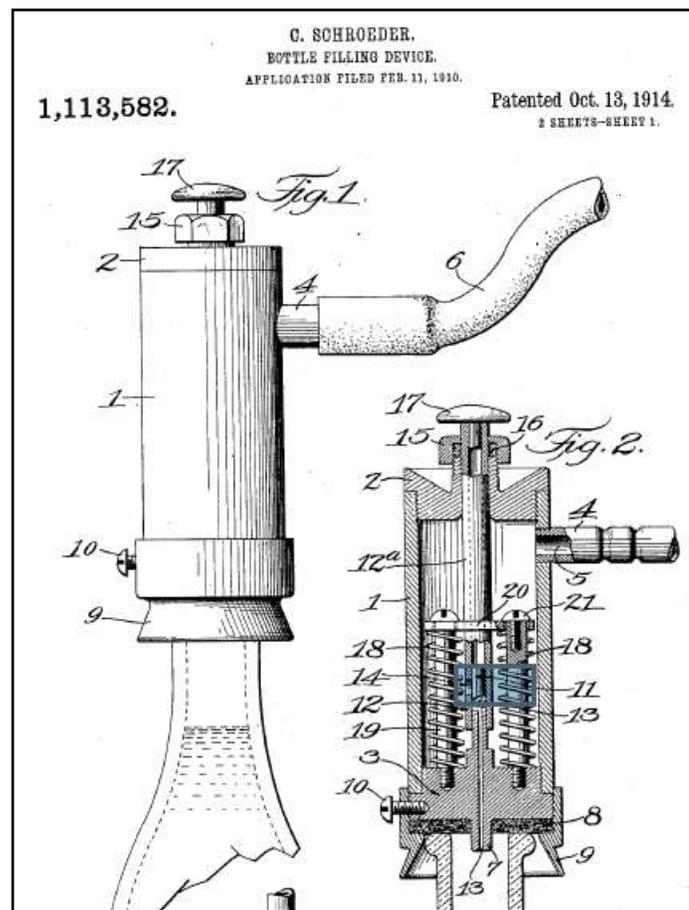


Ilustración 22 Bottle filling Device [22]

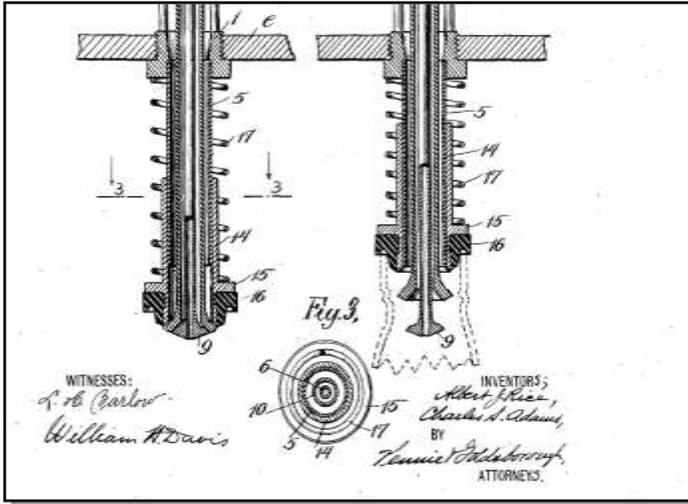


Ilustración 25 Bottle Filling Valve [23]

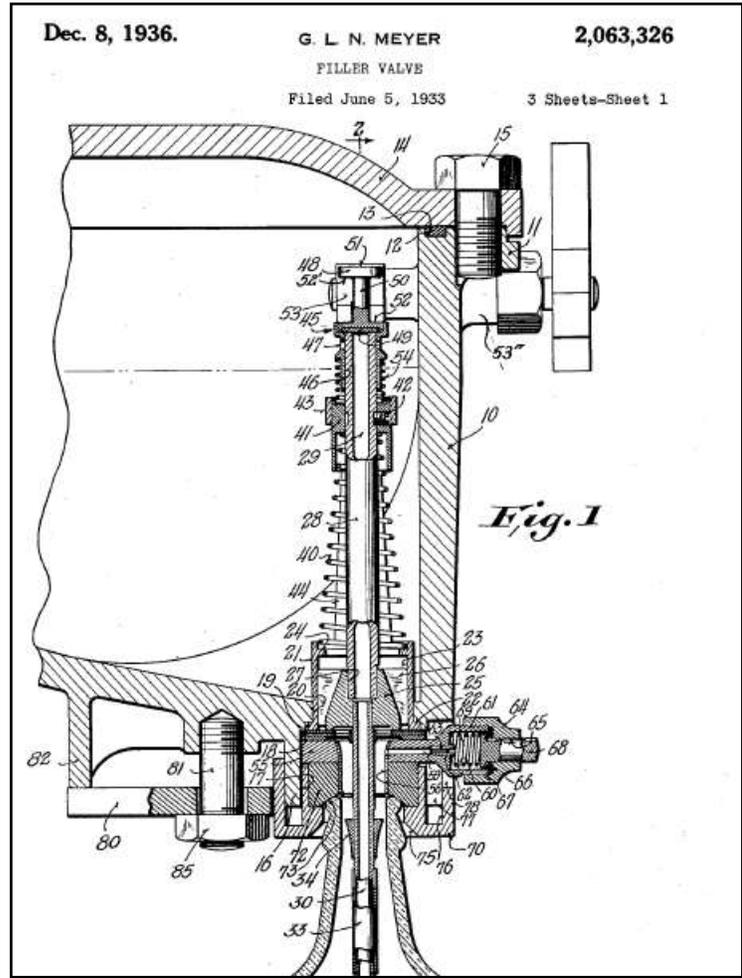


Ilustración 24 Filler Valve [25]

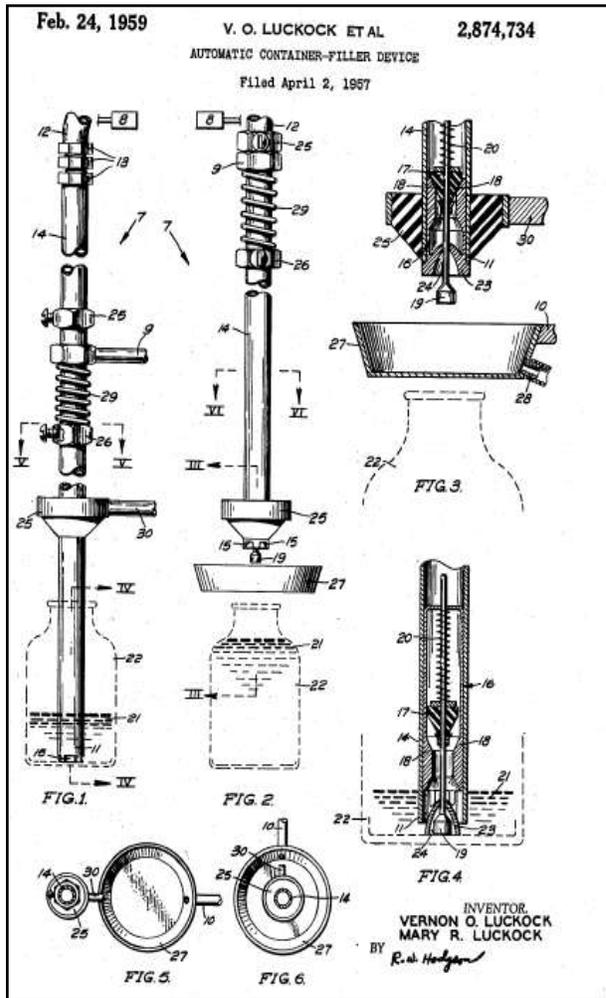


Ilustración 27 Container Filler Device [27]

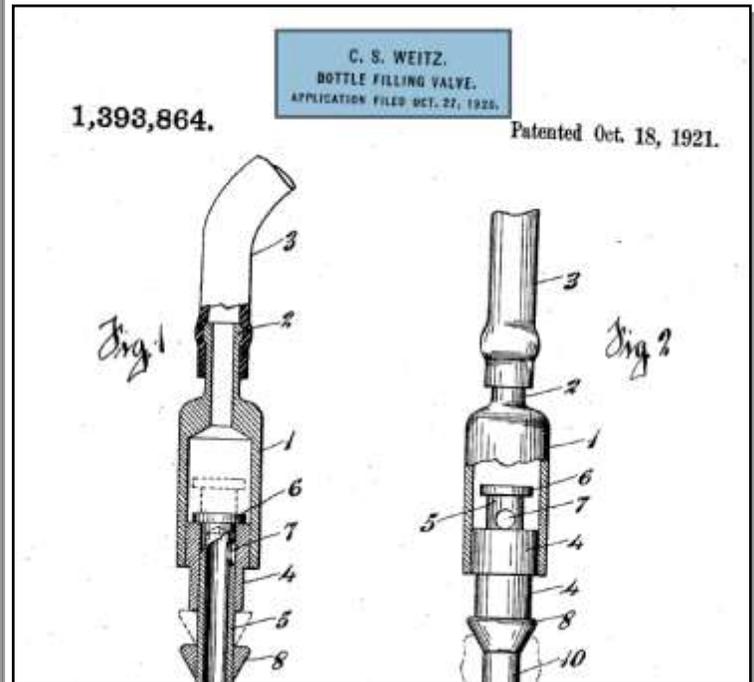


Ilustración 26 Bottle Filling Valve [24]

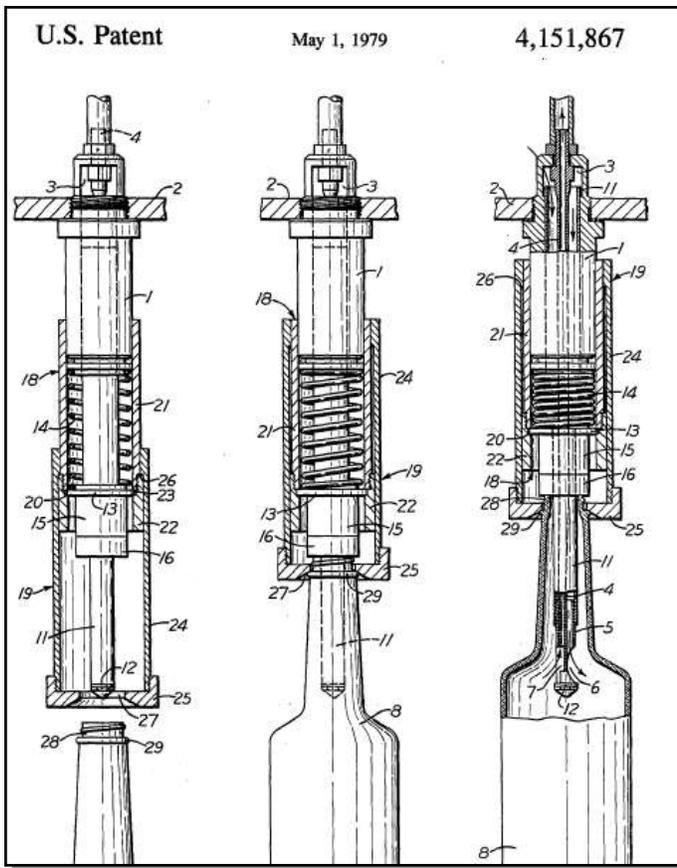


Ilustración 29 Bottle Filler Valve [28]

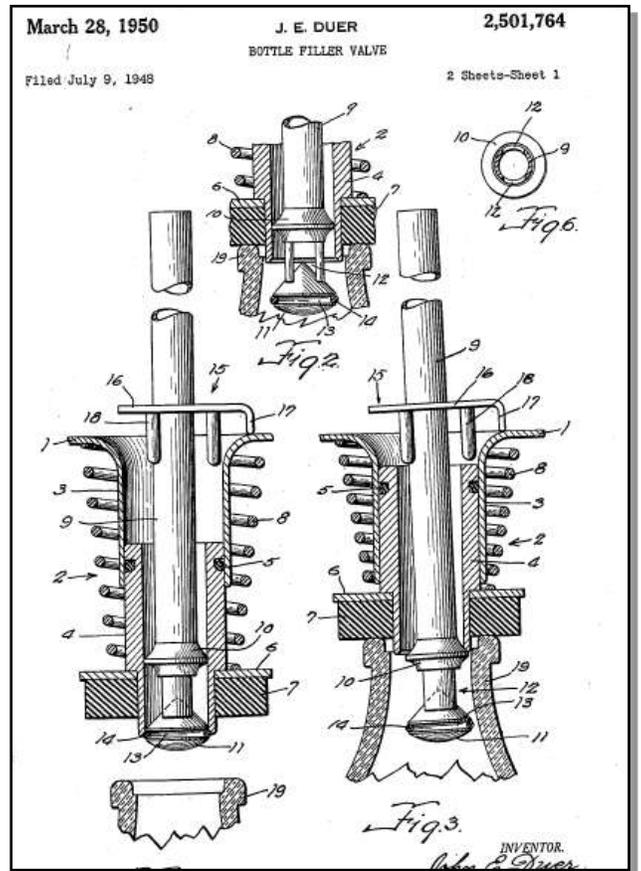


Ilustración 28 Bottle Filler Valve [26].

### 2.4.3 PATENTES DE CABEZAL DE SELLADO.

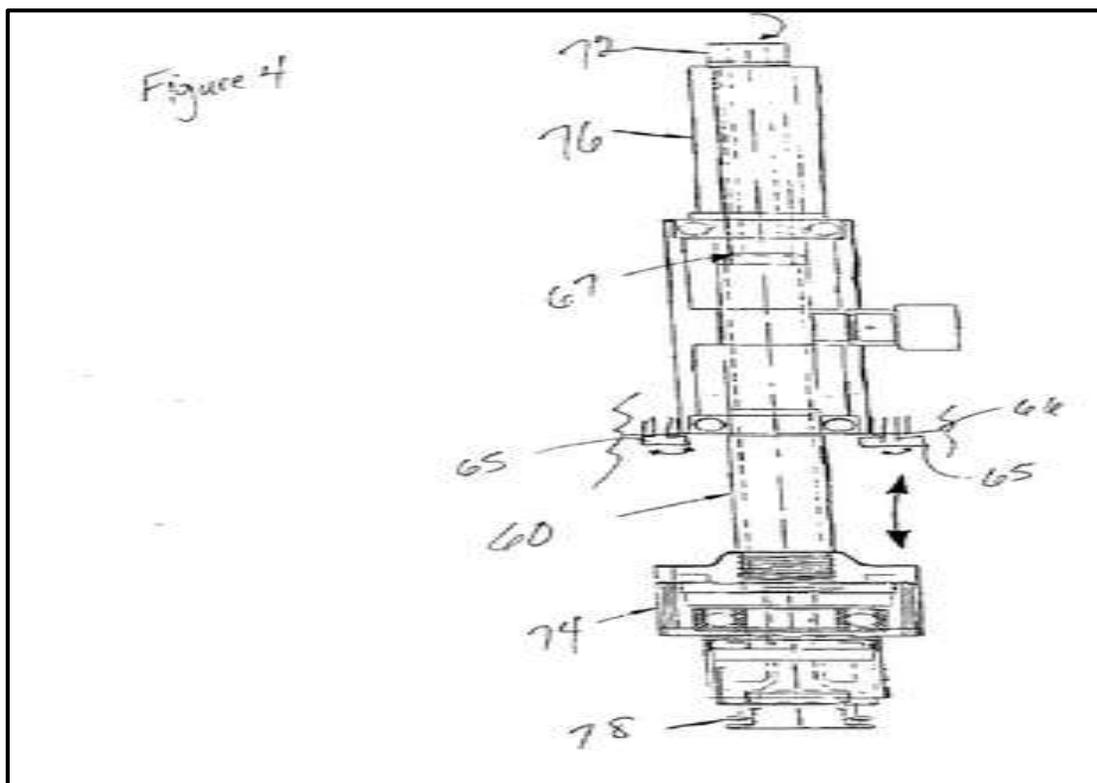


Ilustración 30. Maneral de Sellado [31]

## 2.4.4 PATENTES DE CABEZAL DE LAVADO.

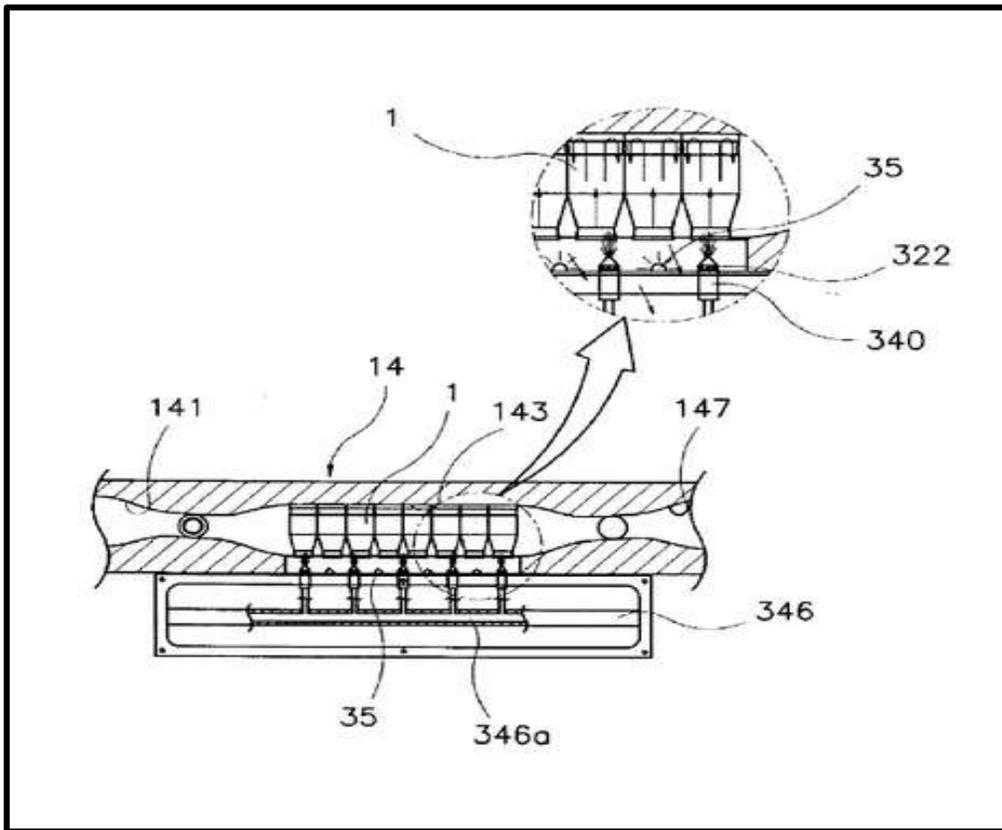


Ilustración 31. Dispositivo Para Limpiar Botellas [32].

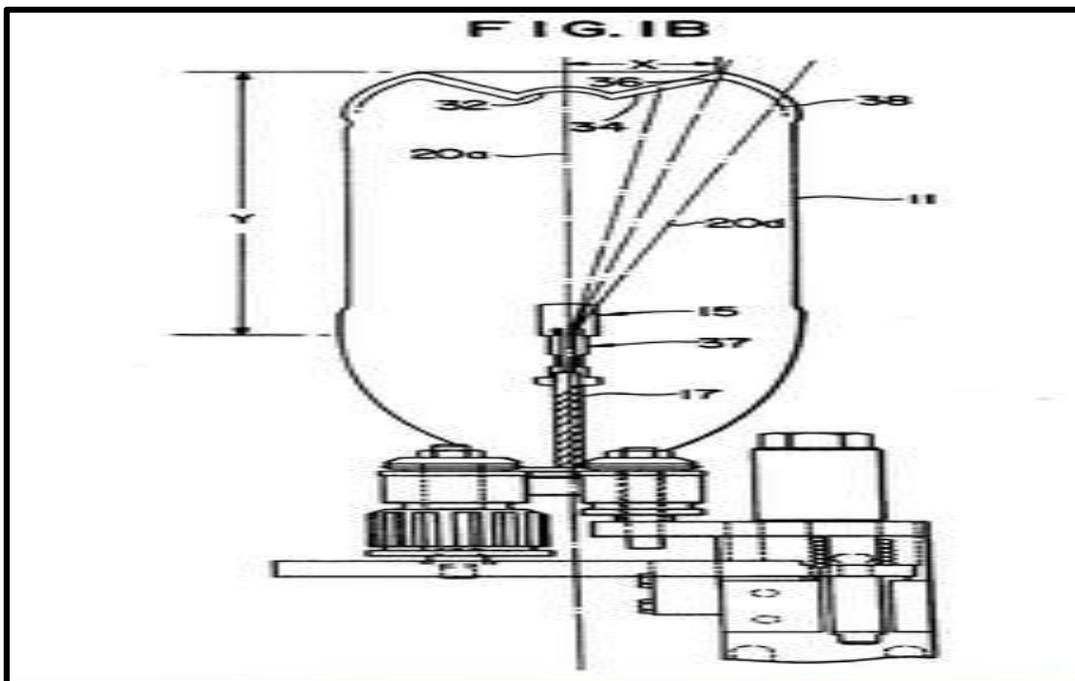


Ilustración 32. Boquilla de lavado [33]

2.4.5 PATENTES DE CABEZAL DE ETIQUETADO.

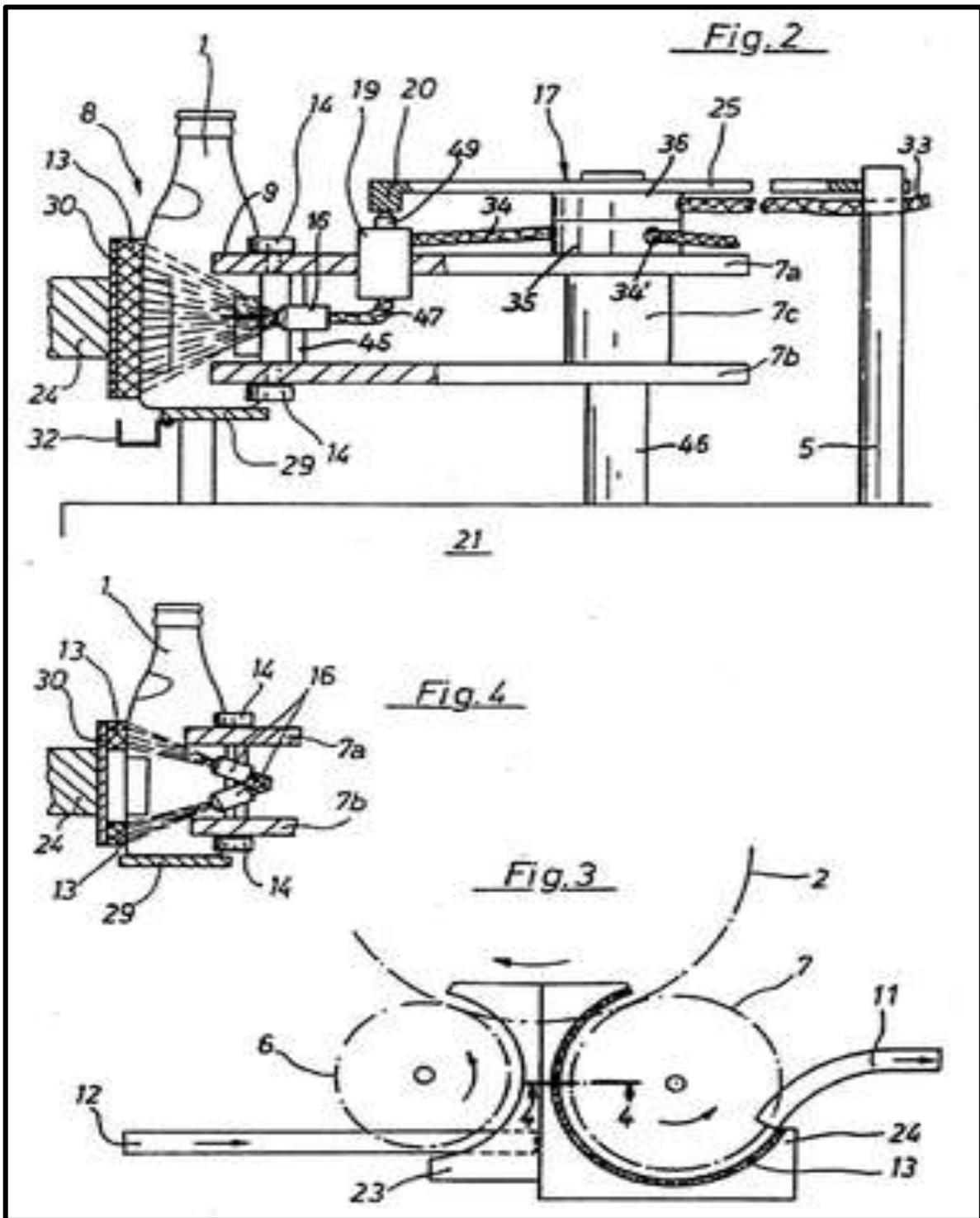


Ilustración 33 Maquina Etiquetadora. [33].



## 2.5 DESCRIPCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.

En el municipio de “Cualac” ubicado en el estado de Guerrero se encuentra instalada una planta de purificación y envasado de agua llamada purificadora Ahuelican. La cual tiene el siguiente proceso.



Fig. 2 Ubicación de la planta.

1. En un manantial que está ubicado justo al pie de una montaña brota agua continuamente, la cual es filtrada naturalmente.



**Fig. 3 Cerro de ahuelican Manantial de la Purificadora**

2. Brotan aproximada de 50 Lts/s durante todo el año lo cual es suficiente para satisfacer las necesidades de consumo diario (agua para beber) en una población de aproximadamente 20 000 habitantes.



**Fig. 5 Filtrado Natural**



**Fig. 4 Manantial**

3. El siguiente paso es la sedimentación de partículas orgánicas y arenas esto hace en varios depósitos de concreto.



**Fig. 6 Depósito en donde se sedimentan partículas orgánicas**

4. Proceso siguientes es el transporte de agua a la planta de purificación lo cual se realiza en una pipa de 10 000 lts.



**Fig. 8 Pipa Transportadora**



**Fig. 7 Tinacos**

- 5.
6. Continuando con el proceso, se deposita el agua en 2 tinacos de 10 000 lts para empezar de esta forma con la sedimentación de partículas que aun contenga.

7. En estos tinacos se realiza el clorado del agua.

8. Con ayuda de una bomba se eleva la presión y con un tanque neumático se mantienen la presión constante en el proceso.



**Fig. 10 Bomba Centrífuga**



**Fig. 9 Filtros de Arena**

9. La primera etapa de filtración se realiza en 2 tanques pequeños colocados en serie, tales tanques operan con el principio de filtrado con arena, estos tienen capacidad de filtrado de 4 lts/s.

10. Continuando en la línea hidráulica se tienen 2 filtros de malla en serie los cuales operan con el principio de micro filtración.



**Fig. 12 Microfiltración.**



**Fig. 11 Aplicación de radiación UV**

11.El agua pasa a través del proceso de foto oxidación en un tubo de rayos UV.

11.Como último proceso de purificación y para garantizar que el líquido permanezca libre de contaminación biológica se aplica ozono y de esta forma se oxidan los posibles contaminantes restantes.



**Fig. 13** Aplicación de Ozono

12. El envasado de agua se realiza manualmente en una mesa con 4 boquillas de llenado, esto se hace en garrafones de 20 lts

13. Los garrafones se lavan y desinfectan manualmente en otra mesa con capacidad de 6 garrafones a la vez.



**Fig. 14 Lavado de Garrafones**



**Fig. 15 Llenado de garrafones**

14. Sellado de envases; el sellado y colocación de etiquetas se realiza de forma manual con ayuda de una pistola de aire caliente.

15. La distribución se realiza con camiones y camionetas de redilas.



**Fig. 16 Sellado de Garrafones**



**Fig. 17 Distribución de Agua**

## 2.6 PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD.

Con la finalidad de incrementar su mercado la microempresa antes mencionada pretende comenzar con la venta de agua embotellada en garrafones de 0.5 lts. y 1 lt.

Por este motivo se hace el análisis y se toma en cuenta la posibilidad de construir maquinaria propia con el fin de tener la posibilidad de automatizar el proceso. con esto se tendría la posibilidad de ser más competitivo al ofrecer mejores precios que los que actualmente se tienen en el mercado.

## 3 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

En la planta existente se tiene a disposición un espacio como el que se muestra en la figura 34

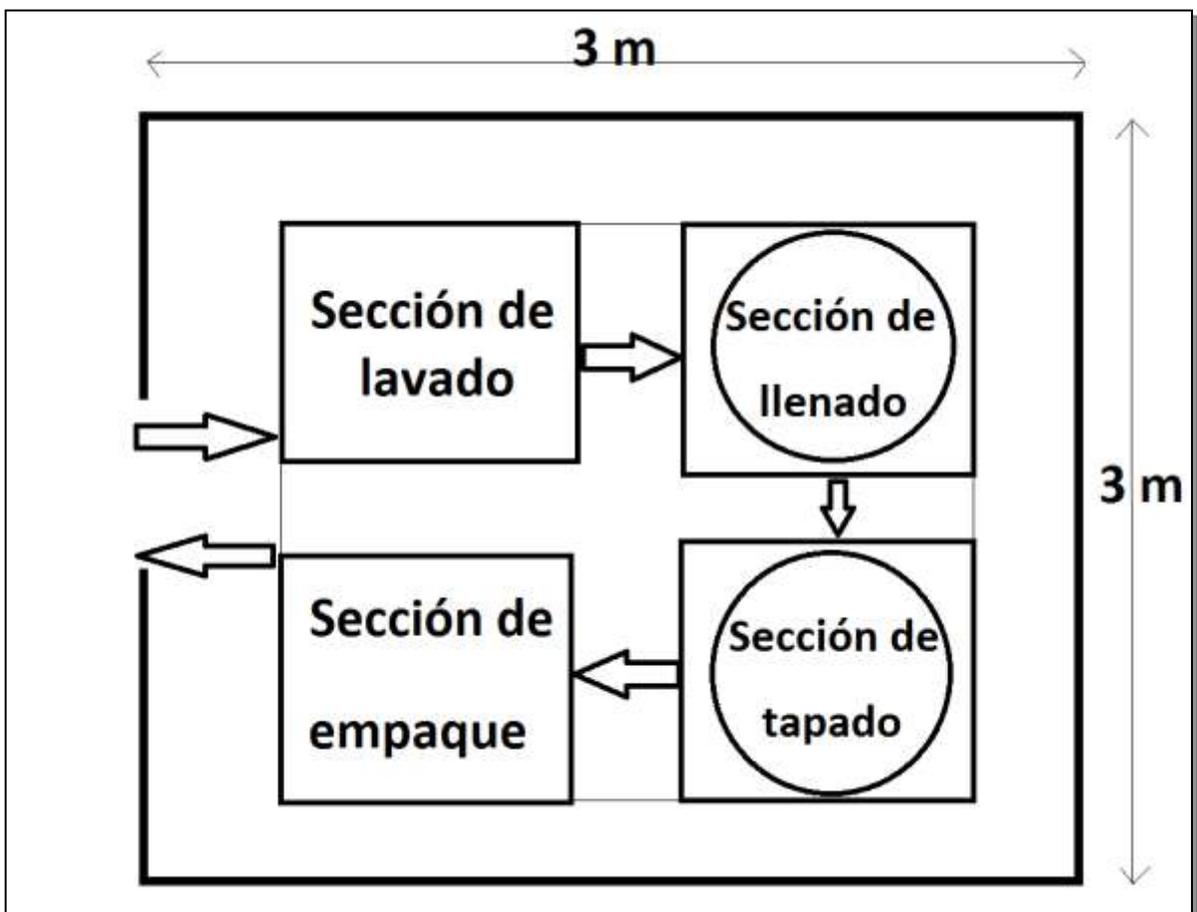


Ilustración 34 Layout de la planta

### 3.1 DISEÑO DEL RESORTE DE LA VALVULA.

El resorte de la válvula que permite que esta se abra debe estar diseñado de tal forma que al hacer contacto la válvula con la botella, la fuerza del actuador no doble ni deforme la botella.

Con estos datos se hace el siguiente cálculo:

Datos iniciales.

Fuerza máxima de que resiste una botella de PET.

$$F_o = 4 \text{ kg} = 11 \text{ Lb}$$

Fuerza mínima para que el resorte realice su función.

$$F_i = 1 \text{ kg.} = 2.2 \text{ Lb}$$

Longitud de trabajo del resorte

$$L_i = 1.709''$$

Longitud de trabajo

$$L_o = 1.500''.$$

Considerando que el material del resorte sea AISI 313 A304 se tienen los siguientes cálculos.

DATOS INICIALES					
CARGA MAXIMA QUE SOPORTA LA BOTELLA	$F_o$	11	[lb]		
LONGITUD DE TRABAJO DEL RESORTE	$L_o$	1.5	[in]		
PRECARGA (VALVULA CERRADA)	$F_i$	2.2	[lb]		
DISTANCIA DEL RESORTE A VALVULA CERRADA	$L_i$	1.703	[in]		
MATERIAL TIPO	WIRE OF ALLOY A313 304				
MODULO DE ELASTISIDAD EN TENSION	$E$	28000	[ksi]		
MODULO DE ELASTISIDAD EN CORTANTE	$G$	10000	[ksi]		
FACTOR DE SEGURIDAD	$n_s$	2.00	$n_s \geq 1$		
ESFUERZO ULTIMO DE TENSION	$S_{ut}$	252	[ksi]		
ESFUERZO TORSIONAL PERMISIBLE	$S_{sy} = 0.45S_{ut}$	113.4	[ksi]		
DIAMETRO DEL ALAMBRE	$D_w$	0.072	[in]		
INDICE DEL RESORTE	$C$	9.13	$4 \leq C \leq 12$	EC. No. 9	
DIAMETRO MEDIO	$D_M$	0.657	[in]	EC. No. 10	
FACTOR BERGSTRÄSSER	$K_B$	1.149		EC. No. 11	
MAXIMO SHEAR STRESS	$\tau_{max}$	56.70	[ksi]	EC. No. 12	
DIAMETRO EXTERIOR DEL RESORTE	$D_o$	0.729	[in]	EC. No. 14	
ESPIRAS ACTIVAS	$N_a$	3.00	$3 \leq N_a \leq 15$	EC. No. 15	
ESPIRAS TOTALES	$N_t$	5.00			
CONSTANTE DEL RESORTE	$k$	39.40	[lb/in]	EC. No. 16	
LONGITUD LIBRE DEL RESORTE	$(L_f)_{cr}$	3.578	$L_f < (L_f)_{cr}$	EC. No. 17	

**Tabla 1 CÁLCULO DEL RESORTE DATOS INICIALES**



## 4 DISEÑO CONCEPTUAL

Con la información recabada se proponen diferentes configuraciones y diseños de la maquina envasadora.

El diseño se divide en secciones, cada una de las secciones se divide a su vez en las diferentes partes que forman la máquina; de esta forma tenemos lo siguiente:

1. Sección de lavado
2. Sección de llenado
3. Sección de tapado
4. Sección de empaque

Diagrama de flujo del controlador del sistema.

C = Contador de Botellas    T= Tiempo  
M1 = Motor de Banda Transportadora    E =  
Electroválvulas

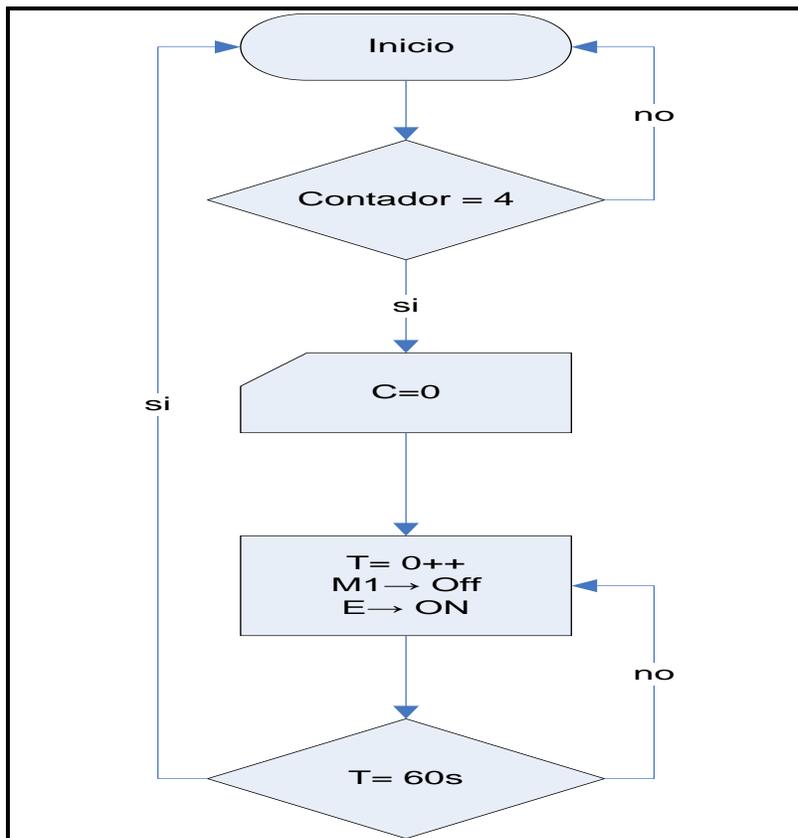


Ilustración 35 Sistema de control

## 4.1 ALTERNATIVAS CONCEPTUALES

### 4.1.1 MÁQUINA LINEAL DE ENVASADO.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	ESTRUCTURA MÓVIL	1
2	VALVULA DE LLENADO	4
3	MANERAL SELLADO DE	4
4	ACTUADORES NEUMATICOS	2
5	ESTRUCTURA FIJA	1
6	BANDA DE TRANSPORTACION	1
7	BOTELLAS	8

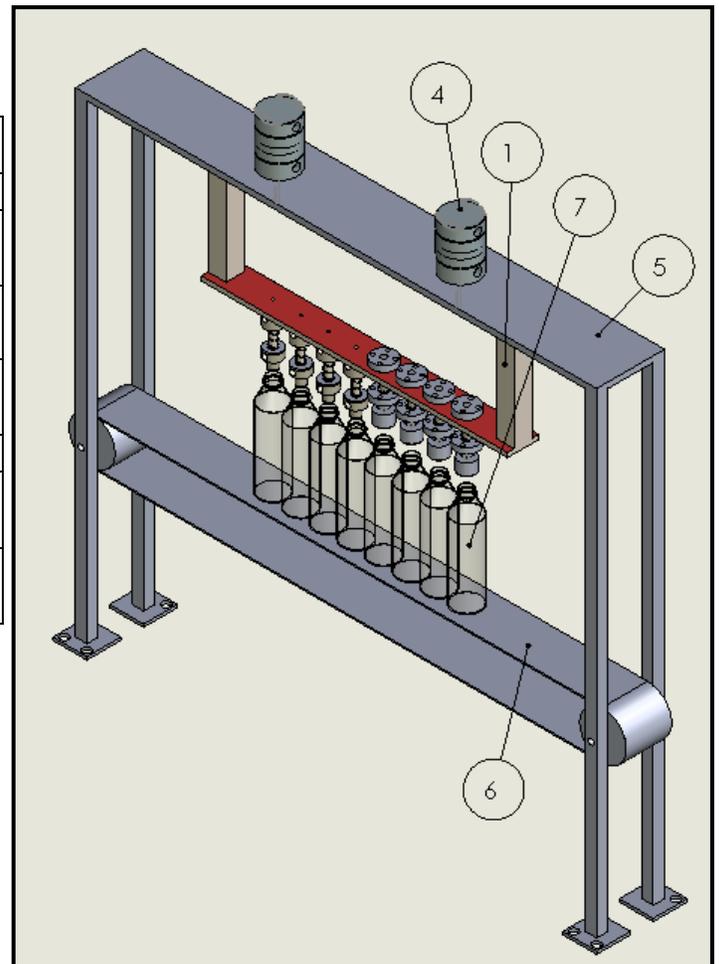


Ilustración 365 MÁQUINA LINEAL DE ENVASADO

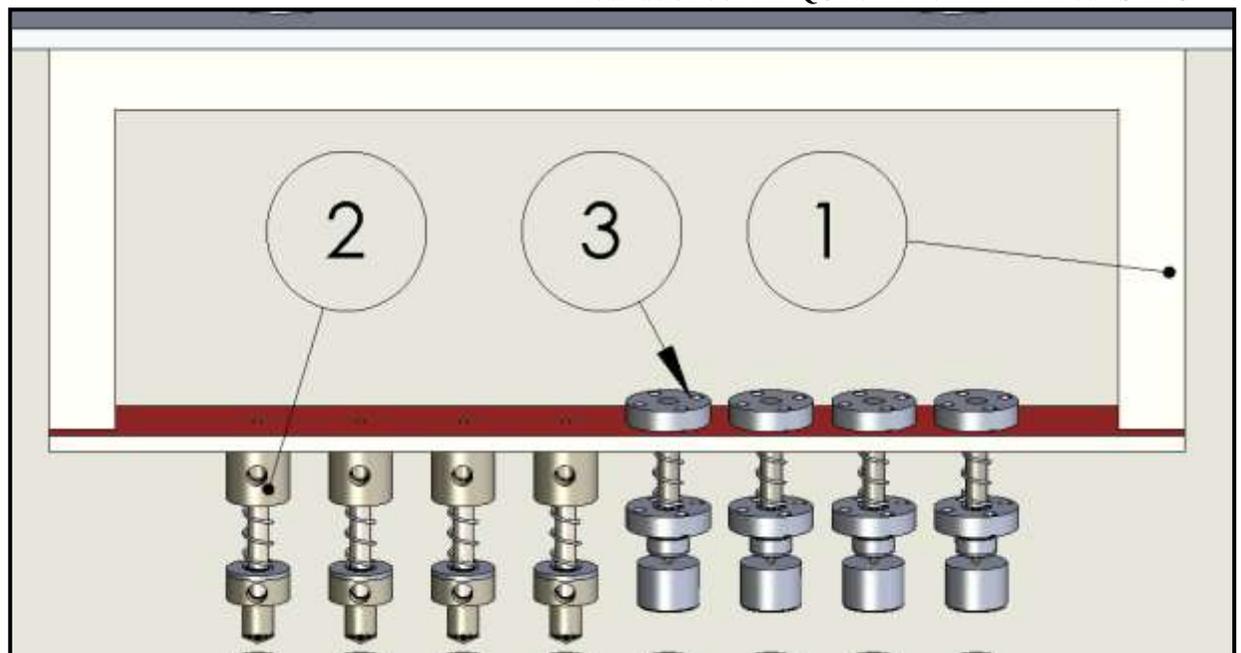
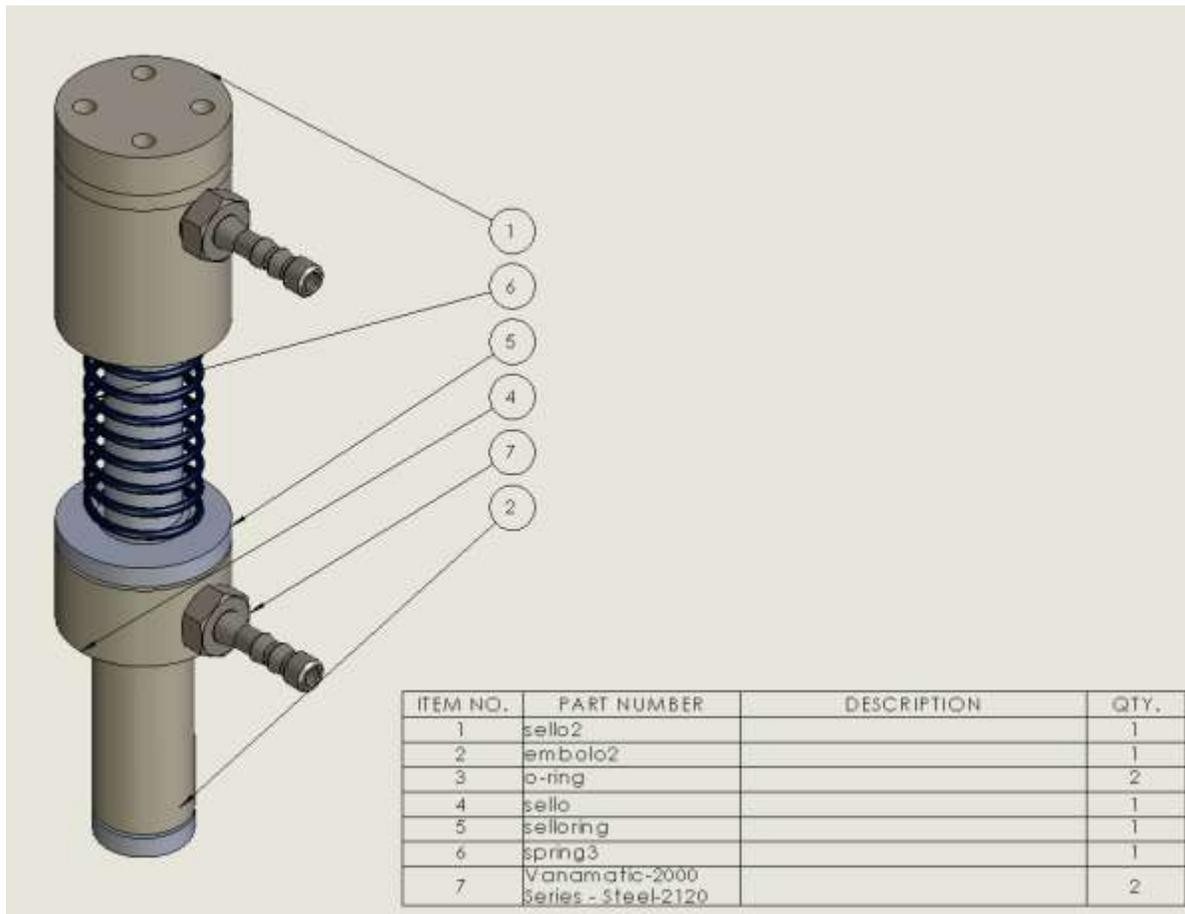


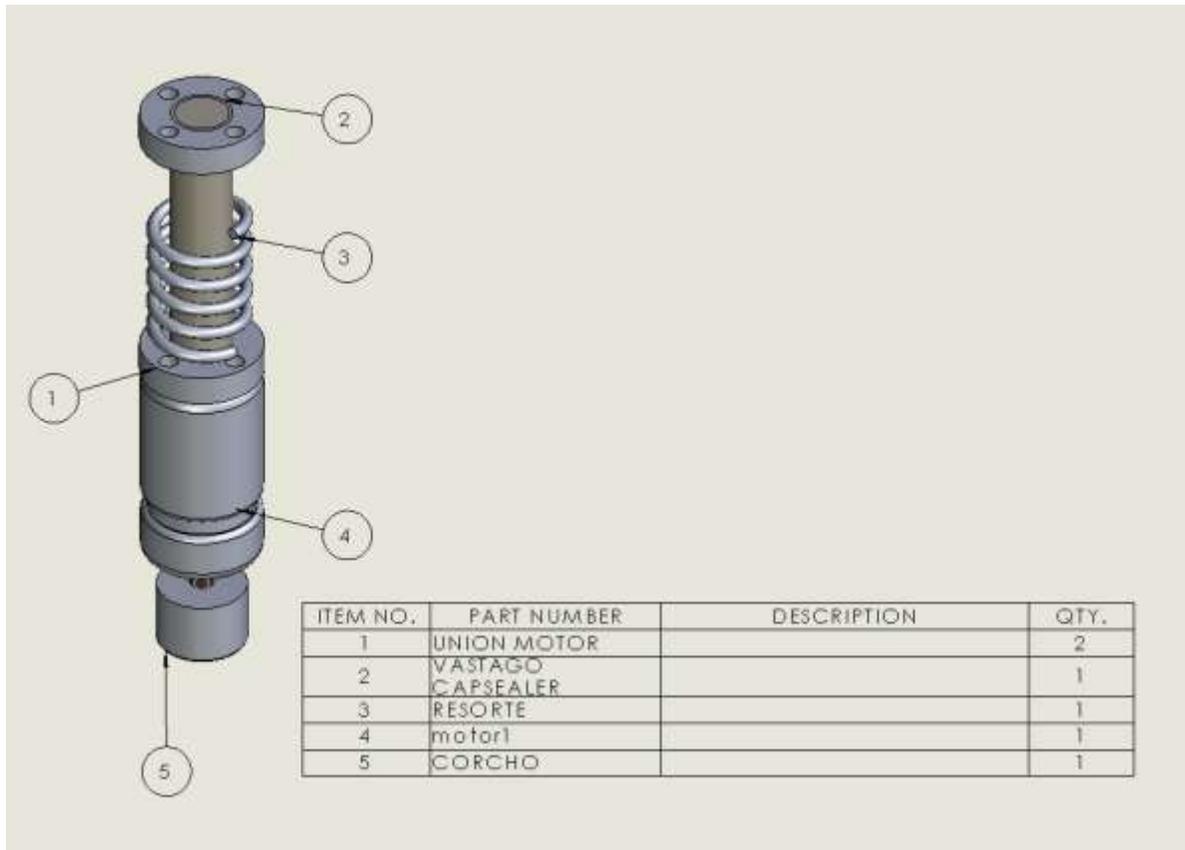
Ilustración 376 MÁQUINA LINEAL DE ENVASADO

#### 4.1.2 VÁLVULA DE LLENADO.



**Ilustración 38 válvula final**

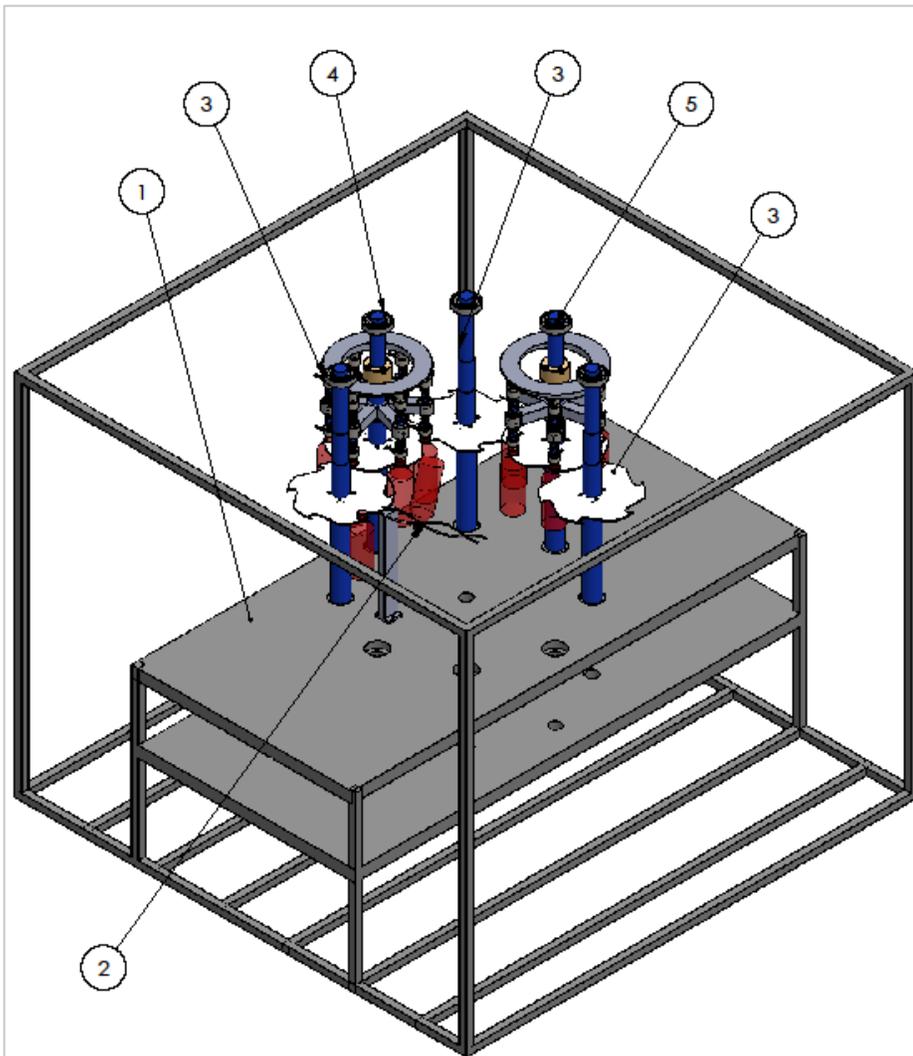
### 4.1.3 MANERAL DE SELLADO



**Ilustración 39** Maneral de sellado

#### 4.1.4 MÁQUINA ROTATORIA DE ENVASADO.

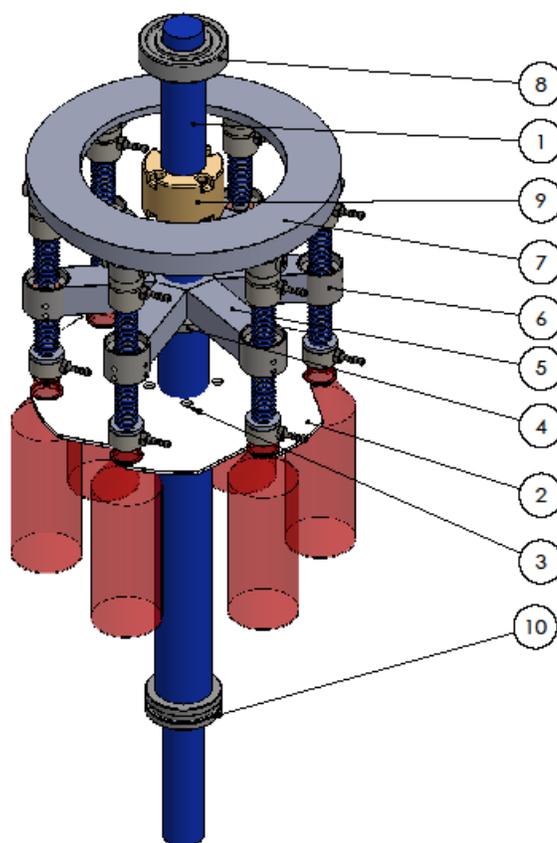
Numero de Parte	Parte
1	Estructura externa
2	Sistema de lavado de botellas
3	Cabezal de transporte
4	Cabezal de llenado
5	Cabezal de sellado



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE				FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
DIBUJ.							
VERIF.							
APROB.							
FABR.							
CALIF.							
				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
						ensambletotal A4	
				PESO:		ESCALA:1:50	
						HOJA 1 DE 1	

#### 4.1.5 CABEZAL DE LLENADO COMPLETO.

Numero de Parte	Parte
1	Eje
2	Cabezal1
3	Seguro de cabezal
4	Seguro de soporte
5	Soporte de válvula
6	Válvula de llenado
7	Leva.
8	Rodamiento radial
9	Sello mecánico
10	Rodamiento axial



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DRILL.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CAUD.				MATERIAL:	N.º DE DIBUJO
					<b>cabezal llenado</b>
				PESO:	ESCALA:1:10
					HOJA 1 DE 1
					A4

#### 4.1.6 DISEÑO FINAL DE LA VÁLVULA:

Número de Parte	Parte
1	Soporte de ruedas
2	Pernorodamiento
3	Rodamiento válvula
4	Conector ¼ NPT
5	Sello2
6	Embolo2
7	Spring3
8	O-ring
9	Sello
10	Sello ring
11	Tapa ½ NPT

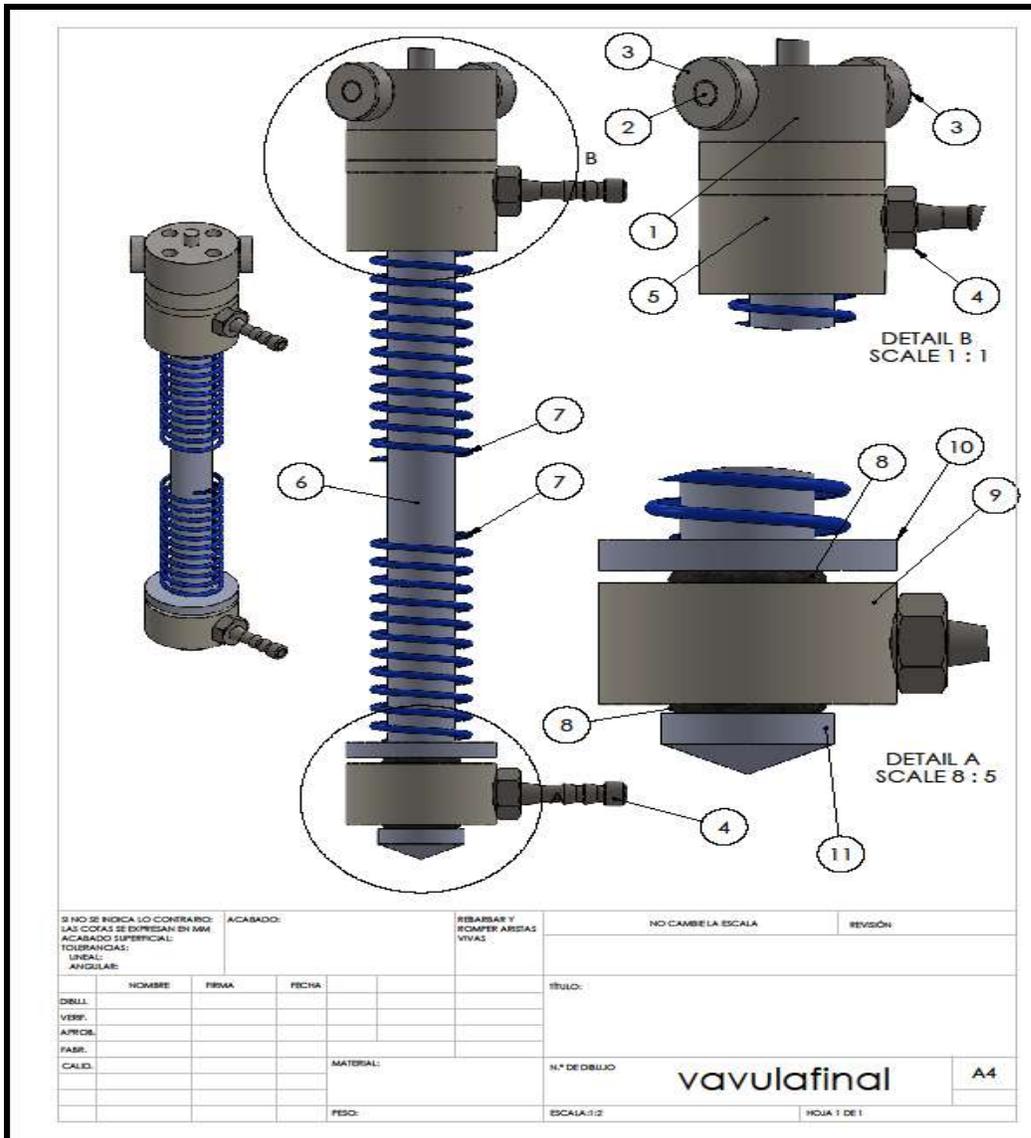
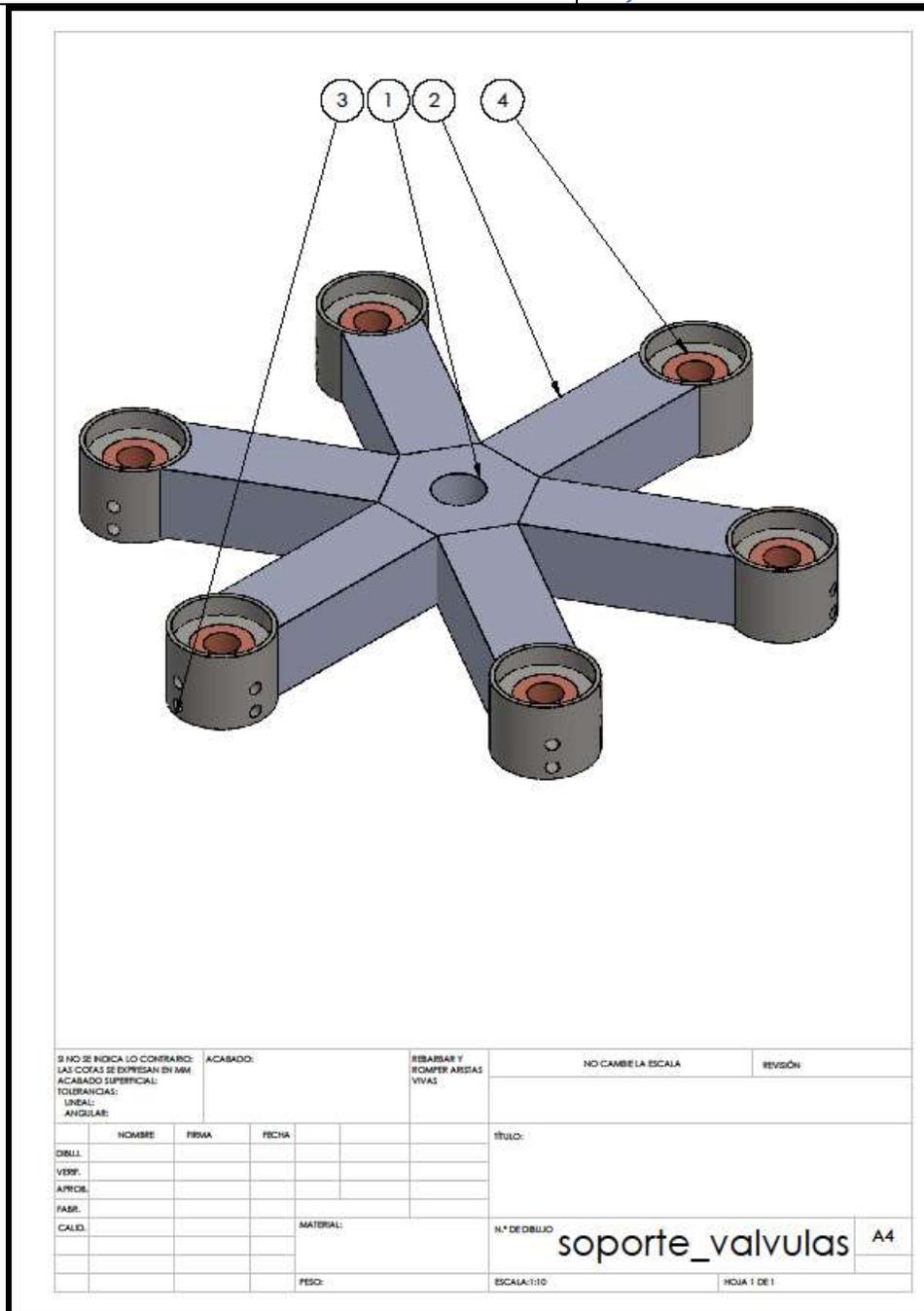


Ilustración 40 Ensamble de Válvula para sistema rotatorio.

#### 4.1.7 DISEÑO FINAL DE SOPORTE DE VÁLVULAS:

Parte	Nombre
1	Ptr_union
2	Ptr_soportedevalvula
3	Piezadecentradodevalvula
4	Buievalvulacentrado



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
HOMBRE    FIRMA    FECHA				TÍTULO:	
DIBUJ. VERIF. APRUB. FABR. CALID.				MATERIAL:	N.º DE DIBUJO <b>soporte_valvulas</b>
				ESCALA:1:10	A4 HOJA 1 DE 1

## 4.2 ANÁLISIS DE SISTEMA DE LLENADO

### 4.2.1 ANÁLISIS DE PARTES CRÍTICAS DEL PROCESO.

#### 4.2.1.1 FORMAS DE CONEXIÓN DE FLUIDO PARA EL PROCESO.

Por la forma del diseño de la máquina se requiere tener una conexión rotativa por la cual circule agua y aire. Por lo que se buscaron alternativas para resolver esta necesidad.

1. Sello mecánico
2. Válvula de conexión rápida
3. Junta hidráulica rotativa
4. Tanque rotativo.

#### 4.2.1.2 PRUEBA DE SELLO MECÁNICO.

En las pruebas del sello mecánico se determinó que no es factible usarlo para conectar el sistema hidráulico, pues se trata de un dispositivo diseñado para aplicaciones de bombeo a altas presiones.



**Ilustración 42 conexión rápida**

#### 4.2.1.3 PRUEBA A VÁLVULA DE CONEXIÓN RÁPIDA

Las conexiones rápidas funcionan muy bien en aplicaciones en las cuales no rotan. Por lo que en nuestra aplicación no funciona adecuadamente.

#### 4.2.1.4 PRUEBA JUNTA HIDRÁULICA ROTATIVA

Este dispositivo parecido a la válvula de conexión

rápida solo que es más robusto y esta diseñada especialmente para este tipo de conexión rotativa. La desventaja es el precio.



**Ilustración 43 Junta Rotativa Hidráulica**

### 4.3 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE LOS MOTORES DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA.

La transmisión de potencia a los rotores se puede hacer de varias formas y con diferentes tipos de motores. Por lo que se necesita determinar cual configuración es la más adecuada.

Característica	Por engranes	Por banda y polea dentada	Motores individuales
Precio	1	3	1
Precisión	3	3	2
Controlabilidad	3	3	2
Disponibilidad	1	2	2
Eficiencia	2	2	1
Total	10	13	8

- 1- malo
- 2- regular
- 3- bueno

De la tabla se determina que la opción más viable es transmitir la potencia por medio de bandas dentadas.

### Tabla comparativa de motores

característica	Motor Directa	Motor de alterna
Precio	1	2
Potencia	2	2
Controlabilidad	3	1
Precisión	3	1
Disponibilidad	1	3
Velocidad	2	2
Torque	2	2
Peso	2	1
Eficiencia	2	1
total	18	15

- 4- malo
- 5- regular
- 6- bueno

De la tabla se obtiene que el motor mas adecuado para tareas de control es el DC.

## **4.7 SELECCIÓN**

El diseño que tiene las mejores características es del tipo rotativo con control automático.

Sin embargo por razones económicas el diseño que se construirá será del tipo lineal con un control automático, si en el modelo de negocios que se plantea en la parte inferior da resultados se construirá la envasadora rotativa.

## 5 FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO

Se pretende construir un cabezal rotativo para garantizar que el proceso sea continuo.

### 5.1. SECCIÓN DE LLENADO.

El diseño del cabezal de llenado se divide en:

- Válvula de llenado
- Soporte de válvulas
- Eje
- Leva de llenado
- Sistema rotativo de inyección.

Una de las partes fundamentales en el diseño del cabezal de llenado es la válvula con la cual se llenarán las botellas; por lo que se realizaron varias pruebas de funcionamiento a diferentes prototipos para determinar cual diseño es el más adecuado.

Con la primera prueba se descubrió que la válvula necesita 2 entradas de fluido una por la que entre el agua que se envasara, y otra por donde salga el aire que esta dentro de la botella.



**Ilustración 44 Prueba de funcionamiento de válvula.**

Por lo que en el prototipo 2 se probó con 2 orificios, con lo cual se obtuvo mejores resultados, pues la entrada de agua se tenía en un lado y la salida de aire por otro con lo que la presión se libera y la botella se llena completamente.



**Ilustración 45 Prototipo 2 de válvula.**

## 5.2 PROTOTIPO DE FUNCION CRÍTICA (sujeción de botella)

Una de las funciones críticas del sistema de embotellado es la forma en la que se deben sujetar las botellas en el cabezal rotativo.

Por lo que se fabricó un prototipo rápido para probar cual de las siguientes opciones de sujeción es la mejor.

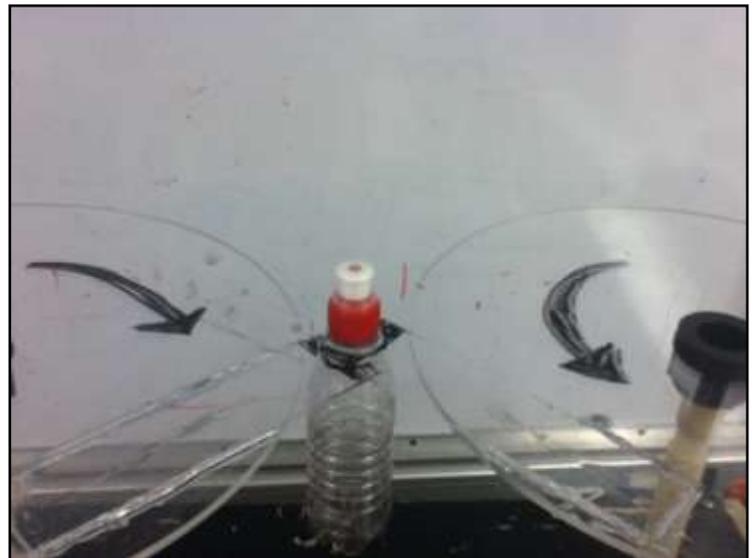


**Ilustración 46** Simulador de rotor prueba de sujeción.

1. Sujeción por leva con muesca de inserción de botella.
2. Sujeción por medio de pinzas con muesca.

Con estas pruebas se determinó:

- El movimiento relativo (en el punto en que se hace el intercambio de las botellas) entre un cabezal y otro debe ser en el mismo sentido, es decir el movimiento angular entre un cabezal y otro debe ser en sentido contrario.
- La forma de sujeción es más sencilla y económica solo con levas con muescas.
- La manera más efectiva pero más cara es con pizas neumáticas.



**Ilustración 47** Giro de los Rotores.

## 6 CONCLUSIONES.

En este trabajo se dan las bases para la construcción de una máquina embotelladora.

Para ser competitivo en el mercado de las bebidas embotelladas se debe tener un plan de negocios bien establecido con su análisis de mercado para cada región en el cual se quiera empezar el negocio.

Si es posible manufacturar equipo nacional con excelentes características para la industria de las bebidas embotelladas.

Las características y capacidades de las máquinas que se deseen construir son muy extensas, lo que se debe de tomar en cuenta es el tamaño del mercado, la cantidad de piezas por hora que se deseen producir, así como los recursos que se tengan disponibles.

Es buena práctica para pequeñas empresas empezar con maquinaria de poca producción, de esta forma se darán cuenta del tamaño del mercado y si están en posibilidades de competir.

Con los prototipos construidos y con las pruebas que realice, es posible afirmar que esta máquina es factible de construir. Los principales problemas a los que me enfrente fueron:

- La válvula de llenado debe de tener una entrada de agua y una salida de aire, de lo contrario cuando la presión dentro de la botella sea igual a la del fluido que se pretenda inyectar este no fluirá más y por lo tanto no se llenara completamente la botella. Es por esta razón que el prototipo final de la válvula tiene una entrada de agua y una salida de aire.
- El resorte de la válvula y del maneral de sellado es de vital importancia por lo que su cálculo se realizó cuidadosamente,

de lo contrario con una constante demasiado grande las botellas se deformaban o rompían.

- Otra de las funciones críticas es la de transportar las botellas a través de los cabezales, pues estos debían tener un sentido de giro contrario de esta forma se garantizaba el transporte de las mismas.
- La sujeción de las botellas fue muy importante pues era necesario que estas no se movieran para garantizar el llenado y el sellado de las mismas, para esto la mejor forma de sujeción fueron unas pinzas neumáticas.

# 7 Apéndice

## 7.1 APÉNDICE 1 DISEÑO DE VÁLVULA DE LLENADO.

Dibujos de detalle.

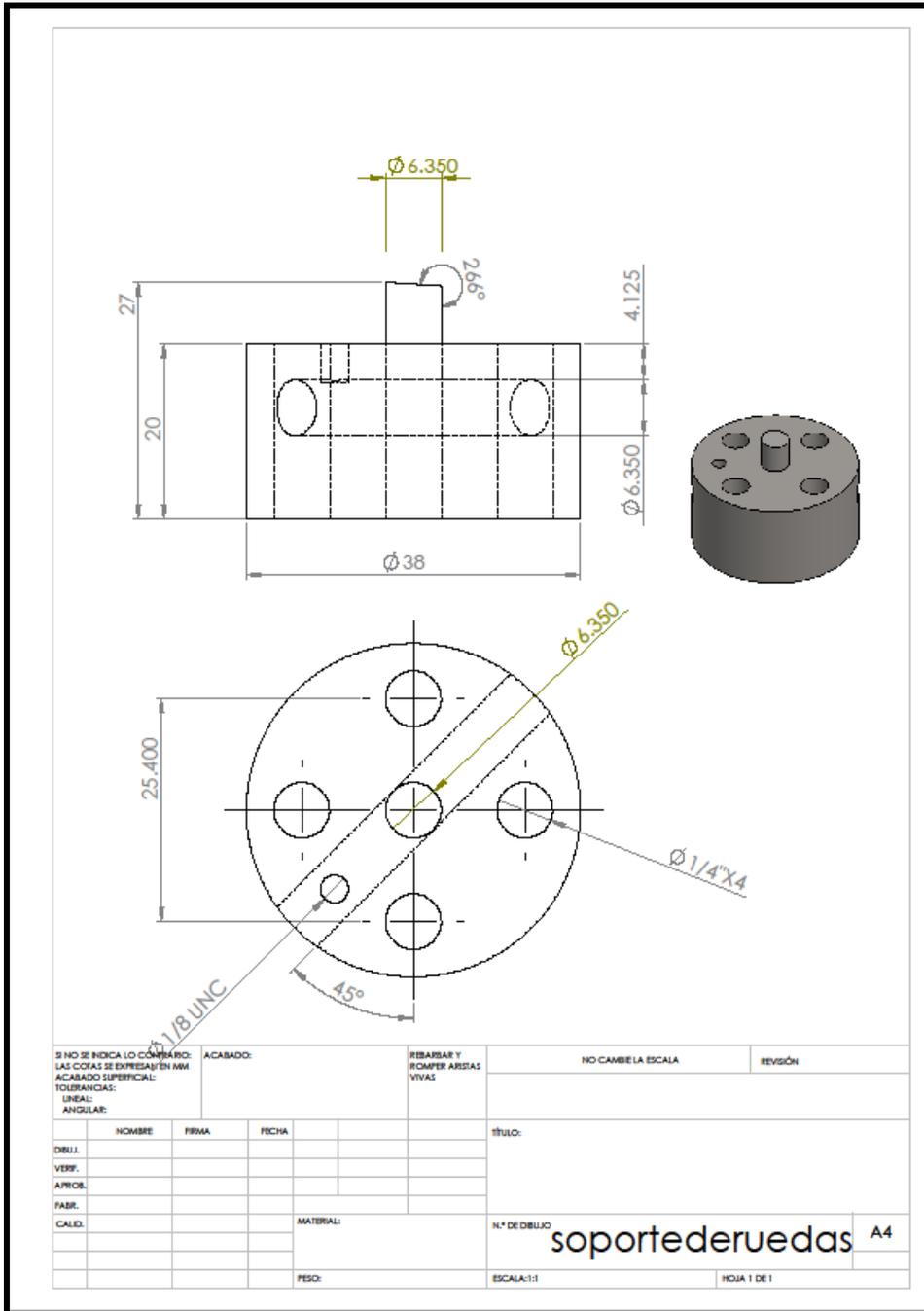
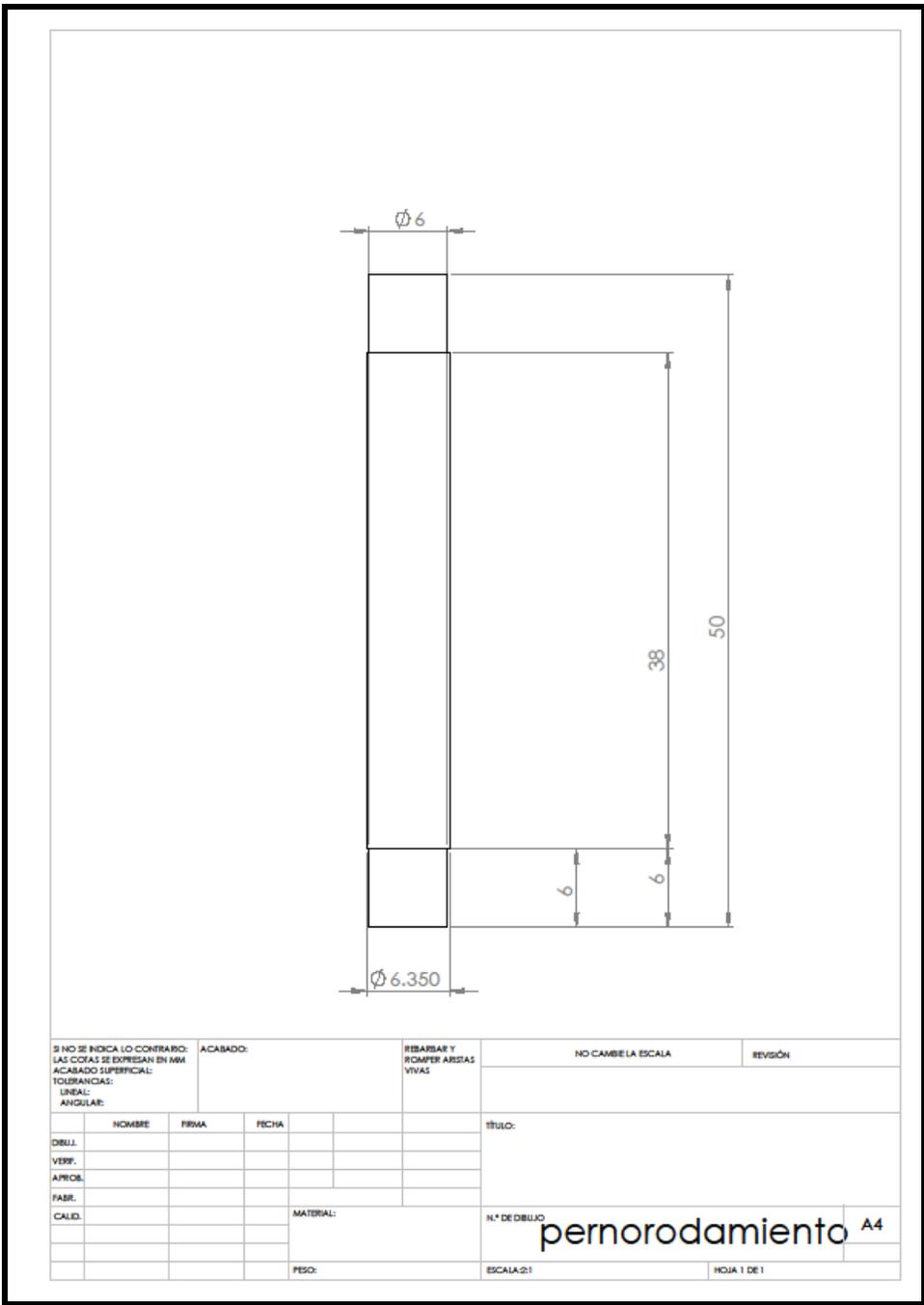
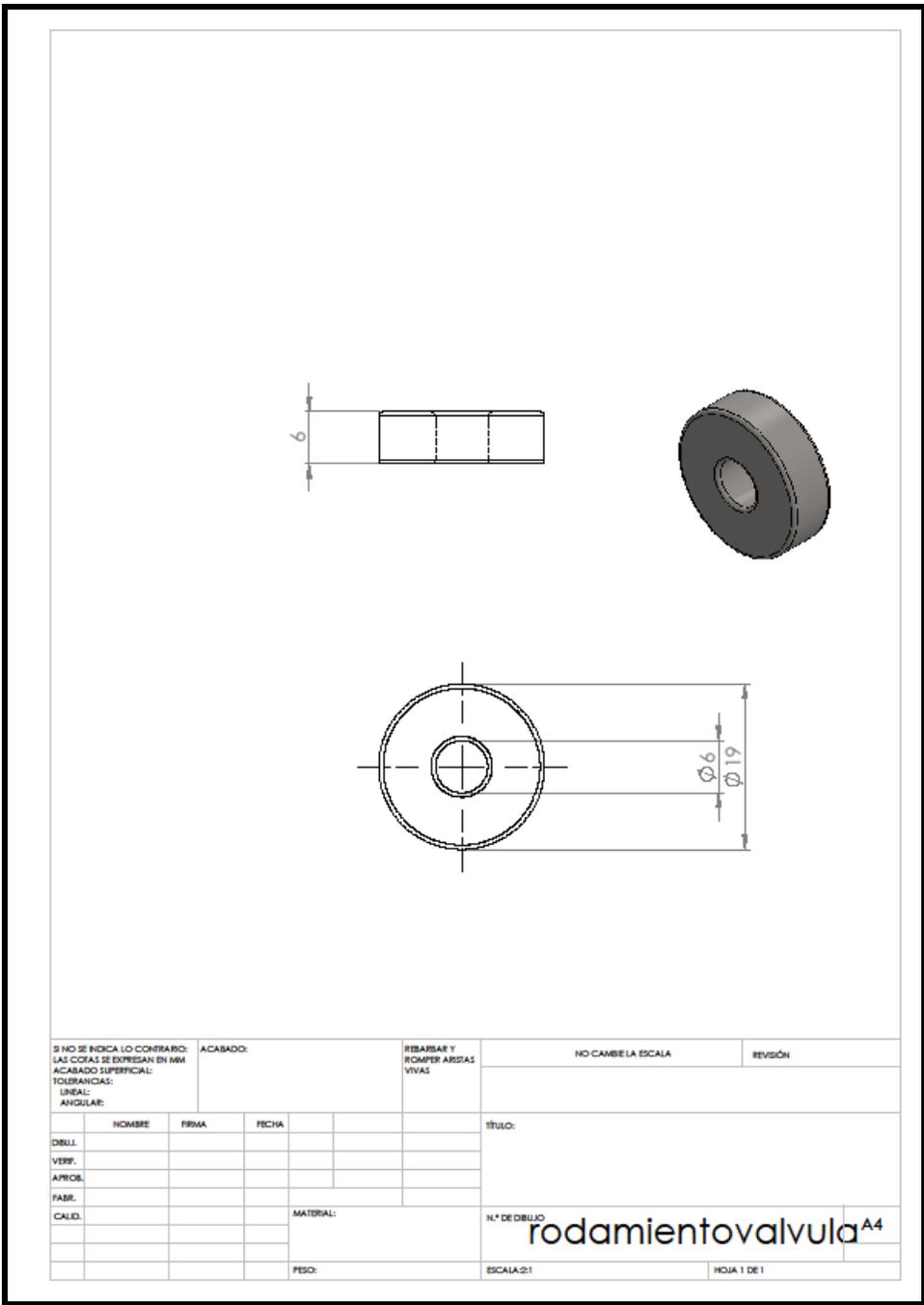


Ilustración 48 Componente de válvula de llenado



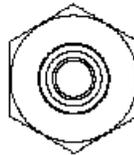
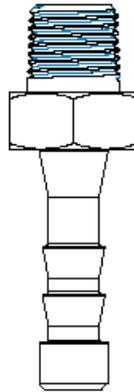
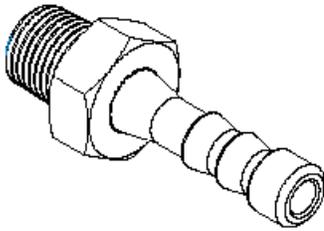
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAS Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:	
VERIF.						pernorodamiento A4	
APROB.						N.º DE DIBUJO	
FABR.					MATERIAL:	ESCALA: 2:1	
CALID.						HOJA 1 DE 1	
					PESO:		

Ilustración 49 Componente de válvula de llenado



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAS Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:	
VERIF.							
APROB.							
FABR.							
CALID.					MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	
						rodamiento valvula <sup>A4</sup>	
					PESO:	ESCALA: 2:1	HOJA 1 DE 1

Ilustración 50 Componente de válvula de llenado



# Conector estandard 1/4 NPT

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAS Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ. VERIF. APROB. FABR. CALID.	NOMBRE FIRMA FECHA	MATERIAL:	TÍTULO:	N.º DE DIBUJO: <b>conector0.254NPT A4</b>	
PESO:			ESCALA: 2:1	HOJA 1 DE 1	

Ilustración 51 Componente de válvula de llenado

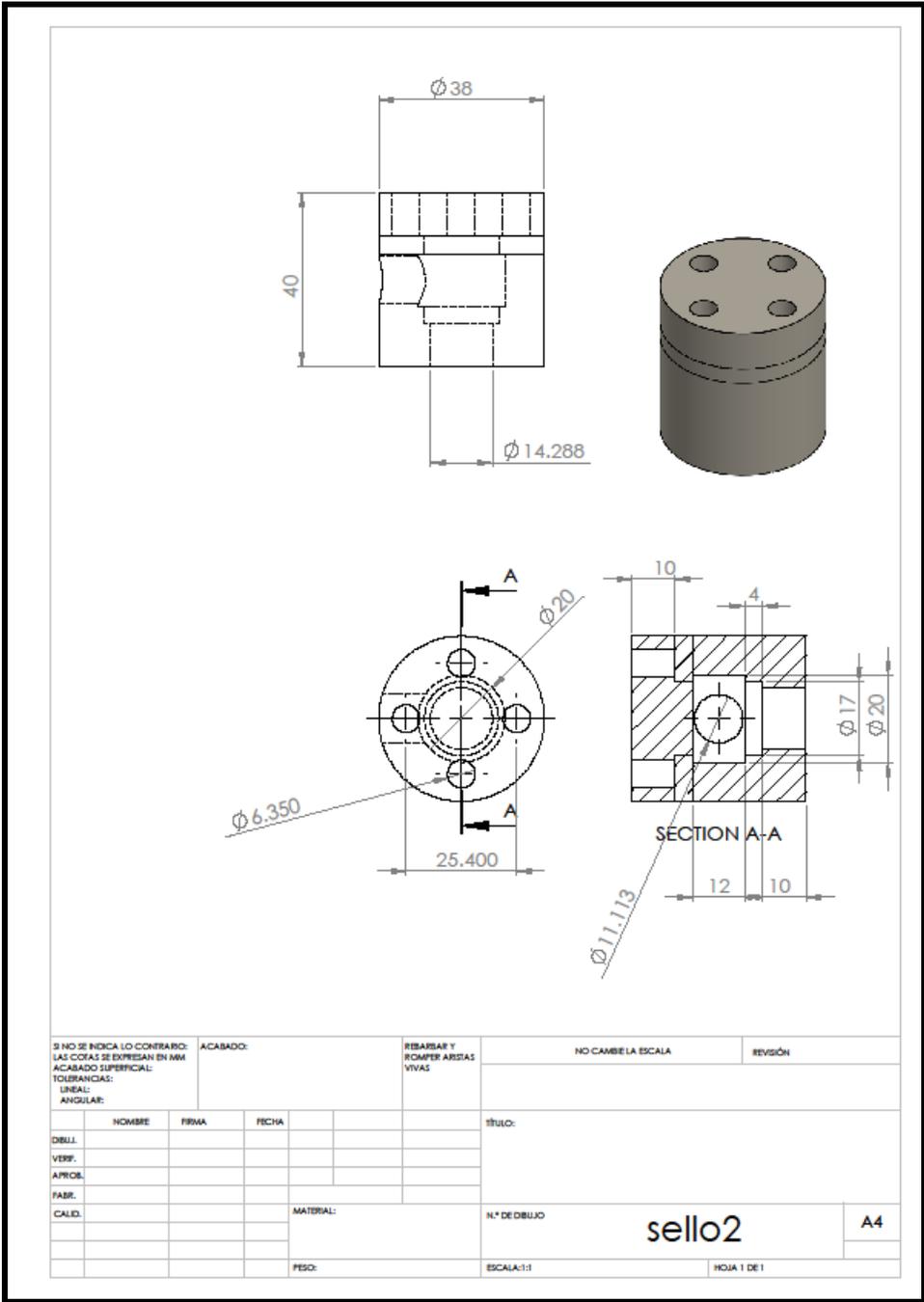


Ilustración 52 Componente de válvula de llenado

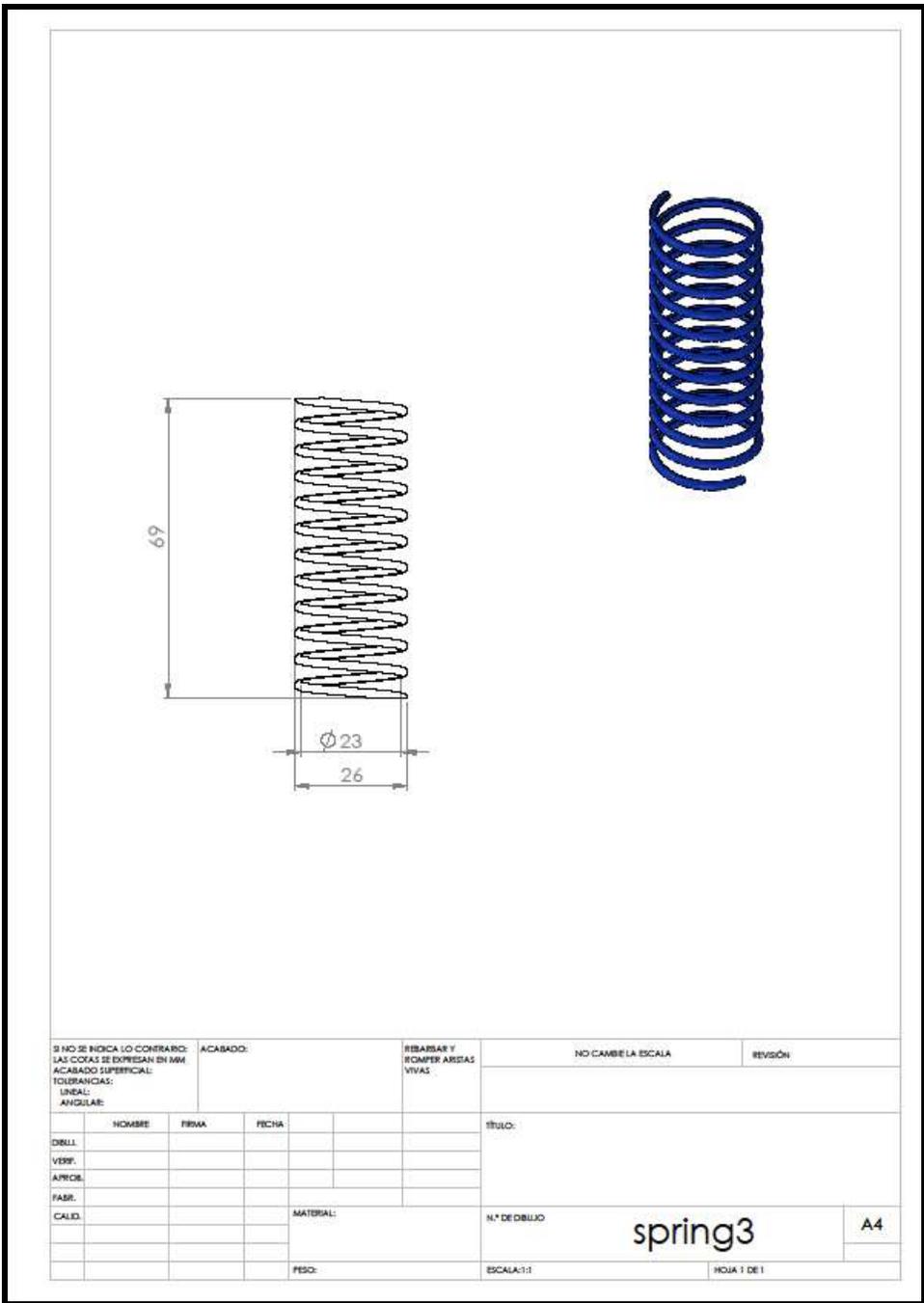


Ilustración 53 Componente de válvula de llenado

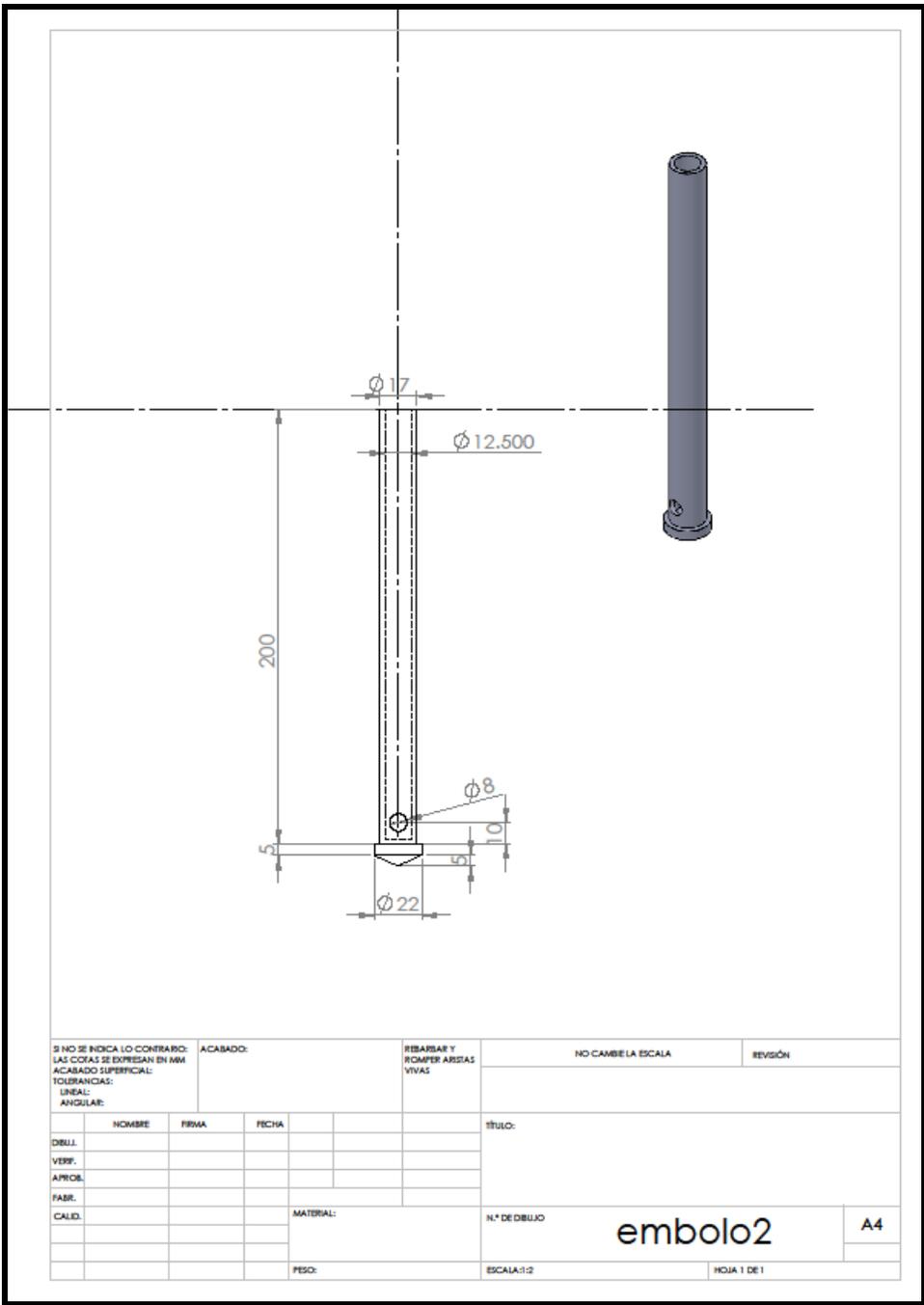


Ilustración 54 Componente de válvula de llenado

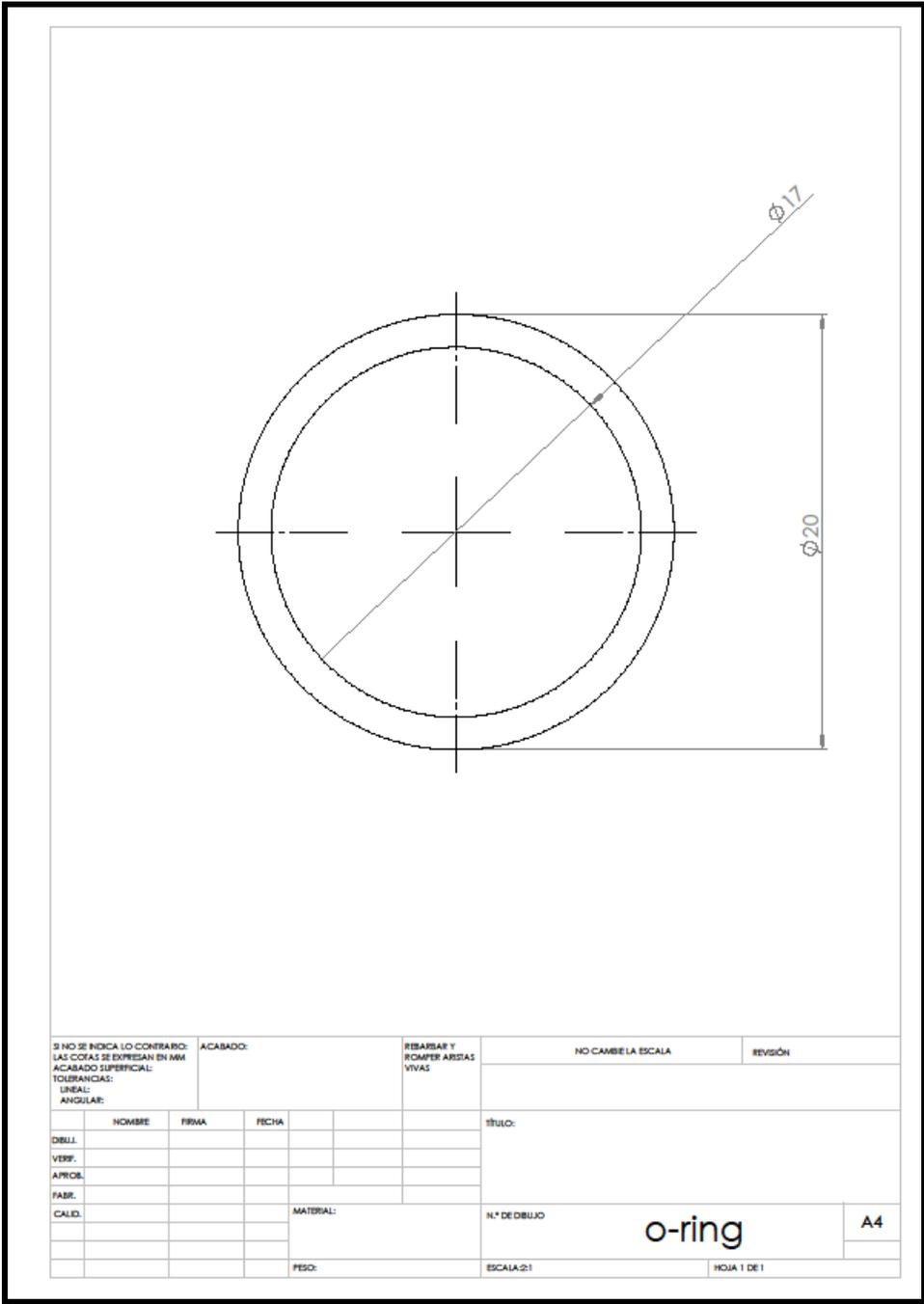


Ilustración 55 Componente de válvula de llenado

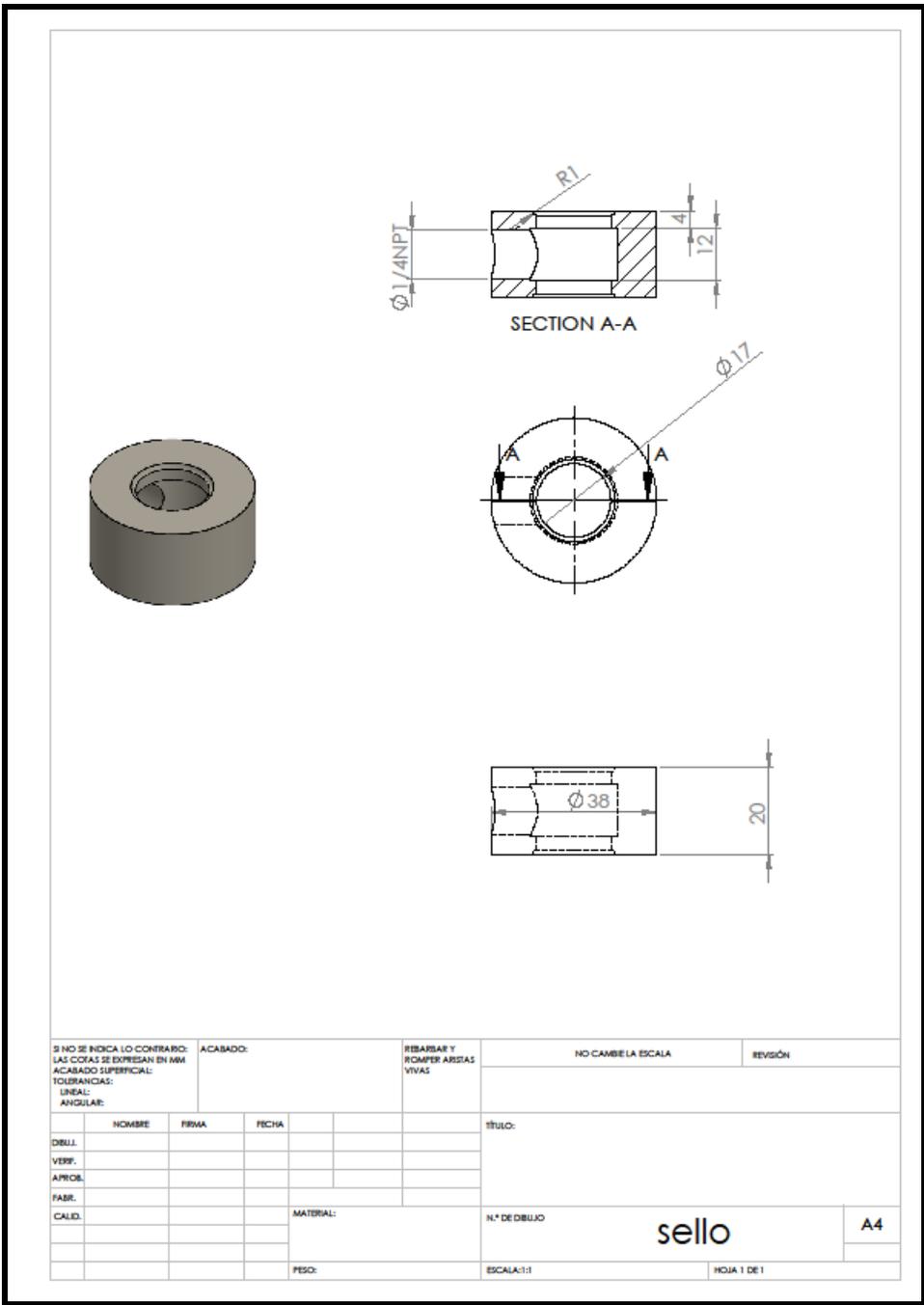
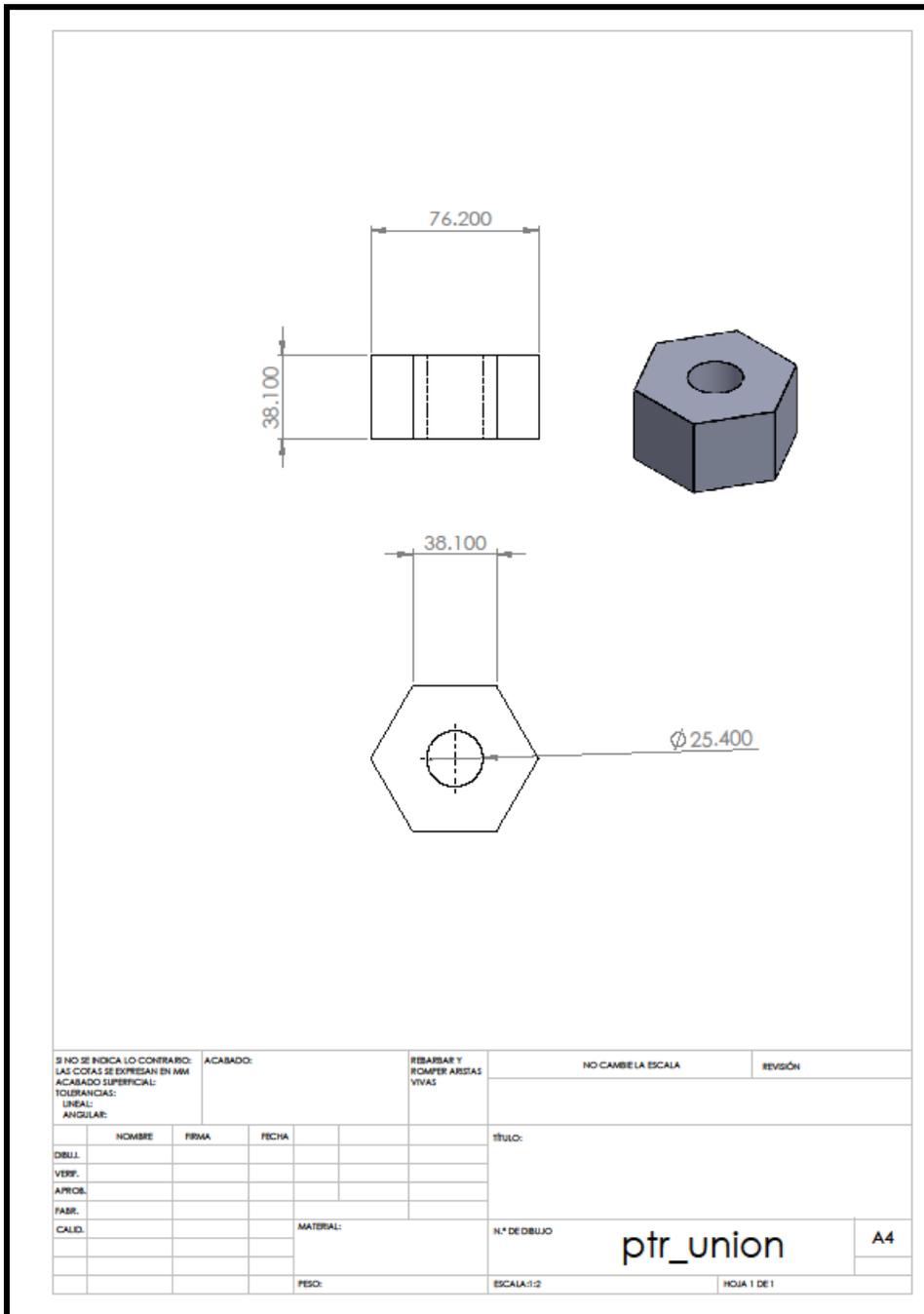


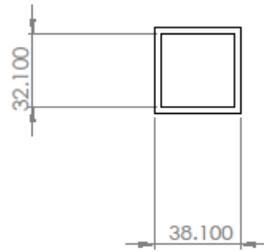
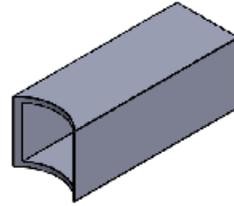
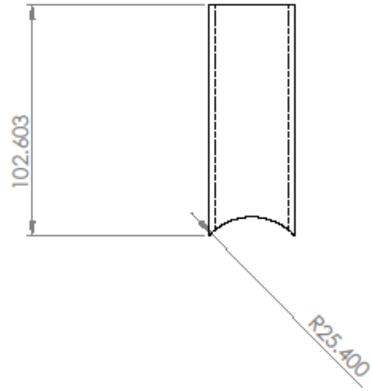
Ilustración 56 Componente de válvula de llenado



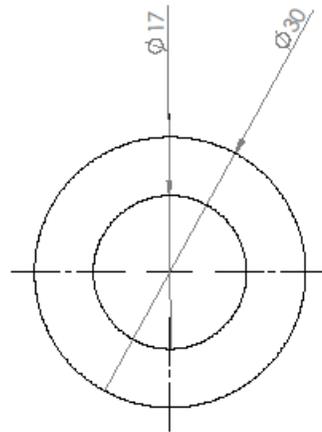
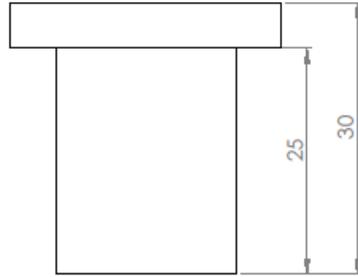
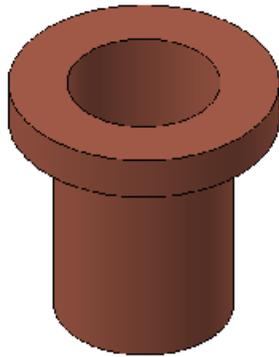
## 7.2 APÉNDICE 2 DISEÑO DEL SOPORTE DE VÁLVULA

Dibujos de detalle.

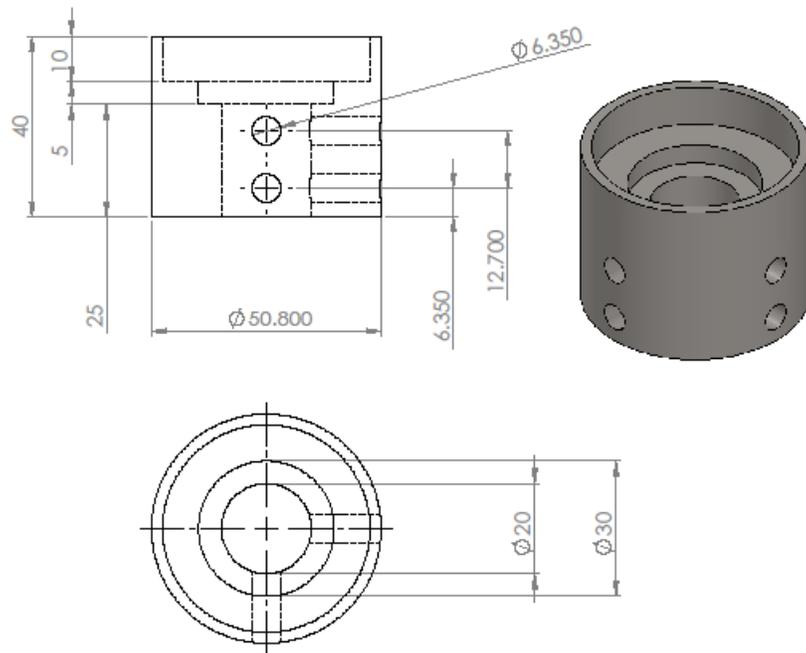




SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAS Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:	
VERIF.							
APROB.							
FABR.							
CALID.					MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	
						ptr_soportedevalvula	
					PESO:	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1



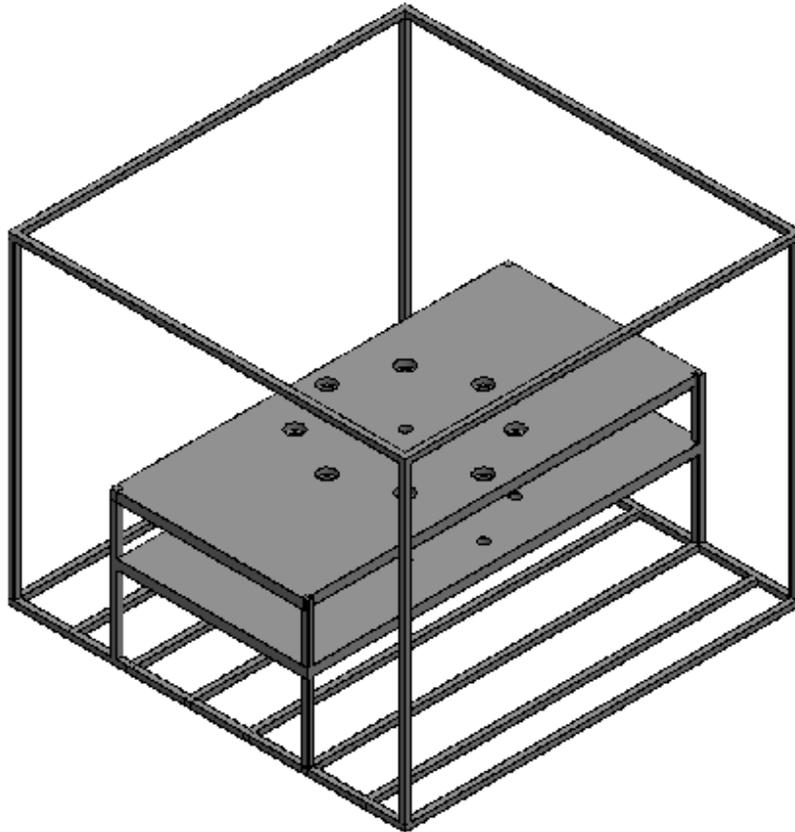
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAS Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:  <b>bujevalbulacentrado</b>	
VERIF.							
APROB.							
FABR.							
CALID.							
				MATERIAL:		N.º DIBUJO	
				PESO:		ESCALA:1:1	HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ. VERIF. APROB. FABR. CALID.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	TÍTULO: pieza decentrada de valvula	ESCALA: 1:1
				PESO:		HOJA 1 DE 1	

## 7.3 DISEÑO DE ESTRUCTURA EXTERNA.

Dibujos de detalle.



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:	
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.			MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	estructura externa A4
			PESO:	ESCALA: 1:50	HOJA 1 DE 1

## 7.4 DISEÑO VÁLVULA FINAL.

Dibujos de detalle.

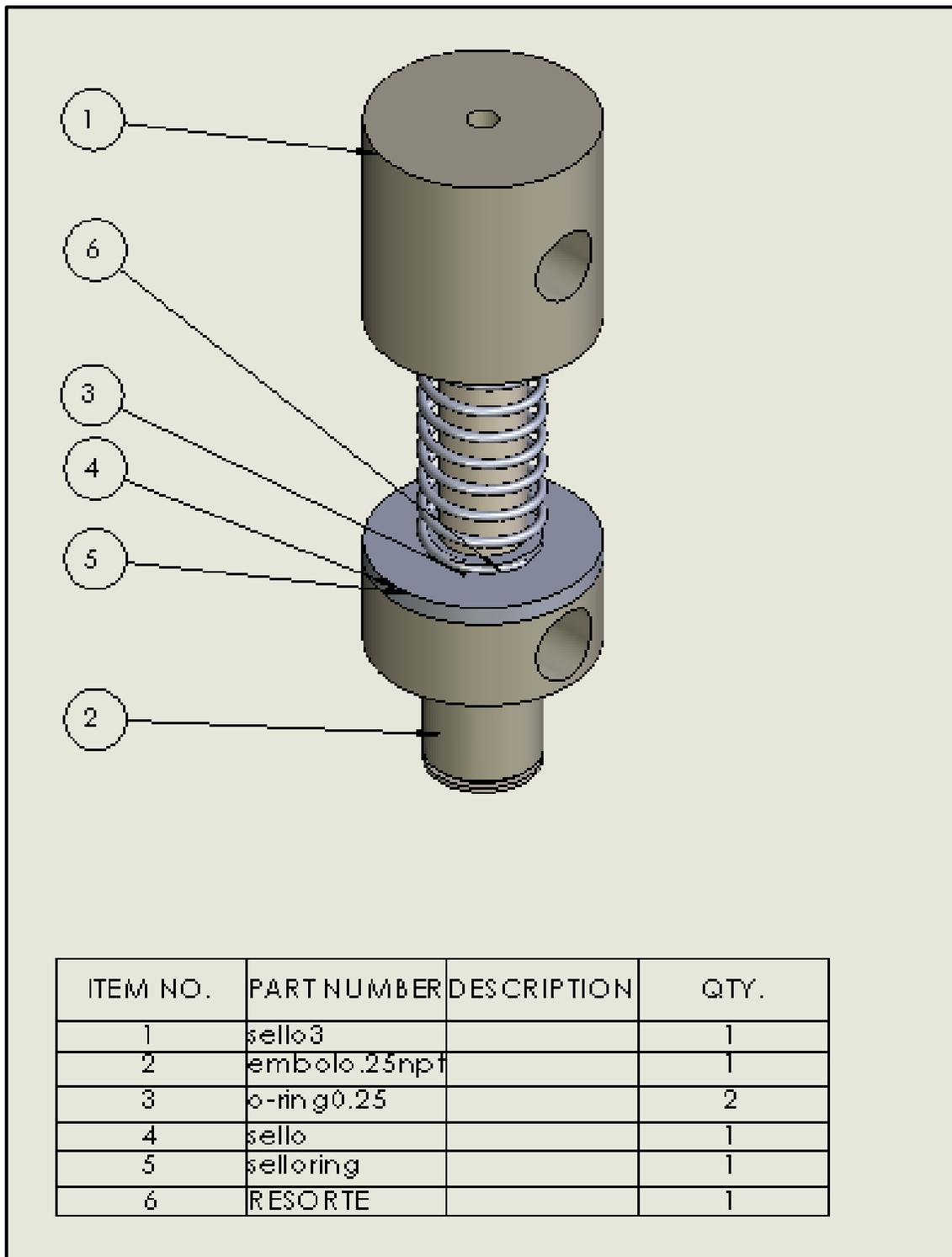
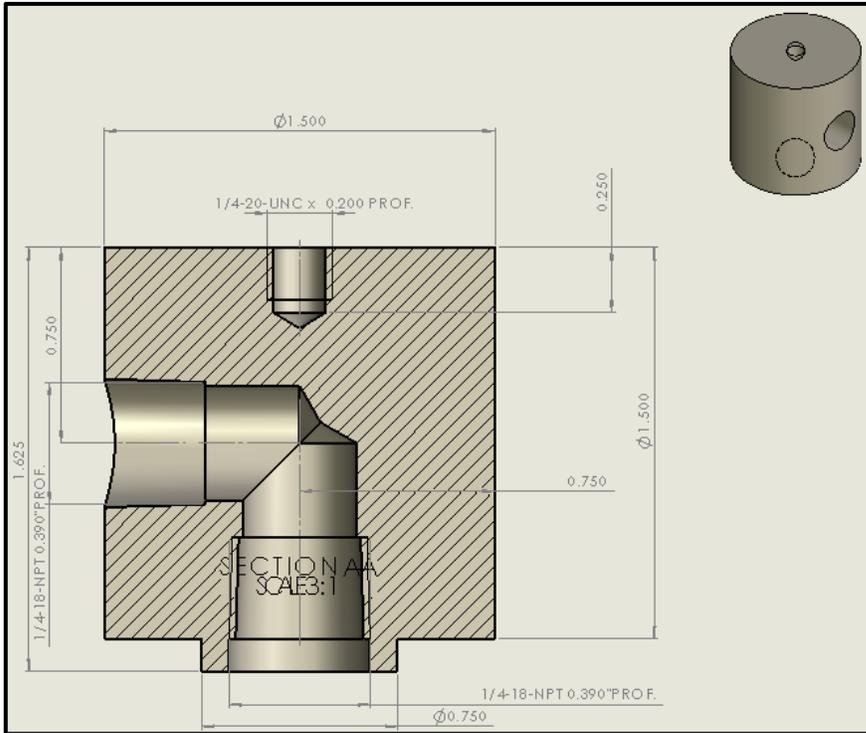
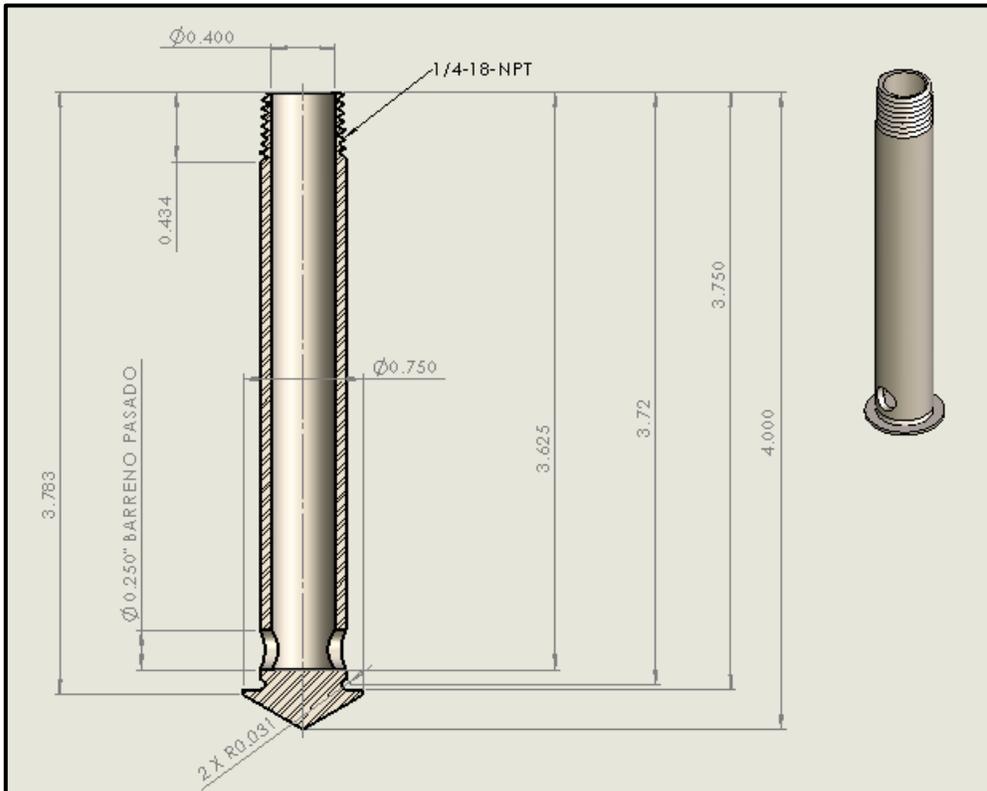


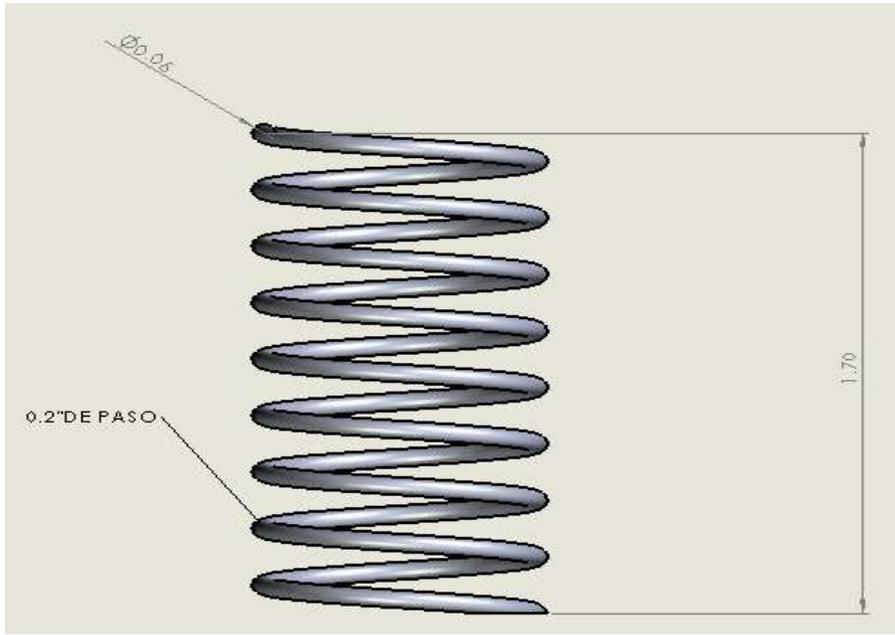
Ilustración 58 válvula 3



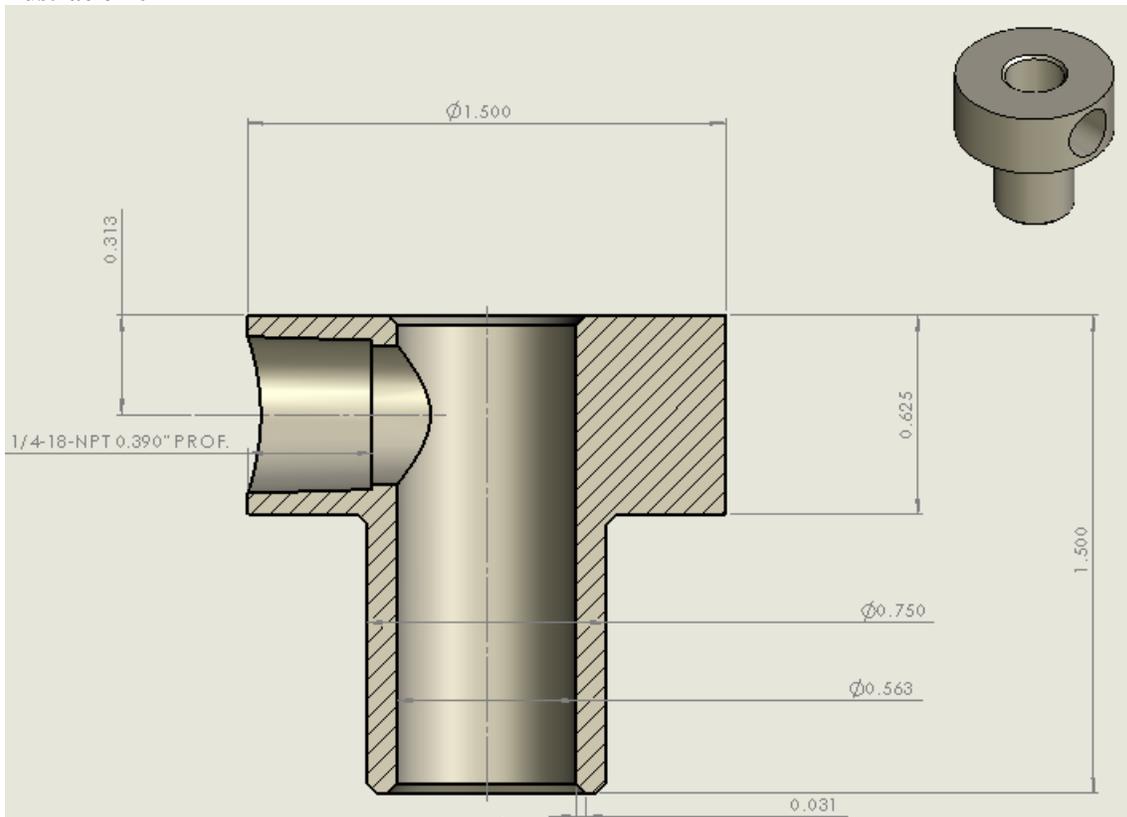
**Ilustración 59**



**Ilustración 60**



**Ilustración 61**



**Ilustración 62**

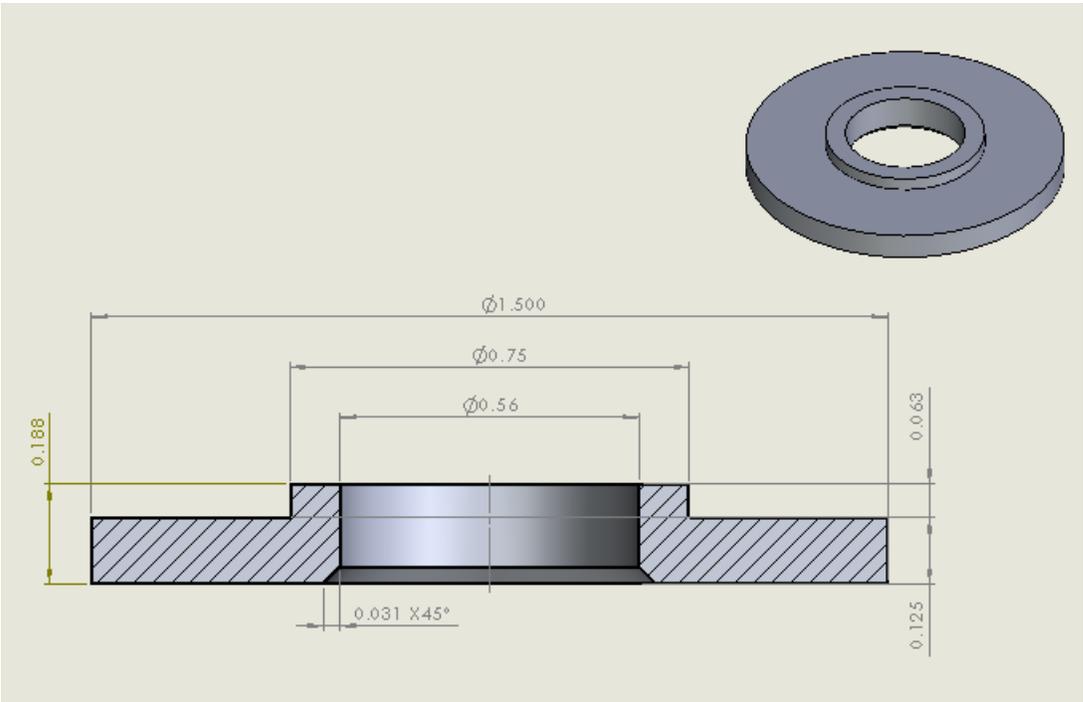


Ilustración 63

## 7.5 CÁLCULO DEL RESORTE.

$$C = \frac{2\alpha - \beta}{4\beta} + \sqrt{\left(\frac{2\alpha - \beta}{4\beta}\right)^2 - \frac{3\alpha}{4\beta}} \quad \text{EC. No. 9}$$

$$\alpha = \frac{S_{sy}}{n_s} \quad \beta = \frac{8F_o}{\pi D_w}$$

$$D_m = CD_w \quad \text{EC. No. 10}$$

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3} \quad \text{EC. No. 11}$$

$$\tau_{max} = \frac{8K_B F_o D_m}{\pi(D_w)^3} \quad \text{EC. No. 12}$$

$$n_s = \frac{S_{sy}}{\tau} \quad \text{EC. No. 13}$$

$$D_o = D_m + D_w \quad \text{EC. No. 14}$$

$$N_a = \frac{GD_{wB}}{8k} \quad \text{EC. No. 15}$$

$$k = \frac{GD_{wB}}{8N_a} \quad \text{EC. No. 16}$$

$$\text{EC. No. 17}$$

## 8 REFERENCIAS

### Metodos de purificacion

1. <http://www.lenntech.es/pasos-en-purificacion-del-agua.htm>
2. <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=1793&termino=Sedimentaci%F3n+discreta>
3. <http://es.wikipedia.org/wiki/Filtraci%C3%B3n>
4. <http://www.autosuficiencia.com.ar/shop/detallenot.asp?notid=337>
5. [http://es.wikipedia.org/wiki/Carb%C3%B3n\\_activado](http://es.wikipedia.org/wiki/Carb%C3%B3n_activado)
6. [http://www.grupo-agua.com/glosario\\_grupo\\_agua\\_purificadoras\\_de\\_agua.html](http://www.grupo-agua.com/glosario_grupo_agua_purificadoras_de_agua.html)
7. <http://www.mmsiberica.com/tecnologia.htm>
8. [http://www.dracemedioambiente.com/procesos\\_ultrafilt.html](http://www.dracemedioambiente.com/procesos_ultrafilt.html)
9. <http://www.mmsiberica.com/tecnologia.htm>
10. <http://www.electrozono.com/generalidades.asp>
11. <http://www.lenntech.es/biocidas.htm>
12. <http://www.autosuficiencia.com.ar/shop/detallenot.asp?notid=340>

### Métodos de envasado

13. <http://planesahorro.net/ahorrar-dinero-reciclando-botellas-de-agua.html>
14. <http://www.sidel.com>
15. <http://www.puritronic.com.mx/>
16. <http://www.envapack.com/533/>
17. <http://doloresgaribay.blogspot.com/2008/03/reciclado-de-envases-de-plstico-i.html>
18. <http://www.docstoc.com/docs/89258310/Maquinas-de-ensado-y-llenadora-de-botella-pet-para-agua-purificada-y-mineral-Paraguay>.
19. United States Patent Application Publication Clusserath et al Pub No: US 2010/0132834 A1 Jun 3 2010.
20. United States Patent office Application Publication Charles I bastian of Chicago, assignor, by mensne assigments, to bottlers machinery manufacturing company of Chicago Illinois, a corporation of Illinois patent 1,000,971 patented Aug 15 1911.
21. United States Patent Office William king Richardson, of Leaventwoth, Kansas Volumetric valve. 1,055,291 Patented Mar,4,1913.
22. United States Patent Office, Conrad Shroeder, Of Milwaukee, Wisconsin, Filler Valve. 1,113,582 Patented, Oct.13.1910
23. United States Patent Office. Albert J. Rice and Charles S. Adams, of Buffalo, New York. Bottle Filling Valve. 1,170,672, Patented Feb, 8, 1016.
24. United States Patent Office Carl S. Weitz, of Cincinnati Ohio. Bottle Filling Valve. 1,393,864 Patented Oct,18,1921.
25. United States Patent Office Filler Valve, Gerge L. N. Meyer, Milwaukee, Wls, Filler Valve 2,063,326 Patented Jun,5,1936.
26. United States Patent Office Bottle Filler Valve, Jonh E. Duer, Elgin, Chicago Ill, a Corporation of Illinois. Patented Jul,9,1948 2,501,764.
27. United States Patent Office automatic Container Filler Device, Vernon O. Luck and Mary R. Luckock, Los Angeles Calif Patented April,2,1957, 2,874,734.

28. United States Patent Bottle Filler Valve, Charles V Willhere, Pitburg Pa. Patented Feb,3,1978 4,151,867.
29. [http://www.alibaba.com/trade/search?SearchText=pure\\_water\\_filling\\_machinery&Country=&IndexArea=product\\_en&withInDays=7&productid=496646198&viewAllCategory=Y&clicksrc=tl&ta-kw=pure\\_water\\_filling\\_machinery&ta-temp=product\\_html\\_0&ta-eid=343645746&ta-info](http://www.alibaba.com/trade/search?SearchText=pure_water_filling_machinery&Country=&IndexArea=product_en&withInDays=7&productid=496646198&viewAllCategory=Y&clicksrc=tl&ta-kw=pure_water_filling_machinery&ta-temp=product_html_0&ta-eid=343645746&ta-info)
30. <http://www.puritronic.com.mx/>
31. [http://www.google.com/patents?id=A\\_yMAAAAEB&pg=PA4&dq=Turret+for+bottle+capping+machine&hl=es&source=gbs\\_selected\\_pages&cad=3#v=onepage&q=Turret%20for%20bottle%20capping%20machine&f=false](http://www.google.com/patents?id=A_yMAAAAEB&pg=PA4&dq=Turret+for+bottle+capping+machine&hl=es&source=gbs_selected_pages&cad=3#v=onepage&q=Turret%20for%20bottle%20capping%20machine&f=false).
32. <http://www.google.com/patents?id=BOAbAAAAEB&printsec=abstract&zoom=4&hl=es#v=onepage&q&f=false>
33. <http://www.google.com/patents/US5215622?printsec=drawing&hl=es&dq=labeling+bottle+machine&ei=V7BzUlv6J6Wi2QXsjIHwBg#v=onepage&q&f=true>