



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

OSCAR LUCERO MOYA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Tesis de grado.

**Título: Diseño y construcción del sistema de vacío para la llenadora de
botellas en la UEB Pedro Díaz Coello.**

Autora: Niurka Pino Martínez.

**Tutor: M.Sc. Ing. Héctor Pupo Leyva.
M.Sc. Ing. José Martínez Grave de Peralta.**

CPE

2013-2014

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla en la Empresa de Bebidas y Licores "Pedro Díaz Coello", ubicada en el municipio de Holguín. El objetivo es diseñar el sistema de vacío para acelerar el proceso de la llenadora de botella. Se realiza el diseño del recipiente acoplado a la bomba de vacío y el rediseño del recipiente para el retorno del líquido. Los resultados muestran el incremento del llenado de las botellas en menor periodo de tiempo y una disminución del consumo energético.

S U M M A R Y

It presents work is developed in the Company of Drinks and Liquors "Pedro Díaz Coello", located in the municipality of Holguín. The objective is to design the hole system to accelerate the process of the filled bottle. It is carried out the design of the recipient coupled to the hole bomb and the one redraws of the recipient for the return of the liquid. The results show the increment of the one filled of the bottles in smaller period of time and a decrease of the energy consumption.

Índice:

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
1. Los sistemas de vacío.....	4
1.1 Tipos de bomba de vacío.....	4
1.1.1 Rotativas de paletas.....	4
1.1.2 De canal lateral.....	6
1.1.3 Bomba de membrana o de diafragma	7
1.2 Medición del vacío.....	8
1.3 Medición de bajas presiones.....	9
1.5 Energía del vacío.....	10
1.6 Las cámaras de vacío.....	11
1.7 Los sellos.....	12
1.8 Recipiente a presión.....	13
1.8.1 Presión de operación (P_o).....	13
1.8.2 Presión de diseño (P).....	13
1.8.3 Presión de prueba (P_p).....	14
1.8.4 Presión de trabajo máxima permisible.....	14
1.8.5 Esfuerzo de diseño a la tensión (S).....	15
1.9 Tipos de recipientes.....	15
1.9.1 Por su uso.....	16
1.9.2 Por su forma.....	16
1.10 Tipos de tapas.....	16
1.10.1 Tapas planas.....	17
1.10.2 Tapas planas con ceja.....	17
1.10.3 Tapas únicamente abombadas.....	17
1.10.4 Tapas abombadas con ceja invertida.....	17
1.10.5 Tapas toriesféricas.....	17
1.10.6 Tapas semielípticas.....	18
1.10.7 Tapas semiesféricas.....	18
1.10.8 Tapas 80:10.....	18
1.10.9 Tapas cónicas.....	18
1.10.10 Tapas toricónicas.....	19
1.11 Soldadura en recipientes a presión.....	22
1.11.1 Eficiencia de las soldaduras (E).....	22
1.12 Materiales en recipientes a presión.....	23
1.12.1 Materiales más comunes.....	23

1.12.2 Propiedades.....	23
1.12.3 Evaluación de los materiales sugeridos.....	25
1.12.4 Selección del material.....	26
CAPITULO II DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS RECIPIENTES PARA EL VACÍO Y EL DE RETORNO DEL LÍQUIDO.....	27
2.1 Recipiente para el retorno del líquido:.....	27
2.1.1 Volumen del recipiente del retorno del líquido:.....	27
2.2 Volumen del recipiente para el almacenamiento del vacío:.....	28
2.2.1 Volumen total caja.....	28
2.2.2 Volumen del recipiente del retorno.....	29
2.2.3 Volumen de los accesorios.....	29
2.2.4 Volumen total a realizar vacío.....	29
2.2.5 Caudal necesario:.....	29
2.2.6 Volumen del recipiente:.....	30
2.2.7 Tiempo estimado de durabilidad del vacío en el recipiente:.....	30
2.3 Cálculo de cilindros por presión externa.....	30
2.4 Cálculo de las tapas por presión externa.....	32
CAPITULO III CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE VACÍO.....	34
3.1 Solenoide.....	34
3.2 Cheque horizontal o válvula anti retorno.....	36
3.2.1 Componentes de una válvula.....	36
3.2.2 Materiales.....	36
3.2.3 Presión nominal.....	37
3.2.4 Extremos.....	37
3.3 Regulador de presión.....	38
3.4 Presostato.....	38
3.4.1 Operación.....	39
3.4.2 Tipos.....	39
3.4.3 Usos.....	40
3.5.1 Vacuómetro.....	41
3.5.2 Esquema de funcionamiento.....	41
3.6 Tubos.....	42
3.6.1 Materiales.....	42

3.7	Bomba de membrana o de diafragma	44
3.8	Válvula de bola o válvula esférica	45
CONCLUSIONES		46
RECOMENDACIONES		47
BIBLIOGRAFÍA		48
ANEXOS		50

INTRODUCCIÓN

Cuba, primer país socialista de América, triunfa su revolución el primero de enero de 1959 y se adoptan múltiples medidas de contenido social y de beneficio para todo el pueblo.

Con el socialismo y su sistema de dirección planificada de la economía se trazan tareas e inversiones para mejorar el bienestar del pueblo y las industrias de todo el territorio nacional. Nuestra fábrica fue objeto de estos beneficios hasta 1990 que con la caída del campo socialista y el recrudecimiento del bloqueo se dificultan la adquisición de recursos y tecnologías de punta en el mercado.

Por lo que dado los momentos actuales del desarrollo de nuestro país y las dificultades que atraviesa en la esfera económica, agravadas por el bloqueo económico y la grave crisis mundial, además, conscientes de la importancia de la sustitución de importaciones en la cual están enfrascados todos los técnicos e ingenieros.

La empresa de bebidas y refrescos de Holguín surgió en mayo de 1997, como resultado de la división de la antigua EMBELI y la Cervecería Mayabe. Se encuentra ubicada en el Km. 71/2 Carretera Central vía Habana. Cuenta con tres centros productivos (dos fábricas de Refrescos y un Combinado de Bebidas); tiene además cuatro agencias distribuidoras y presta servicios a la entidad mixta (Fábrica de Cerveza Bucanero).

La fábrica donde se realiza el trabajo es en el Combinado de Bebidas "Pedro Díaz Coello", situado en calle Cristino Naranjo #2. Ciudad Jardín. Holguín. Surgió en el capitalismo como Fábrica de Refrescos "El Frayle" González Tijera, ofertando como producción fundamental refrescos embotellados en cajas de 24 botellas de 207 ml y agua en botellones.

Después del triunfo de la revolución, en 1970 este centro se inauguró como Embotelladora de Cervezas con una producción promedio de 4000 cajas/turno cesando esta actividad en 1992 por la construcción de la fábrica de Cervezas en nuestro territorio.

En 1971, la línea de refrescos se adaptó a botellas de 500 ml lográndose en estos años una producción promedio de 3000 cajas/días, este proceso fue retirado en 1991.

En 1980 comenzó el embotellado de Ron.

En 1991 recibe el nombre actual, Combinado de Bebidas "Pedro Díaz Coello" en el cual laboran 196 trabajadores en la producción de sirope de diversos sabores, ron embotellado y a granel, agua en pipas y cerveza a granel.

El proceso de producción de ron embotellado cuenta con un sistema de llenado de botellas manual arcaico, donde un operario es el encargado de realizar todo el proceso que incluye la alineación de las botellas, accionamiento de las válvulas para el proceso de llenado y luego el retiro de las mismas, esto ocasiona pérdidas de tiempo y baja productiva en el proceso, rotura frecuente de las botellas y riesgo para la seguridad del trabajador.

El sistema de vacío que presenta este equipo consta de las siguientes partes:

- Bomba de vacío.
- Tanque de almacenamiento de agua para el funcionamiento de la bomba.
- Recipiente para el retorno del líquido.
- Tuberías.

Situación Problemática:

El sistema de vacío actual tiene aproximadamente 15 años de explotación, en los cuales el sistema demora para alcanzar el vacío, 5 segundos más de lo deseado, lo cual trae consigo una disminución de la producción y a su vez una alteración de los índices de consumo.

Causas que provocan la demora en la obtención del vacío:

1. La bomba es accionada en el momento que se produce el llenado.
2. El recipiente para el retorno del líquido se encuentra sobredimensionado influyendo en dicha demora.

El **problema** de esta investigación está dado por la ineficiencia del sistema de vacío actual por la pérdida de tiempo al realizarse el vacío.

Considerando como **objeto** de investigación: la máquina llenadora de botellas.

Como **campo de acción** de esta investigación tenemos el sistema de vacío de la llenadora de botellas.

Como **hipótesis** de la investigación se plantea que si se diseña el sistema de vacío de la llenadora de botella, entonces se obtendría un incremento de la

producción y calidad en el sistema de llenado y una disminución del consumo de energía.

Como **objetivo general**: diseñar el sistema de vacío para acelerar el proceso de la llenadora de botellas.

Como **objetivos específicos**:

1. Caracterización del sistema de vacío de la planta llenadora de botellas de ron.
2. Diseño del recipiente acoplado a la bomba de vacío.
3. Rediseño del recipiente del retorno del líquido.

Tareas:

1. Recopilar las fuentes de información bibliográficas.
2. Realizar los diseños de los recipientes con el software solid works.
3. Realizar pruebas de presión al vacío, sellado y hermeticidad.
4. Realizar el informe correspondiente a la investigación.

Método de investigación:

Métodos empíricos:

Observación: del sistema de vacío actual (parámetros y funcionamiento).

Entrevista: Se entrevistaron a ingenieros, técnicos y especialistas en la rama, además de profesores de la Universidad de Holguín teniendo en cuenta las opiniones recopiladas.

Métodos teóricos:

Análisis y síntesis: para diseñar el sistema de vacío se realiza el análisis de los parámetros de trabajo de este sistema, además se emplean software profesionales para su diseño.

Resultados esperados:

Incremento del llenado de las botellas.

Disminución del consumo energético.

CAPÍTULO I FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

1. Los sistemas de vacío.

Los sistemas de vacío se caracterizan por su presión de equilibrio, que se alcanza cuando el flujo de moléculas bombeadas es igual al flujo de moléculas desorbidas por las paredes del sistema, por los filamentos presentes en él o por el propio sistema de bombeo. Cuando el sistema se encuentra en condiciones estáticas, es decir sin efectos de haz, la presión de equilibrio depende esencialmente de la desorción térmica de la superficie interior del sistema, así como de la velocidad de bombeo disponible. Por tanto, el estado microscópico de la superficie interna del sistema de vacío, tiene una gran influencia en la presión última a la que éste puede llegar.

La bomba de vacío fue inventada en 1650 por Otto von Guericke, estimulado por el trabajo de Galileo y Torricelli, usando los Hemisferios de Magdeburgo.[6]

1.1 Tipos de bomba de vacío.

1.1.1 Rotativas de paletas.

Bomba de vacío de lóbulos, un tipo de bomba rotativa de vacío.

Características de algunas bombas de vacío:

- Alta velocidad de bombeo en el campo de presión absoluta, comprendido entre 850 y 0,5 mbar.
- Bajo nivel sonoro.
- Ausencia de contaminación.
- Refrigeración por aire.
- Construcción particularmente robusta.
- Mantenimiento reducido.
- Bomba de membrana o de diafragma

Principio de funcionamiento de una bomba de membrana.

Una bomba de membrana o de diafragma es una bomba de desplazamiento positivo que, para bombear líquido, combina la acción recíproca de un diafragma de teflón o caucho y de válvulas que abren y cierran de acuerdo al movimiento del diafragma. A veces a este tipo de bomba también se llama bomba de membrana. Hay tres tipos principales de bomba de diafragma:

- El de primer tipo, el diafragma se sella con un lado en el líquido que se bombeará, y el otro en aire o líquido hidráulico. El diafragma se dobla, haciendo que el volumen del compartimiento de la bomba aumente y disminuya. Un par de válvulas previene que la corriente tenga un movimiento contrario.
- Como se describe anteriormente, el segundo tipo de bomba de diafragma trabaja con la dislocación positiva volumétrica, pero diferencia en que lo que mueve al diafragma no es ni aceite ni aire, sino que tiene un funcionamiento electromecánico a través de una impulsión engranada del motor. Este método dobla el diafragma con una acción mecánica simple, y un lado del diafragma está abierto al aire.
- El tercer tipo de bomba de diafragma tiene uno o más diafragmas sin sellar con el líquido que se bombeará en ambos lados. Los diafragmas se doblan otra vez, haciendo cambiar el volumen.

Cuando el volumen de un compartimiento de cualquier tipo se aumenta el diafragma baja, la presión disminuye y el líquido entra dentro del compartimiento. Cuando la presión del compartimiento aumenta (ya que el volumen disminuye), el diafragma sube y el líquido guardado previamente adentro es forzado a salir. Finalmente, el diafragma baja impulsando de nuevo más líquido dentro del compartimiento, terminando el ciclo. Esta acción es similar a la del cilindro de un motor de combustión interna.

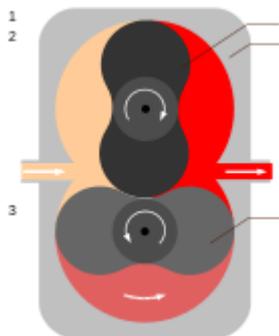


Figura 1. Bomba de vacío de lóbulos, un tipo de bomba rotativa de vacío.

(Fuente: [9])

1.1.2 De canal lateral.

Las máquinas extractoras de canal lateral están conceptuadas según el principio de los canales laterales. Funcionan tanto en aspiración como en compresión y han sido proyectadas para trabajar en servicio permanente.

Mediante un rodete especial, el aire aspirado está obligado a seguir un recorrido en espiral y asimismo sometido a reiteradas aceleraciones incrementando así la presión diferencial del fluido transportado a través del soplante.

El rodete está montado directamente sobre el eje del motor y todas las partes giratorias están dinámicamente equilibradas, obteniéndose así una ausencia prácticamente total de vibraciones. Los soplantes de *canal lateral* están normalmente contruidos totalmente en aluminio moldeado a presión.

Es importante apreciar que el aire o gas aspirado o comprimido se mantiene limpio, y libre de rastros de aceite, ya que ningún tipo de lubricación es necesaria en los soplantes de canal lateral.

El nivel sonoro normalmente estará alrededor de los 70 dB y los niveles de vibración son prácticamente inexistentes, lo cual implica que normalmente no se requiere ningún tipo de antivibradores y/o cabina acústica.

Cabe reiterar que estos equipos pueden ser montados tanto en forma vertical como horizontal, dando así aún más flexibilidad de diseño al sistema en el cual se lo incorpora.

Los soplantes de canal lateral son generalmente usados en sistemas de:

- Transporte neumático
- Plantas purificadores de agua
- Industria textil
- Equipamientos de limpieza industrial

Y otras aplicaciones donde existe la necesidad de aire o gas limpio.

Estos soplantes alcanzan caudales de hasta 1.500 m³/h y una depresión máxima de 450 mbar.

De acuerdo con la definición de la Sociedad Estadounidense del Vacío o AVS (1958), el término se refiere a cierto espacio lleno con gases a una presión total menor que la presión atmosférica, por lo que el grado de vacío se incrementa en relación directa con la disminución de presión del gas residual. Esto significa que cuanto más disminuimos la presión, mayor vacío obtendremos, lo que nos permite clasificar el grado de vacío en correspondencia con intervalos de presiones cada vez menores. Cada intervalo tiene características propias.

1.1.3 Bomba de membrana o de diafragma.

Principio de funcionamiento de una bomba de membrana.

Una bomba de membrana o de diafragma es una bomba de desplazamiento positivo que, para bombear líquido, combina la acción recíproca de un diafragma de teflón o caucho y de válvulas que abren y cierran de acuerdo al movimiento del diafragma. A veces a este tipo de bomba también se llama bomba de membrana. Hay tres tipos principales de bomba de diafragma:

El de primer tipo, el diafragma se sella con un lado en el líquido que se bombeará, y el otro en aire o líquido hidráulico. El diafragma se dobla, haciendo que el volumen del compartimiento de la bomba aumente y disminuya. Un par de válvulas previene que la corriente tenga un movimiento contrario.

Como se describe anteriormente, el segundo tipo de bomba de diafragma trabaja con la dislocación positiva volumétrica, pero diferencia en que lo que mueve al diafragma no es ni aceite ni aire, sino que tiene un funcionamiento electromecánico a través de una impulsión engranada del motor. Este método dobla el diafragma con una acción mecánica simple, y un lado del diafragma está abierto al aire.

El tercer tipo de bomba de diafragma tiene uno o más diafragmas sin sellar con el líquido que se bombeará en ambos lados. Los diafragmas se doblan otra vez, haciendo cambiar el volumen.

Cuando el volumen de un compartimiento de cualquier tipo se aumenta el diafragma baja, la presión disminuye y el líquido entra dentro del compartimiento. Cuando la presión del compartimiento aumenta (ya que el volumen disminuye), el diafragma sube y el líquido guardado previamente adentro es forzado a salir. Finalmente, el diafragma baja impulsando de nuevo más líquido dentro del compartimiento, terminando el ciclo. Esta acción es similar a la del cilindro de un motor de combustión interna.

Las bombas de diafragma se pueden utilizar para hacer corazones artificiales [9]

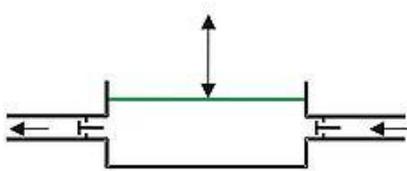


Figura 2. Principio de funcionamiento de una bomba de membrana. (Fuente: [9])

1.2 Medición del vacío.

La presión atmosférica es la que ejerce la atmósfera o aire sobre la Tierra. A temperatura ambiente y presión atmosférica normal, un metro cúbico de aire contiene aproximadamente 2×10^{25} moléculas en movimiento a una velocidad promedio de 1600 kilómetros por hora. Una manera de medir la presión atmosférica es con un barómetro de mercurio; su valor se expresa en términos de la altura de la columna de mercurio de sección transversal unitaria y 760 mm de alto. Con base en esto, decimos que una atmósfera estándar es igual a 760 mm Hg. Utilizaremos por conveniencia la unidad torricelli (símbolo, Torr) como medida de presión; $1 \text{ Torr} = 1 \text{ mm Hg}$, por lo que $1 \text{ atm} = 760 \text{ Torr}$; por lo tanto $1 \text{ Torr} = 1/760$ de una atmósfera estándar, o sea $1 \text{ Torr} = 1,136 \times 10^{-3} \text{ atm}$.

1.3 Medición de bajas presiones.

Pirani construyó el primer aparato capaz de medir presiones muy pequeñas, menores de 10–5 Torr. Para entender cómo funciona debemos pensar que en la zona donde se ha producido el vacío tenemos un filamento metálico por el que pasa una corriente. La resistencia eléctrica de ese filamento depende de la temperatura. La temperatura que alcanza el filamento para un voltaje dado depende de la cantidad de moléculas de gas que hay a su alrededor. Esas moléculas actúan como «abrigo» del metal.

Por lo tanto, la temperatura del filamento depende del abrigo: más moléculas —> más abrigo —> más temperatura. Menos moléculas —> mayor vacío —> menor temperatura. Como la resistencia depende de la temperatura nos basta medirla para saber el nivel de vacío que hay. Para medir la resistencia basta medir el voltaje aplicado y la intensidad resultante.

1.4 Aplicaciones de las técnicas de vacío.

Aplicaciones técnicas del vacío		
Situación física	Objetivo	Aplicaciones
Baja presión	Se obtiene una diferencia de presión	Sostenimiento, elevación, transporte (neumático, aspiradores, filtrado), moldeado
Baja densidad molecular	Eliminar los componentes activos de la atmósfera	Lámparas (incandescentes, fluorescentes, tubos eléctricos), fusión, sinterización, empaquetado, encapsulado, detección de fugas
	Extracción del gas ocluido o disuelto	Deseccación, deshidratación, concentración, liofilización, desgasificación, impregnación
	Disminución de la transferencia de energía	Aislamiento térmico, aislamiento eléctrico, microbalanza de vacío, simulación espacial

<p>Gran recorrido libre medio</p>	<p>Evitar colisiones</p>	<p>Tubos electrónicos, rayos catódicos, TV, fotocélulas, fotomultiplicadores, tubos de rayos X, aceleradores de partículas, espectrómetros de masas, separadores de isótopos, microscopios electrónicos, soldadura por haz de electrones, metalización (evaporación, pulverización catódica), destilación molecular</p>
<p>Tiempo largo de formación de una monocapa</p>	<p>Superficies limpias</p>	<p>Estudio de la fricción, adhesión, corrosión de superficies. Prueba de materiales para experiencias espaciales.</p>

1.5 Energía del vacío.

La energía del vacío es una clase de energía del punto cero existente en el espacio incluso en ausencia de todo tipo de materia. La energía del vacío tiene un origen puramente cuántico y es responsable de efectos físicos observables como el efecto Casimir. Asimismo la energía del vacío permite la disipación de un agujero negro descrita en la radiación de Hawking, así como predice la existencia de partículas virtuales que tienen un efecto medible.

La energía del vacío tendría también importantes consecuencias cosmológicas estando relacionada con el periodo inicial de expansión inflacionaria y con la aceleración de la expansión del Universo. Algunos cosmólogos piensan que la energía del vacío podría ser responsable de la energía oscura del Universo (popularizada en el término quintaesencia) relacionada con la constante cosmológica de la relatividad general. Esta energía oscura desempeñaría un papel similar al de una fuerza de gravedad repulsiva contribuyendo a la expansión del Universo

1.6 Las cámaras de vacío.

Las cámaras o contenedores en los sistemas de vacío se construyen por lo general de vidrio o acero inoxidable. La característica principal que debe tener el material de la cámara es su resistencia a la fuerza ejercida sobre ella por la presión atmosférica. Esto es claro si se considera que la presión atmosférica ejerce una fuerza de un 1 kg/cm^2 en el área superficial de la cámara. Por ejemplo, una cámara con una superficie de 1 m^2 debe resistir 10 toneladas de peso.

Las cámaras de metal son hechas, por lo general, en secciones de forma cilíndrica, porque así la cámara puede resistir con mayor facilidad la presión externa. Enrollando una hoja gruesa de metal, los extremos de la cámara cilíndrica son convenientemente cerrados con placas planas de metal (Figura VI.1).

La capacidad de un cilindro para no colapsarse por la presión externa depende de su diámetro, espesor de las paredes, y la firmeza del material. Después de construida la cámara, es necesario hacerle un electro pulido a la superficie que será expuesta al vacío, para minimizar la cantidad de gas absorbido en las paredes del contenedor.

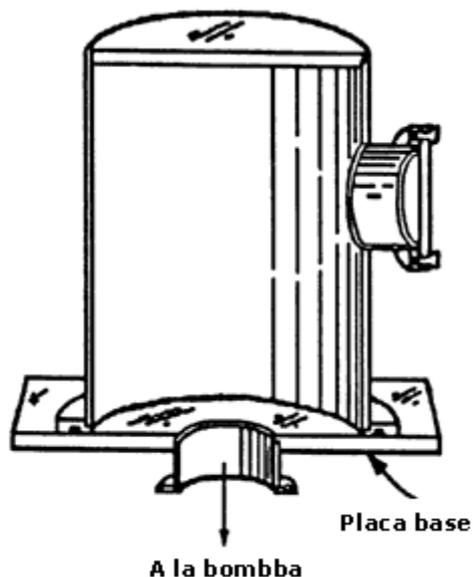


Figura 3. Tipo más común de cámara de metal. (Fuente: [8])

Se puede utilizar la cámara después de someterla a una limpieza que consta de los siguientes pasos: 1) estregar con gran cantidad de detergente (puede usarse detergente líquido para trastes); 2) enjuagar con agua caliente; 3) enjuagar con agua destilada, y 4) enjuagar con metanol puro.

De esta manera podemos tener un sistema limpio de grasa, aceites y residuos de metal, para obtener la presión deseada. Después de montado todo el equipo es necesario someter la cámara a calentamientos a diferentes temperaturas para propiciar el desgastamiento de las paredes.

Un contenedor puede tener diferentes extensiones (conexiones), en éstas se pueden colocar medidores de presión, calefactores, conexiones eléctricas o electrónicas, fuentes de voltaje, rayos X, ventanas, las diferentes bombas para hacer vacío, espectrómetros de masas, manipuladores de muestras, etc. Todo cuanto sea necesario para trabajar con comodidad, y lo más importante, las herramientas útiles para resolver los problemas que se presentan durante el desarrollo de cierto proceso industrial o algún experimento de interés científico o tecnológico.

1.7 Los sellos.

Las extensiones en las cámaras de vacío son cilíndricas y de diferentes diámetros. Todo tipo de artefactos a introducirse en la cámara vienen montados en las bridas, las cuales funcionan como tapaderas de las extensiones (Figura VI.2). Para cerrar el sistema, entre las bridas y las extensiones existe una franja triangular para colocar los sellos (Figura VI.3). En los sistemas de vacío los sellos son en forma de anillos circulares con sección transversal rectangular o circular; son fabricados de materiales de vitón, neopreno o metálicos. Existen sellos estáticos (inmóviles) y sellos mecánicos (movibles dentro del sistema).

Para presiones menores a 10^{-7} torr, los sellos de las conexiones de vacío se elaboran de una variedad de elastómeros, los más usuales son Buna-N, caucho sintético y Vitón-A.

El Buna-N puede ser calentado hasta 80°C y no soporta largos periodos de compresión, mientras que los sellos de Vitón-A soportan temperaturas superiores a los 250°C y no son muy deformables por lo que soportan largos periodos de compresión.

Otro tipo de sellos usados con frecuencia a presiones inferiores a 10⁻⁷ torr, son los de cobre y aluminio. La ventaja de éstos es que el sistema puede ser horneado a altas temperaturas (~ 450°C) sin que el sello presente problemas de elongación o deformación. Otra ventaja resulta de su bajo índice de desgastamiento.

1.8 Recipiente a presión.

Se considera como un recipiente a presión cualquier vasija cerrada que sea capaz de almacenar un fluido a presión manométrica, ya sea presión interna o vacío, independientemente de su forma y dimensiones. Los recipientes cilíndricos a que nos referimos en este tomo, son calculados como cilindros de pared delgada.

1.8.1 Presión de operación (Po).

Es identificada como la presión de trabajo y es la presión manométrica a la cual estará sometido un equipo en condiciones de operación normal.

1.8.2 Presión de diseño (P).

Es el valor que debe utilizarse en las ecuaciones para el cálculo de las partes constitutivas de los recipientes sometidos a presión, dicho valor será el siguiente:

Si $P_o > 300 \text{ lb/pulg}^2$.

Entonces $P = P_o + 30 \text{ lb/pulg}^2$.

Donde P es la presión de diseño, y P_o es la presión de operación.

1.8.3 Presión de prueba (Pp).

Se entenderá por presión hidrostática de prueba y se cuantificará por medio de la siguiente ecuación:

$$P_p = P (1.5) S_{ta}/S_{td}$$

Donde:

P = Presión de diseño.

S_{ta} = Esfuerzo a la tensión del material a la temperatura ambiente.

S_{td} = Esfuerzo a la tensión del material a la temperatura de diseño.

1.8.4 Presión de trabajo máxima permisible.

Es la presión máxima a la que se puede someter un recipiente, en condiciones de operación, suponiendo que él está:

a) En condiciones después de haber sido corroído.

b) Bajo los efectos de la temperatura de diseño.

c) En la posición normal de operación.

d) Bajo los efectos de otras cargas, tales como fuerza debida al viento, presión hidrostática, etc., cuyos efectos deben agregarse a los ocasionadas por la presión interna.

Es una práctica común, seguida por los usuarios, diseñadores y fabricantes de recipientes a presión, limitar la presión de trabajo máxima permisible por la resistencia del cuerpo o las tapas, y no por elementos componentes pequeños tales como bridas, boquillas, etc.

El término "Máxima presión de trabajo permisible nuevo y frío" es usado frecuentemente. Esto significa: La presión máxima permisible, cuando se encuentra en las siguientes condiciones:

a) El recipiente no está corroído (nuevo).

b) La temperatura no afecta a la resistencia a la tensión del material (temperatura ambiente) (frío).

c) Tampoco se consideran los efectos producidos por la acción del viento, presión hidrostática, etc.

El valor de la presión de trabajo máxima permisible, se obtiene despejando

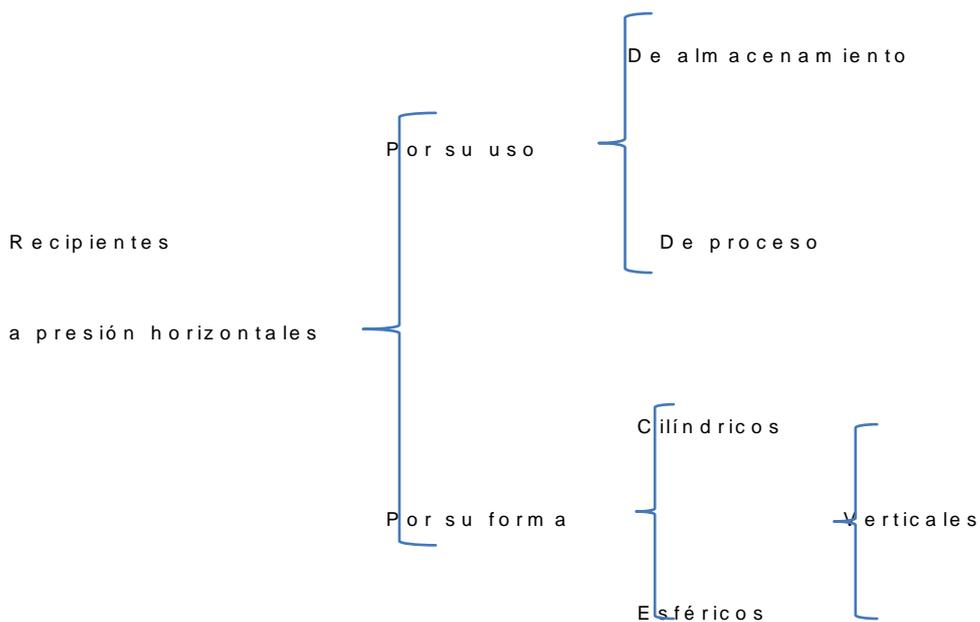
"p" de las ecuaciones que determinan los espesores del cuerpo y las tapas, y usando como "t" el espesor real del equipo y su valor será el que resulte menor.

1.8.5 Esfuerzo de diseño a la tensión (S).

Es el valor máximo al que podemos someter un material, que forma parte de un recipiente a presión, en condiciones normales de operación. Su valor es aproximadamente el 25% del esfuerzo último a la tensión del material en cuestión.

1.9 Tipos de recipientes.

Los diferentes tipos de recipientes a presión que existen, se clasifican de la siguiente manera:



1.9.1 Por su uso.

Por su uso los podemos dividir en recipientes de almacenamiento y en recipientes de proceso.

Los primeros nos sirven únicamente para almacenar fluidos a presión, y de acuerdo con su servicio son conocidos como tanques de almacenamiento, tanques de día, tanques acumuladores, etc.

Los recipientes a presión de proceso tienen múltiples y muy variados usos, entre ellos podemos citar los cambiadores de calor, reactores, torres fraccionadoras, torres de destilación, etc.

1.9.2 Por su forma.

Por su forma, los recipientes a presión, pueden ser cilíndricos o esféricos.

Los primeros pueden ser horizontales o verticales, y pueden tener, en algunos casos, chaquetas para incrementar o decrecer la temperatura de los fluidos según el caso.

Los recipientes esféricos se utilizan generalmente como tanques de almacenamiento, y se recomiendan para almacenar grandes volúmenes a altas presiones.

Puesto que la forma esférica es la forma "natural" que toman los cuerpos al ser sometidos a presión interna, ésta sería la forma más económica para almacenar fluidos a presión, sin embargo, la fabricación de este tipo de recipientes es mucho más cara en comparación con los recipientes cilíndricos.

1.10 Tipos de tapas.

Para "cerrar" recipientes cilíndricos, existen varios tipos de tapas, entre otras tenemos las siguientes: Tapas planas, planas con ceja, únicamente abombadas, abombadas con ceja invertida, toriesféricas, semielípticas, semiesféricas, tapas 80-10, tapas cónicas, toricónicas, etc.

Las características principales y usos de estas tapas son:

1.10.1 Tapas planas.

Se utilizan para "cerrar" recipientes sujetos a presión atmosférica generalmente, aunque en algunos casos se usan también en recipientes sujetos a presión. Su costo entre las tapas es el más bajo, se utilizan también como fondos de tanques de almacenamiento de grandes dimensiones.

1.10.2 Tapas planas con ceja.

Al igual que las anteriores, se utilizan generalmente para presiones atmosféricas, su costo también es relativamente bajo, y tienen un límite dimensional de 6 metros de diámetro máximo.

1.10.3 Tapas únicamente abombadas.

Son empleadas en recipientes a presión manométrica relativamente baja, su costo puede considerarse bajo, sin embargo, si se usan para soportar presiones relativamente altas, será necesario analizar la concentración de esfuerzos generada al efectuar un cambio brusco de dirección.

1.10.4 Tapas abombadas con ceja invertida.

Su uso es limitado debido a su difícil fabricación, por lo que su costo es alto, siendo empleadas solamente en casos especiales.

1.10.5 Tapas toriesféricas.

Son las que mayor aceptación tienen en la industria, debido a su bajo costo y a que soportan altas presiones manométricas, su característica principal es que el radio de abombado es aproximadamente igual al diámetro. Se pueden fabricar en diámetros desde 0.3 hasta 6 metros.

1.10.6 Tapas semielípticas.

Son empleadas cuando el espesor calculado de una tapa toriesférica es relativamente alto, ya que las tapas semielípticas soportan mayores presiones que las toriesféricas. El proceso de fabricación de estas tapas es el troquelado, su silueta describe una elipse relación 2:1, su costo es alto y en México se fabrican hasta un diámetro máximo de 3 metros.

1.10.7 Tapas semiesféricas.

Utilizadas exclusivamente para soportar presiones críticas. Como su nombre lo indica, su silueta describe una media circunferencia perfecta, su costo es alto y no hay límite dimensional para su fabricación.

1.10.8 Tapas 80:10.

Ya que en México no se cuenta con prensas lo suficientemente grandes para troquelar tapas semielípticas 2:1 de dimensiones relativamente grandes, hemos optado por fabricar este tipo de tapas, cuyas características principales son: El radio de abombado es el 80% del diámetro; y el radio de esquina o radio de nudillos es igual al 10% del diámetro. Estas tapas las usamos como equivalentes a la semielíptica relación 2:1.

1.10.9 Tapas cónicas.

Se utilizan generalmente en fondos donde pudiese haber acumulación de sólidos y como transiciones en cambios de diámetro de recipientes cilíndricos.

Su uso es muy común en torres fraccionadoras o de destilación, no hay límite en cuanto a dimensiones para su fabricación y su única limitación consiste en que el ángulo del vértice no deberá ser mayor de 60°. Las tapas cónicas con ángulo mayor de 60° en el vértice, deberán ser calculadas como tapas planas.

Deberá tenerse la precaución de reforzar las uniones cono-cilindro de acuerdo al procedimiento.

1.10.10 Tapas toricónicas.

A diferencia de las tapas cónicas, este tipo de tapas tienen en su diámetro mayor un radio de transición que no deberá ser menor al 6% del diámetro mayor ó 3 veces el espesor. Tienen las mismas restricciones que la tapa cónica a excepción de que en México no se pueden fabricar con un diámetro mayor de 6 metros. [8]

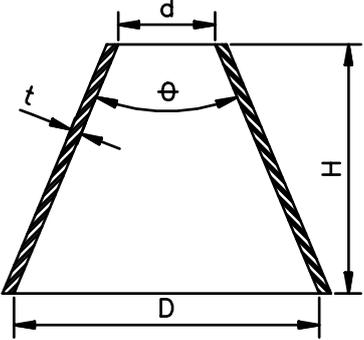
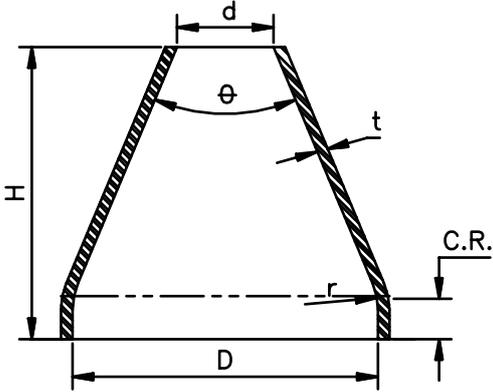
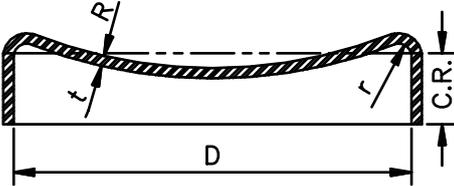
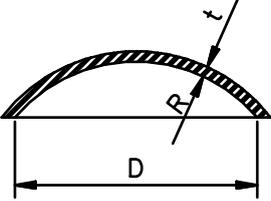
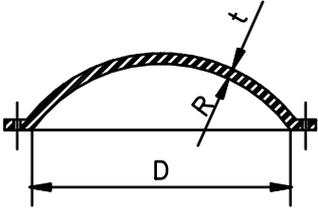
 INGLESA	TIPOS DE TAPAS	NORMAS	
		FIGUR	
 <p data-bbox="424 898 539 931">CONICA</p>	 <p data-bbox="994 898 1177 931">TORICONICA</p>	 <p data-bbox="245 1391 767 1424">ABOMBADA CON CEJA INVERTIDA</p>	 <p data-bbox="892 1391 1270 1424">UNICAMENTE ABOMBADA</p>
 <p data-bbox="564 1861 1031 1895">ABOMBADA CON CEJA PLANA</p>			

Figura: 5

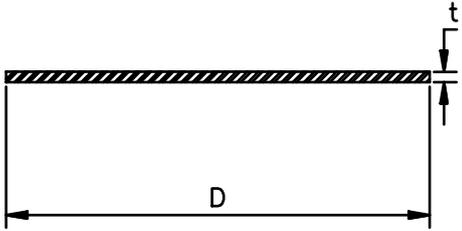
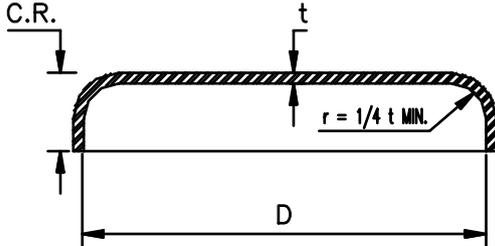
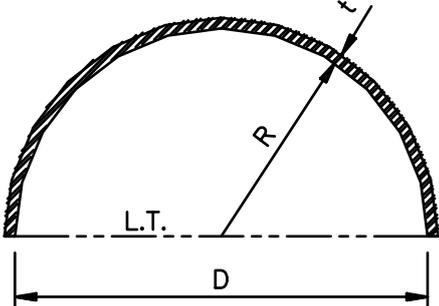
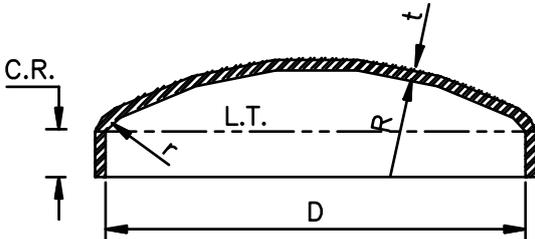
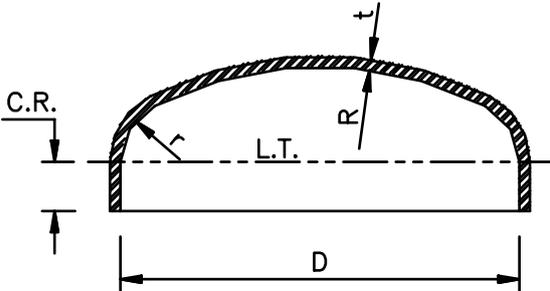
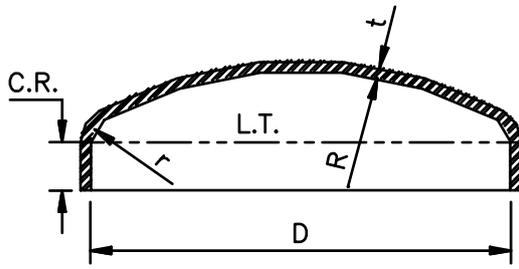
	TIPOS DE TAPAS	RMAS FIGURA
 <p data-bbox="448 891 552 925">PLANA</p>	 <p data-bbox="975 891 1262 925">PLANA CON CEJA</p>	
 <p data-bbox="416 1424 632 1458">SEMIESFERICA</p>	 <p data-bbox="1078 1424 1214 1458">80 : 10</p>	
 <p data-bbox="432 1917 639 1951">SEMIELIPTICA</p>	 <p data-bbox="1023 1917 1238 1951">TORIESFERICA</p>	

Figura: 6

1.11 Soldadura en recipientes a presión.

El procedimiento más utilizado actualmente en la fabricación de recipientes a presión es el de soldadura, el cual eliminó el sistema de remachado que se usó hasta hace algunos años.

Todas las soldaduras serán aplicadas mediante el proceso de arco eléctrico sumergido, el cual puede ser manual o automático, En cualquiera de los dos casos, deberá tener penetración completa y se deberá eliminar la escoria dejada por un cordón de soldadura, antes de aplicar el siguiente.

Con el fin de verificar si una soldadura ha sido bien aplicada se utilizan varias formas de inspección, entre ellas está el de radiografiado, la prueba de líquidos penetrantes y algunas veces se utiliza el ultrasonido.

La prueba más comúnmente utilizada es el radiografiado, éste puede ser total o por puntos. Cuando practicamos el radiografiado por puntos en recipientes a presión, debemos tomar por lo menos, una radiografía por cada 15 metros de soldadura y la longitud de cada radiografía será de 15 centímetros como mínimo [24].

1.11.1 Eficiencia de las soldaduras (E).

Se puede definir la eficiencia de las soldaduras, como el grado de confiabilidad que se puede tener de ellas.

Antes de aplicar cualquier soldadura, en recipientes a presión, debemos preparar un Procedimiento de Soldadura para cada caso en particular, el cual nos indica la preparación, diámetro del electrodo, etc., para cada tipo y espesor del material. Debemos también hacer pruebas a los soldadores para asegurarnos que la soldadura será aplicada por personal debidamente calificado.

El material de aporte, de la soldadura, deberá ser compatible con el material base a soldar. Los electrodos más comúnmente utilizados para soldar recipientes a presión de acero al carbón, son el 6010 y el 7018.

Cuando aplicamos soldadura en recipientes a presión de acero inoxidable, es necesario utilizar gas inerte y se recomienda pasivar las soldaduras con una solución a base de ácido nítrico y ácido clorhídrico.

Debemos tratar de evitar los cruces de dos o más cordones de soldadura. La distancia mínima entre dos cordones paralelos será de 5 veces el espesor de la placa, sin embargo, cuando sea inevitable el cruce de dos cordones, se recomienda radiografiar una distancia mínima de 102 milímetros a cada lado de la intersección.

Se recomienda no aplicar soldadura a un recipiente a presión después de haber sido elevado de esfuerzos.[24]

1.12 Materiales en recipientes a presión.

En la etapa de diseño de recipientes a presión, la selección de los materiales de construcción es de relevante importancia, para lo cual, necesitamos definir una secuencia lógica en la selección de éstos. Cabe hacer la aclaración que éste es un tema muy amplio y complejo, por lo cual, será difícil llegar a dar recetas para la selección adecuada de los materiales a usar, en recipientes a presión.

1.12.1 Materiales más comunes.

El Código A.S.M.E. indica la forma de suministro de los materiales más utilizados, la cual va implícita en su especificación. A continuación se dan algunos ejemplos de materiales, su especificación y forma de suministro.

1.12.2 Propiedades.

a) Propiedades mecánicas:

Al considerar las propiedades mecánicas del material, es deseable que tenga buena resistencia a la tensión, alto punto de cedencia, por ciento de alargamiento alto y mínima reducción de área, con estas propiedades principalmente, se establecen los esfuerzos de diseño para el material en cuestión.

b) Propiedades físicas.

En este tipo de propiedades, se buscará que el material deseado tenga bajo coeficiente de dilatación térmica.

c) Propiedades químicas.

La principal propiedad química que debemos considerar en el material que utilizaremos en la fabricación de recipientes a presión, es su resistencia a la corrosión. Este factor es de muchísima importancia, ya que un material mal seleccionado nos causará múltiples problemas, las consecuencias que se derivan de ello son:

I.- Reposición del equipo corroído.

Un material que no sea resistente al ataque corrosivo, puede corroerse en poco tiempo de servicio.

II.- Sobre diseño en las dimensiones.

Para materiales poco resistentes a la corrosión, es necesario dejar un excedente en los espesores, dejando margen para la corrosión, esto trae como consecuencia que los equipos resulten más pesados, encarecen el diseño y además de no ser siempre la mejor solución.

III.- Mantenimiento preventivo.

Para proteger a los equipos del medio ambiente corrosivo es necesario usar pinturas protectoras.

d) Soldabilidad.

Los materiales usados para fabricar recipientes a presión, deben tener buenas propiedades de soldabilidad, dado que la mayoría de sus componentes son de construcción soldada. Para el caso en que se tengan que soldar materiales diferentes entre sí, estos deberán ser compatibles en lo que a soldabilidad se refiere. Un material, cuantos más elementos de aleación contenga, mayores precauciones deberán tomarse durante los procedimientos de soldadura, de tal manera que se conserven las características que proporcionan los elementos de aleación.

1.12.3 Evaluación de los materiales sugeridos.

En esta etapa, se toman en cuenta los aspectos relacionados con la vida útil de la planta donde se instalarán los recipientes o equipos que se estén diseñando y se fija la atención en los siguientes puntos:

I.- Vida estimada de la planta.

Una planta se proyecta para un determinado tiempo de vida útil, generalmente 10 años, esto sirve de base para formarnos un criterio sobre la clase de posibles materiales que podemos utilizar.

II.- Duración estimada del material.

Para esto, es necesario auxiliarnos de la literatura existente sobre el comportamiento de los materiales en situaciones similares, reportes de experiencias de las personas que han operado y conocen los problemas que se presentan en plantas donde se manejen productos idénticos para hacer buenas estimaciones.

III.- Confiabilidad del material.

Es necesario tener en cuenta las consecuencias económicas de seguridad del personal y del equipo en caso de que se llegaran a presentar fallas inesperadas.

IV.- Disponibilidad y tiempo de entrega del material.

Es conveniente tener en cuenta la producción nacional de materiales para construcción de recipientes a presión, ya que existiría la posibilidad de utilizar los materiales de que se dispone sin tener grandes tiempos de entrega y a un costo menor que las importaciones.

V.- Costo del material y de fabricación.

Por lo general, a un alto costo de material le corresponde un alto costo de fabricación.

I.- Costo de mantenimiento e inspección.

Un material de propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión menores, requiere de mantenimientos e inspecciones frecuentes, lo cual implica tiempo fuera de servicio y mayores gastos por este concepto.

1.12.4 Selección del material.

La decisión final sobre el material a utilizar será de acuerdo a lo siguiente:

Material más adecuado: Será aquel que cumpla con el mayor porcentaje de requisitos tales como:

1.- Requisitos Técnicos.

Cumplir con el mayor número de requisitos técnicos es lo más importante para un material, ya que de éstos depende el funcionamiento correcto y seguro del equipo.

2.- Requisitos Económicos.

Estos requisitos lo cumplen los materiales que impliquen los menores gastos como son los iniciales, de operación y de mantenimiento, sin que por este concepto se tenga que sacrificar el requisito técnico, que repetimos, es el más importante.[8]

CAPITULO II DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS RECIPIENTES PARA EL VACÍO Y EL DE RETORNO DEL LÍQUIDO .

2.1 Recipiente para el retorno del líquido:

2.1.1 Volumen del recipiente del retorno del líquido:

Durante el proceso de llenado y teniendo en cuenta que el completamiento del líquido en la botella no es uniforme, puede retornar al recipiente una cantidad aproximada al 5% del volumen a llenar ($V_{estimado}$).

$$V_e = 5\% \times V_{total\ caja}$$

$$V_e = 5\% \times 8,4 \times 10^{-3} m^3$$

$$V_e = 4,2 \times 10^{-4} m^3$$

Por lo que siendo:

$$2,5811 \times 10^{-5} m^3 \text{ (volumen tomado del análisis de la válvula)} \times 12 \text{ (Cantidad de botellas)}$$

$$V_{ev} = 3,09732 \times 10^{-4}$$

A esto se le suma el volumen estimado

$$V_{ev} = 3,09732 \times 10^{-4} m^3 + V_e = 4,2 \times 10^{-4} m^3$$

$$V_{ev} = 7,29732 \times 10^{-4} m^3$$

Se retorna al recipiente $7,29732 \times 10^{-4} m^3$

Considerando que la tubería de vacío se encuentra por la parte lateral del recipiente y el retorno de la válvula por la parte superior se decide para el recipiente de retorno darle una magnitud mínima 300 mm, para evitar el ingreso de líquido al tanque de vacío del sistema. Por motivos constructivos el cilindro del retorno del vacío tendrá un diámetro no mayor a los 200 mm con el objetivo de garantizar su resistencia al someterlo a presión negativa.

Por tanto teniendo como datos:

$$l = 0,3 \text{ m}$$

$$\varnothing = 0,2 \text{ m}$$

$$V_{r \text{ ret}} = \pi \times r^2 \times l$$

$$V_{r \text{ ret}} = 3,14 \times (0,1 \text{ m})^2 \times 0,3 \text{ m}$$

$$V_{r \text{ ret}} = 9,42 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\text{Como el } V_{r \text{ ret}} = 9,42 \times 10^{-3} \text{ m}^3 > V_{e \text{ v}} = 7,29732 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Entonces se plantea que el recipiente tiene las dimensiones requeridas para su diseño.

2.2 Volumen del recipiente para el almacenamiento del vacío:

Para la determinación del volumen del recipiente para el almacenamiento del vacío, se parte del siguiente análisis:

$$\text{Volumen de una botella } (V_b). = 700 \text{ ml}$$

$$\text{Cantidad de botellas a llenar } (Cb). = 12 \text{ (1 caja)}$$

$$\text{Tiempo estimado para el llenado } (t). = 15 \text{ s}$$

$$\text{Frecuencia de llenado } (F). = 4 \text{ (cajas) /m}$$

$$\text{Volumen total caja } (V_{tc}).$$

$$\text{Volumen del recipiente del retorno } (V_{rt}).$$

$$\text{Volumen de los accesorios } (V_{acc}). \text{ Las tuberías a utilizar tienen un diámetro de media pulgada} = 12,7 \text{ mm}.$$

$$\text{Volumen total a realizar vacío } (V_t). = ?$$

2.2.1 Volumen total caja

$$V_{tc} = V_b \times Cb$$

$$V_{tc} = 700 \text{ ml} \times 12$$

$$V_{tc} = 8400 \text{ m l}$$

$$V_{tc} = 8,4 \text{ l}$$

$$V_{tc} = 8,4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

2.2.2 Volumen del recipiente del retorno.

$$9,42 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

2.2.3 Volumen de los accesorios.

$$V_{acc} = \pi \times (r_t)^2 \times l$$

$$V_{acc} = 3,14 \times (0,00635 \text{ m})^2 \times 14 \text{ m}$$

$$V_{acc} = 3,14 \times 4,03225 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \times 14 \text{ m}$$

$$V_{acc} = 1,772 \times 10^{-3}$$

2.2.4 Volumen total a realizar vacío.

$$V_t = V_{tc} + V_{rt} + V_{acc}$$

$$V_t = 8,4 \times 10^{-3} \text{ m}^3 + 9,42 \times 10^{-3} + 1,772 \times 10^{-3}$$

$$V_t = 0,019592 \text{ m}^3$$

A este volumen se le debe realizar vacío durante 10 seg.

2.2.5 Caudal necesario:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{0,019592 \text{ m}^3}{10 \text{ s}}$$

$$Q = 1,9592 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

Teniendo en cuenta el espacio de trabajo con que se dispone en la máquina para el montaje del sistema de vacío, las dimensiones del recipiente para el almacenamiento del vacío son las siguientes:

Longitud (L) = 1 m

Diámetro (d) = 0,5 m

2.2.6 Volumen del recipiente:

$$V_R = \pi \times (r)^2 \times l$$

$$V_R = 3,14 \times (0,25 \text{ m})^2 \times 1 \text{ m}$$

$$V_R = 3,14 \times 0,0625 \text{ m}^2$$

$$V_R = 0,19625 \text{ m}^3$$

2.2.7 Tiempo estimado de durabilidad del vacío en el recipiente:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$t = \frac{V}{Q}$$

$$t = \frac{0,19625 \text{ m}^3}{1,9592 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}$$

$$t = 100,16 \text{ s}$$

A este valor se le suman 30 segundos correspondientes a la entrada y salida de botellas dando como resultado un tiempo de 130,16 s (2,16 min).

Como resultado tenemos que:

Cada 2,16 minutos se utiliza todo el vacío del recipiente.

2.3 Cálculo de cilindros por presión externa.

Los parámetros usados en el cálculo de espesores en recipientes sometidos a presión externa son los siguientes:

A = Factor determinado por medio de la gráfica.

B = Factor determinado por medio de las gráficas cuyo valor depende del material utilizado y de la temperatura de diseño.

D_o = Diámetro exterior del cilindro en pulgadas.

E = Módulo de elasticidad del material.

L = Longitud de una de las secciones del recipiente tomada como la mayor de las siguientes:

1.-La distancia entre las líneas de tangencia de las tapas más un tercio de las flechas de las mismas, si no se usan anillos atiesadores.

P = Presión exterior de diseño, en lb/pulg²

P_a = Valor calculado de la máxima presión exterior permisible para el supuesto valor de t , en lb/pulg²

R_o = Radio exterior de la tapa esférica = $0.9 D_o$.

El procedimiento para verificar el espesor del cilindro de un recipiente a presión externa es el siguiente:

Datos:

$$A = 0.00003$$

$$B = 20\ 000$$

$$D_o = 19.68''$$

$$E = 29\ 000\ 000$$

$$L = 27.56''$$

$$R_o = 17.71''$$

$$t = 0.118''$$

$$P_o = -20 \text{ kPa} = -2.9 \text{ lb/pulg}^2$$

$$* \text{ como } P_o < 300 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\text{Entonces } P = P_o + 30 \text{ lb/pulg}^2$$

$$P = 27.1 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\frac{L}{D_o} = \frac{27.56}{19.68} = 1.4$$

$$\frac{D_o}{t} = \frac{19.68}{0.118} = 116.77$$

$$P_a = \frac{4B}{3 D_o t}$$

$$P_a = \frac{4 * 20\,000}{3 * 19.68 * 0.118}$$

$$P_a = \frac{80\,000}{500.33}$$

$$P_a = 159.89 \text{ lb/pulg}^2$$

2.4 Cálculo de las tapas por presión externa.

Tapas semiesféricas sometidas a presión externa.

La presión exterior máxima permisible:

D a t o s :

$$t = 0.118''$$

$$R_o = 17.71''$$

$$A = \frac{0.125}{R_o t}$$

$$A = \frac{0.125}{17.71 \cdot 0.118}$$

$$A = \frac{0.125}{150} = 0.0008$$

B = 12 000 (tabla # 2).

$$P_a = \frac{B}{R_o t}$$

$$P_a = \frac{12000}{17.71 \cdot 0.118}$$

$$P_a = \frac{12000}{150} = 80 \text{ lb/pulg}^2$$

CAPITULO III CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE VACÍO .

Principio de funcionamiento .

El sistema de vacío requiere de un tanque de alimentación que se encuentra por debajo del nivel de las botellas que serán llenadas; del tanque de alimentación sale la tubería que se une al conector que hará contacto con la boca de la botella, así como la línea del receptor de sobre flujo. Cuando la máquina se enciende, se crea un vacío en el receptor de sobre flujo y hace succión sobre el conector. Cuando la boca de la botella entra en contacto con el conector se forma un vacío dentro de la botella (siempre y cuando la botella no tenga imperfecciones). El vacío succiona el líquido del tanque de alimentación a través del conector, llenando la botella. Al llegar el líquido al receptor de sobre flujo, automáticamente se corta el vacío, causando la detención inmediata del líquido. Entonces, el conector se separa de la botella y ésta pasa a la siguiente etapa. Con este sistema no es necesario lavar o limpiar la parte externa de las botellas antes de etiquetarlas, ya que pone la cantidad correcta de producto sin derramarlo.

Para la construcción del sistema de vacío además de los recipientes de almacenamiento del vacío y retorno del líquido que se diseñaron, se seleccionaron otros dispositivos los cuales mencionamos a continuación:

3.1 Solenoide.

Un solenoide es cualquier dispositivo físico capaz de crear un campo magnético sumamente uniforme e intenso en su interior, y muy débil en el exterior. Un ejemplo teórico es el de una bobina de hilo conductor aislado y enrollado helicoidalmente, de longitud infinita. En ese caso ideal el campo magnético sería uniforme en su interior y, como consecuencia, fuera sería nulo.

En la práctica, una aproximación real a un *solenoid* es un alambre aislado, de longitud finita, enrollado en forma de hélice (bobina) o un número de espirales con un paso acorde a las necesidades, por el que circula una corriente eléctrica. Cuando esto sucede, se genera un campo magnético dentro de la bobina tanto más uniforme cuanto más larga sea la bobina.

La bobina con un núcleo apropiado, se convierte en un electroimán. Se utiliza en gran medida para generar un campo magnético uniforme.

Este tipo de bobinas es utilizado para accionar un tipo de válvula, llamada válvula solenoide, que responde a pulsos eléctricos respecto de su apertura y cierre. Eventualmente controlable por programa, su aplicación más recurrente en la actualidad, tiene relación con sistemas de regulación hidráulica y neumática.[26]



Figura 7. Solenoide. (Fuente: [26])

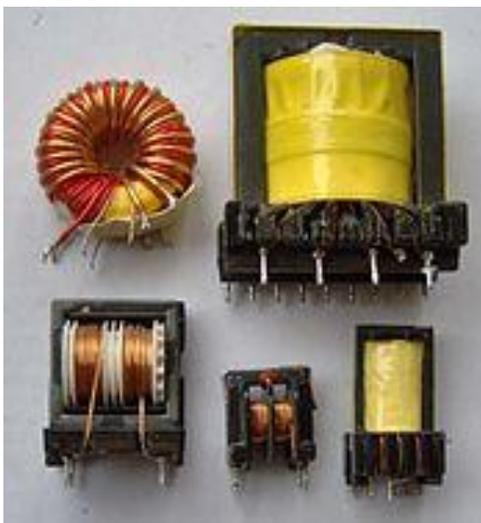


Figura 8. Aplicaciones del solenoide. (Fuente: [26])

3.2 Cheque horizontal o válvula anti retorno.

Una válvula industrial es el tipo de válvula que como elemento mecánico se emplea para regular, permitir o impedir el paso de un fluido a través de una instalación industrial o máquina de cualquier tipo. Válvula de retención

La función esencial de una válvula de retención es impedir el paso del fluido en una dirección determinada, y no retorno (retén). Mientras el sentido del fluido es el correcto, la válvula de retención se mantiene abierta, cuando el fluido pierde velocidad o presión la válvula de retención tiende a cerrarse, evitando así el retroceso del fluido. La diferencia de presiones entre la entrada y la salida hace que la válvula esté abierta o cerrada. También se denomina anti-retorno.

3.2.1 Componentes de una válvula.

- **Cuerpo:** Es la parte a través de la cuál transcurre el fluido.
- **Obturador:** Es el elemento que hace que la sección de paso varíe, regulando el caudal y por tanto la pérdida de presión.
- **Accionamiento:** Es la parte de la válvula que hace de motor para que el obturador se sitúe en una posición concreta. Puede ser motorizado, mecánico, neumático, manual o electromagnético.
- **Cierre:** Une el cuerpo con el accionamiento. Hace que la cavidad del cuerpo y del obturador (donde hay fluido) sea estanco y no fugue.
- **Vástago:** Es el eje que transmite la fuerza del accionamiento al obturador para que este último se posicione.

3.2.2 Materiales.

Dependiendo del material utilizado en el cuerpo de la válvula, se denominan como válvulas de:

- **acero al carbono,** como el forjado A105N que se usa en la mayoría de procesos industriales inocuos

- acero inoxidable, como el A182 F316 que se usa en situaciones de corrosión o temperatura menor
- acero aleado, como el super duplex forjado A182 F55 que se usa en procesos altamente corrosivos, como por ejemplo la desalinación del agua marítima

3.2.3 Presión nominal.

Para estandarizar las válvulas se estipulan diferentes presiones máximas a las que pueden trabajar. Se denomina con la sigla PN -valor establecido en bar- y se encuentra, generalmente, impreso en el cuerpo de la válvula.[30]

3.2.4 Extremos.

- Soldados
- Roscados
- Polietileno press-fitting
- Easyquick (empalme rápido)
- EasyQuick Plus (empalme rápido desmontable)
- Bridados



Figura 9. Válvula anti retorno. (Fuente: [30])

3.3 Regulador de presión.

Un Manorreductor o válvula reductora de presión es un dispositivo que permite reducir la presión de un fluido en una red el más sencillo consiste en un estrangulamiento en el conducto que produzca una pérdida de carga o presión (ej. válvula medio cerrada) para reducir la presión pero la presión final variará mucho según la presión de entrada y el caudal.

Si aumenta el flujo la presión bajara y si se detiene la presión se igualara con la de alta presión. Los más correctos son los que consiguen que en la salida haya una presión constante fija o seleccionada (llamada *de consigna*).

Hay que resaltar que estas válvulas solamente son capaces de reducir la presión, de modo que si la presión de entrada es inferior a la de consigna de la válvula, la presión de salida será igual a la de entrada, es decir, en la mayoría de los casos, insuficiente.[26]

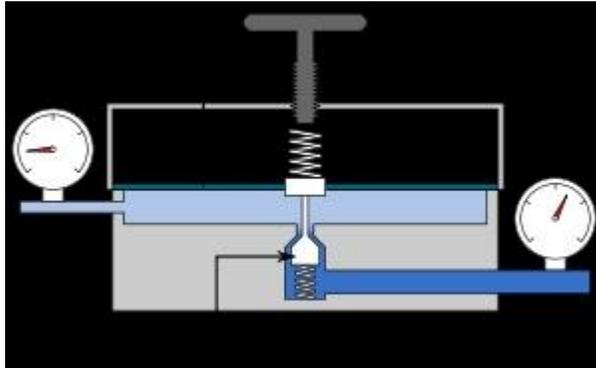


Figura 10. Regulador de presión Fuente: [26])

3.4 Presostato.

El presostato también es conocido como interruptor de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.

3.4.1 Operación.

El fluido ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja un resorte, empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan.

Un tornillo permite ajustar la sensibilidad de disparo del presostato al aplicar más o menos fuerza sobre el pistón a través del resorte. Usualmente tienen dos ajustes independientes: la presión de encendido y la presión de apagado.

No deben ser confundidos con los transductores de presión (medidores de presión); mientras estos últimos entregan una señal variable en base al rango de presión, los presostatos entregan una señal apagado/encendido únicamente.

3.4.2 Tipos.

Los tipos de presostatos varían dependiendo del rango de presión al que pueden ser ajustados, temperatura de trabajo y el tipo de fluido que pueden medir. Pueden haber varios tipos de presostatos:

- Presostato diferencial: Funciona según un rango de presiones, alta-baja, normalmente ajustable, que hace abrir o cerrar un circuito eléctrico que forma parte del circuito de mando de un elemento de accionamiento eléctrico, comúnmente motores.
- Alta diferencial: Cuando se supera la presión estipulada para el compresor, el rearme puede ser manual o automático.
- Baja diferencial: Cuando la presión baja más de lo estipulado para el compresor, el rearme puede ser manual o automático.

3.4.3 Usos.

Los usos son muy variados. Algunos ejemplos:

- la luz roja de falta de presión de aceite de un automóvil está conectada a un presostato
- la bomba de agua está controlada por un presostato en el sistema hidroneumático (hidráulico) de una casa
- Para proteger motores en refrigeración de falta de aceite, se utilizan presostatos diferenciales, cuando la presión de aceite se acerca a la presión del circuito detiene al motor. Al variar constantemente la presión del circuito la única forma de controlar la presión del aceite es compararla con la del circuito en ese momento, de esta manera el presostato actúa por diferencia de presiones y no por una presión fija.
- para proteger equipos de refrigeración de altas o bajas presiones

Los presostatos en general no tienen la capacidad para encender directamente el equipo que están controlando y se ayudan con un relevador o contactor eléctrico, no obstante en refrigeración es bastante común observar presostatos que comandan directamente compresores monofásicos sin pasar la potencia por un contactor o relé. El encendido del aire acondicionado de un coche también va determinado por un presostato de alta cuando está en su funcionamiento completo a plena carga.[28]

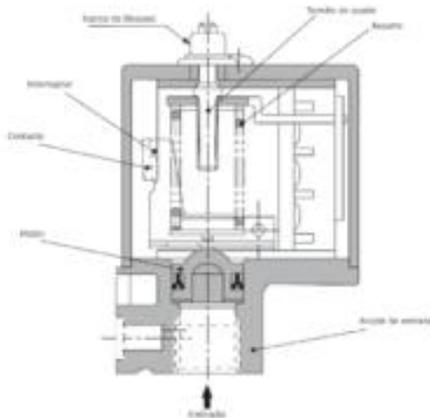


Figura 11. Esquema de un presostato. Fuente: [28])

3.5.1 Vacuómetro.

El vacuómetro de McLeod es un vacuómetro que mide con gran precisión presiones inferiores a la presión atmosférica. Se utiliza tanto en la industria como en el campo de la investigación científica y técnica.

Dependiendo de su diseño, puede cubrir la medida de presiones desde 10^{-3} a 100 mbar ó desde 10^{-6} hasta 10^{-2} mbar.

Fue inventado 1874 por Herbert G. McLeod (1841–1923).^[1] Aunque aún hoy es frecuente encontrarlos formando parte de complejos equipamientos de alto vacío, están siendo sustituidos por vacuómetros electrónicos.

3.5.2 Esquema de funcionamiento.

El fundamento del vacuómetro McLeod consiste en comprimir con mercurio una muestra del gas del sistema sometido a medida con el propósito de lograr mayor sensibilidad aplicando la Ley de Boyle-Mariotte.

Para medir una presión de vacío con el vacuómetro de McLeod se parte desde la posición de reposo, esto es cuando está en posición horizontal. Luego se inclina suavemente para que el mercurio contenido en el bulbo principal penetre en los capilares. Cuando el mercurio llega a la línea de corte (aforo), el gas contenido en el capilar de la izquierda queda atrapado y aislado del resto del sistema lo que provoca que, al seguir vertiendo mercurio, aumente su presión.[26]

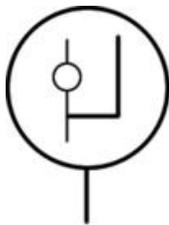


Figura 12. Símbolo del vacuómetro McLeod según la norma ISO 3753-1977 (E).

3.6 Tubos.

Una tubería o cañería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos. Se suele elaborar con materiales muy diversos. Cuando el líquido transportado es petróleo, se utiliza el término oleoducto. Cuando el fluido transportado es gas, se utiliza el término gasoducto. También es posible transportar mediante tubería o nada materiales que, si bien no son un fluido, se adecuan a este sistema: hormigón, cemento, cereales, documentos encapsulados, etcétera. [5]

3.6.1 Materiales.

Las tuberías se fabrican en diversos materiales en función de consideraciones técnicas y económicas. Suele usarse el poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), hierro fundido, acero, latón, cobre, plomo, hormigón, polipropileno, PVC,^[1] y termoplástico polietileno de alta densidad (PEAD), etcétera.

Tubos de acero

Hay tres métodos de fabricación de tuberías de acero:

- Sin costura (sin soldadura). La tubería es un lingote cilíndrico que se calienta en un horno antes de la extrusión. En la extrusión se hace pasar por un dado cilíndrico y posteriormente se hace el agujero mediante un penetrador. La tubería sin costura es la mejor para la contención de la presión gracias a su homogeneidad en todas sus direcciones. Además, es la forma más común de fabricación y por tanto la más comercial.
- Con costura longitudinal. Se parte de una lámina de chapa, la cual se dobla para darle forma a la tubería. La soldadura que une los extremos de la chapa doblada cierra el cilindro. Por tanto, es una soldadura recta que sigue toda una generatriz. Variando la separación entre los rodillos se obtienen diferentes curvas y con ello diferentes diámetros de tubería. Esta soldadura será la parte más débil de la tubería y marcará la tensión máxima admisible.

- Con soldadura helicoidal (o en espiral). La metodología es la misma que el punto anterior, con la salvedad de que la soldadura no es recta sino que recorre la tubería siguiendo la tubería como si fuese roscada.

Tubos de hierro fundido

Una tubería de hierro fundido con costura o sin costura es una placa de hierro doblada según el diámetro que se requiera y soldada por su parte unión contra la parte inicial, en el caso de la que lleva costura; la que no lleva costura es una inyección del hierro fundido en un proceso llamado fundición, en el cual la tubería sale sin costura. La diferencia principal es que la tubería con costura es más propensa a apertura por presiones que no resiste; a diferencia de la tubería sin costura, su manufactura es de mayor resistencia a las presiones.

Tubos de acero galvanizado.

La tubería de acero galvanizado es una tubería de acero negro, pero con el proceso de galvanizado interior y exteriormente. El galvanizado se aplica después de formado el tubo. Al igual que la de acero al carbón, se dobla la placa a los diámetros que se requiera y existen con costura y sin costura y se utiliza para transportar agua potable, gases, aceites o vapores a alta y baja presión. [13]

A continuación se enumeran algunos códigos que contemplan el diseño de sistemas de tuberías.

ISO/EN/ASME/ANSI

- ASME B31.1 - Tuberías en plantas de generación
- ASME B31.3 - Plantas de proceso
- ASME B31.4 - Transporte de hidrocarburos líquidos, gas petrolero, Anhydroids Anmonia y Alcoholes
- ASME B31.5 - Tuberías para refrigeración
- ASME B31.8 - Conducciones de gas
- ASME B31.9 - Tuberías para edificios de servicios

- ISO 2531 - Tubos, racores y accesorios de fundición dúctil y sus uniones para la aplicación de agua o gas
- ISO 8179 - Tubos de fundición dúctil – Revestimiento exterior de zinc y capa de acabado

Parte I – Cinc Metálico con Capa de Acabado

Parte II – Pintura de Cinc Rico con Capa de Acabado



Figura 13. Tuberías. (Fuente: [13])

3.7 Bomba de membrana o de diafragma.

Principio de funcionamiento de una bomba de membrana.

Una bomba de membrana o de diafragma es una bomba de desplazamiento positivo que, para bombear líquido, combina la acción recíproca de un diafragma de teflón o caucho y de válvulas que abren y cierran de acuerdo al movimiento del diafragma. A veces a este tipo de bomba también se llama bomba de membrana. Hay tres tipos principales de bomba de diafragma:

El de primer tipo, el diafragma se sella con un lado en el líquido que se bombeará, y el otro en aire o líquido hidráulico. El diafragma se dobla, haciendo que el volumen del compartimiento de la bomba aumente y disminuya. Un par de válvulas previene que la corriente tenga un movimiento contrario.

Como se describe anteriormente, el segundo tipo de bomba de diafragma trabaja con la dislocación positiva volumétrica, pero diferencia en que lo que mueve al diafragma no es ni aceite ni aire, sino que tiene un funcionamiento electromecánico a través de una impulsión engranada del motor. Este método dobla el diafragma con una acción mecánica simple, y un lado del diafragma está abierto al aire.

El tercer tipo de bomba de diafragma tiene uno o más diafragmas sin sellar con el líquido que se bombeará en ambos lados. Los diafragmas se doblan otra vez, haciendo cambiar el volumen.

Cuando el volumen de un compartimiento de cualquier tipo se aumenta el diafragma baja, la presión disminuye y el líquido entra dentro del compartimiento. Cuando la presión del compartimiento aumenta (ya que el volumen disminuye), el diafragma sube y el líquido guardado previamente adentro es forzado a salir. Finalmente, el diafragma baja impulsando de nuevo más líquido dentro del compartimiento, terminando el ciclo. Esta acción es similar a la del cilindro de un motor de combustión interna.

Las bombas de diafragma se pueden utilizar para hacer corazones artificiales.

3.8 Válvula de bola o válvula esférica.

La apertura y cierre se produce por el giro de una esfera que tiene un agujero transversal.

Al girar la maneta, también gira un eje, el cual está acoplado a una esfera, unas juntas de PTFE (teflón) garantizan la estanqueidad.[30]



Figura 14: Sección Válvula de Bola. (Fuente: [30])

CONCLUSIONES.

Luego de realizar el presente trabajo se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se le dio respuesta al objetivo trazado de diseñar el sistema de vacío para acelerar el proceso de la llenadora de botellas para ello, se realizaron los cálculos para los diseños de los recipientes del sistema de vacío.
2. Se realizó el diseño del recipiente acoplado a la bomba de vacío con el software SolidWorks.
3. Se rediseñó el recipiente de retorno del líquido con el software SolidWorks.
4. Se fabricó el sistema de vacío diseñado.

RECOMENDACIONES

En este trabajo se recomienda:

1. Utilizar el empleo de sistemas de vacíos con el objetivo de disminuir el consumo energético e incrementar la vida útil de las bombas.
2. Realizar un estudio de mantenimiento con el fin de prolongar la vida útil de piezas y accesorios del sistema.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Biblioteca del Ingeniero Químico (Tom o 2). Robert H. Perry. Ed. M c G raw -Hill
2. Bombas. Su Selección y Aplicación. Tyler G. Hicks, BME. Compañía Editorial Continental S.A...
3. Colectivo de autores. Albares Sánchez, Jesús. Gregori Pérez, Santiago. Rivero Llerena, Gabriel. González Rodríguez, Regino. Elemento de máquinas Manual complementario. Departamento de ediciones del ISPJAE 1985.
4. Compresores. Selección, Uso y Mantenimientos. Richard W. Greene, Cuerpo de redactores Chemical Engineering Magazine. Ed. M c G raw -Hill
5. Chapman Román, Stephen (1997). Uso del Análisis de Flexibilidad de Sistemas de Tubería para la Selección y Especificación de Soportes Dinámicos.
6. Cherkasski. Bombas, Ventiladores y Compresores.
7. Grinnell Corporation (1995). Piping Design and Engineering. U.S.A. 7ma Edición.
8. Ingeniería León, Mollendo 1039. Lindavista. México.
9. Karassik: Manual de Bombas Centrífugas.
10. Maraven Caron Engineering Practices (M CEP) (1997). Thermal Insulation for Hot Services. 30.46.00.31 - Gen Mineral Wool Insulation Thickness For Steam and Condensate Lines.
11. Mataix: Turbomáquinas Hidráulicas.
12. Mecánica de los fluidos. J. A. Roberson / C. T. Crowe. Segunda edición.
13. Nekrasov: Hidráulica.
14. Petróleos de Venezuela (1995). Diseño Mecánico - Módulo II - Diseño de Tuberías. Centro de Educación y Desarrollo (CIED).

15. Philips G., Rodolfo J. (1997). Guía del Usuario en Auto PIPE 5.0 para Análisis Vibratorio en Sistemas de Tuberías.
16. Pressure Vessel Handbook. Eugene F. Megyesy.
17. Process Equipment Design. Lloyd E. Brownel and Edwin H. Young. Edición 1959.
18. Reshetov, D. Elementos de máquinas. Editorial Pueblo y Educación 1985.
19. Shell International Oil Products B.V (SIO P) (1999). Design and Engineering Practices. DEP 31.38.01.29 – Gen Pipe Supports.
20. Shigley, Joseph Edward (1984). Diseño en Ingeniería Mecánica. 5ª Edición, México: Mc Graw-Hill.
21. Silva Díaz, Betty Mariella (1999). Diseño de un Sistema de Cálculo Automatizado para la Optimización de los Procesos de Tendido y Reparación de Tuberías Sub-Lacustres, bajo el Criterio de Flexibilidad y Flotabilidad. PDVSA Punto Fijo, Estado Falcón.
22. The American Society of Mechanical Engineers (1996). Process Piping. ASME Code for Pressure Piping B31.3. U.S.A
23. Monografías.com.
24. Código ASME. Sección VIII. División 1. Edición 1995.
25. Microsoft Encarta 2002.
26. Microsoft Encarta 2003.
27. Wikipedia Image: Cam-disc-3 frontview animated.gif.
28. www.infomecanica.com\automatismos.htm.
29. http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/131/htm/sec_9.htm
30. http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/131/htm/sec_10.htm.
31. <http://es.wikipedia.org/wiki/Válvula>

ANEXOS.

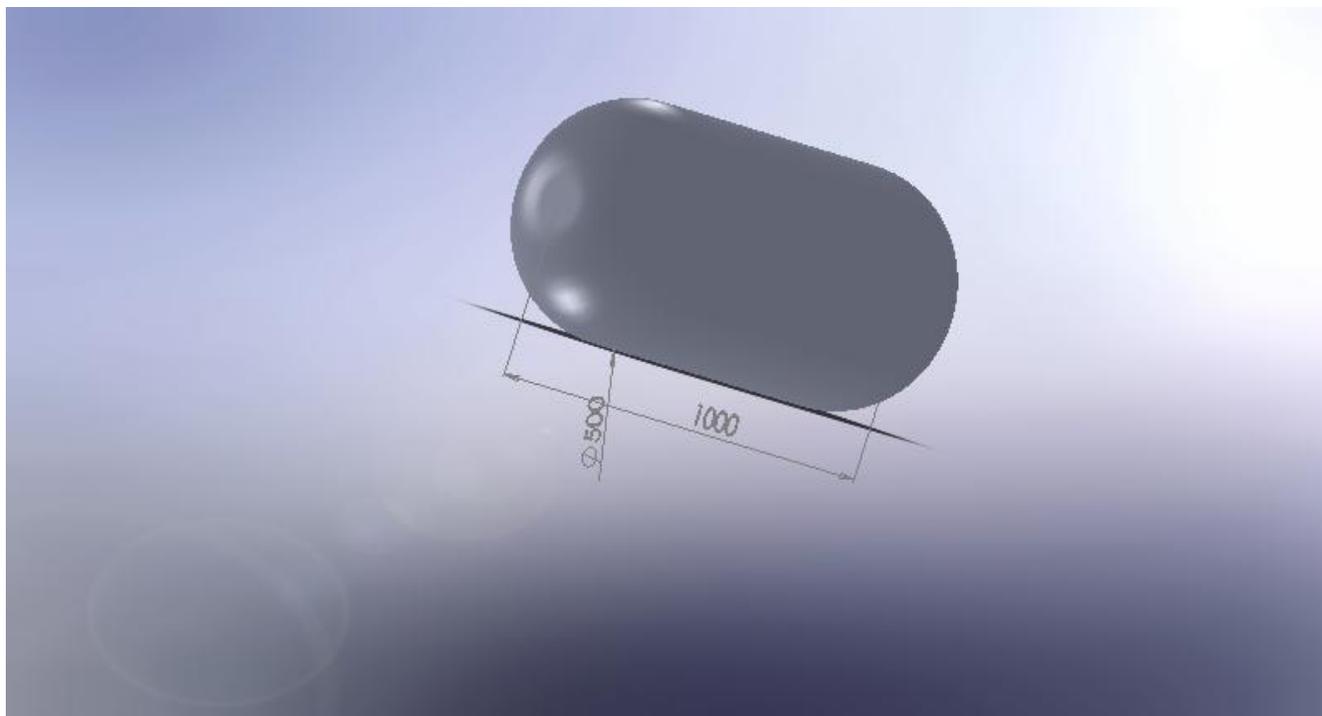


Figura 15. Recipiente de vacío (SolidWorks).

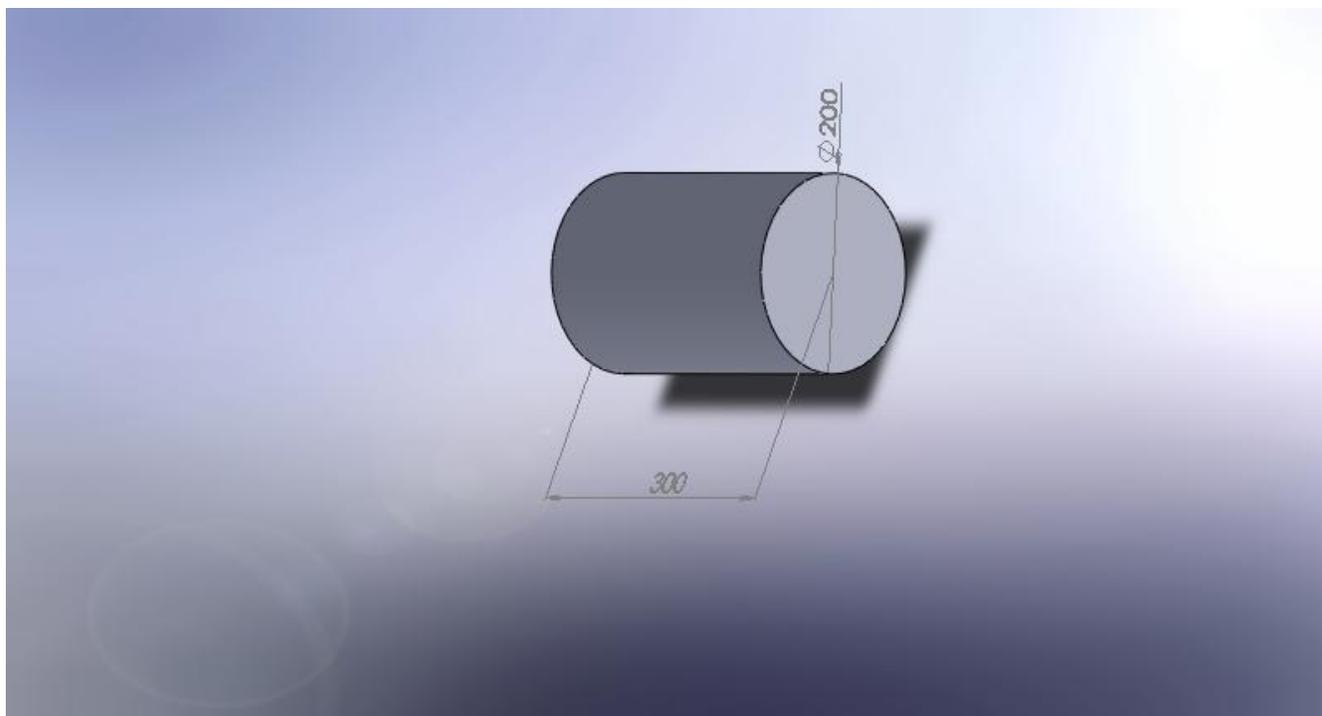


Figura 16. Recipiente de retorno del líquido (SolidWorks).



Figura 17. Recipiente de vacío. (Fuente: Propia)



Figura 18. Solenoide. (Fuente: Propia)

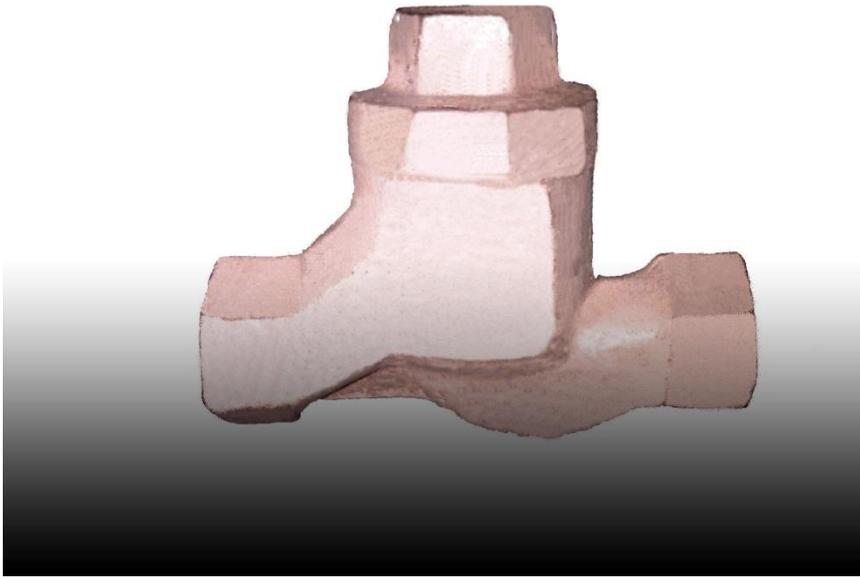


Figura 19. Cheque horizontal. (Fuente: Propia)



Figura 20. Regulador de presión. (Fuente: Propia)



Figura 21. Presostato. (Fuente: Propia)



Figura 22. Vacuómetro. (Fuente: Propia)

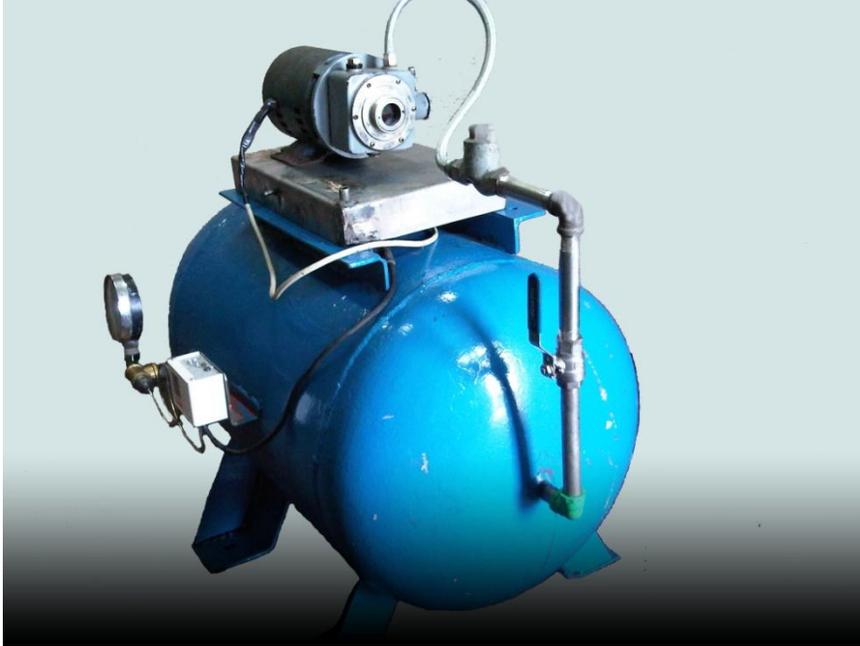


Figura 23. Sistema de vacío, vista frontal. (Fuente: Propia)

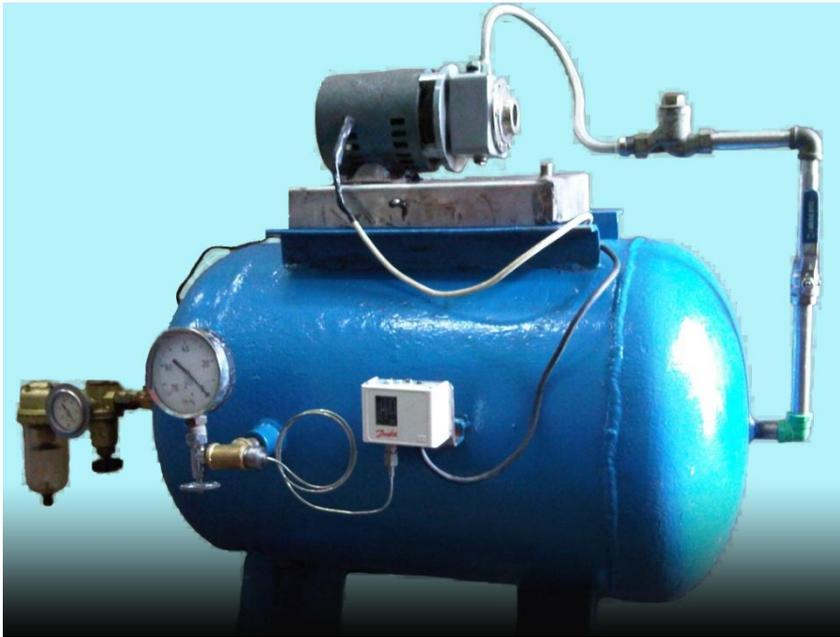


Figura 24. Sistema de vacío, vista lateral. (Fuente: Propia)



Figura 25. Sistema de vacío, vista trasera. (Fuente: Propia)

Tabla # 1: Factor A.

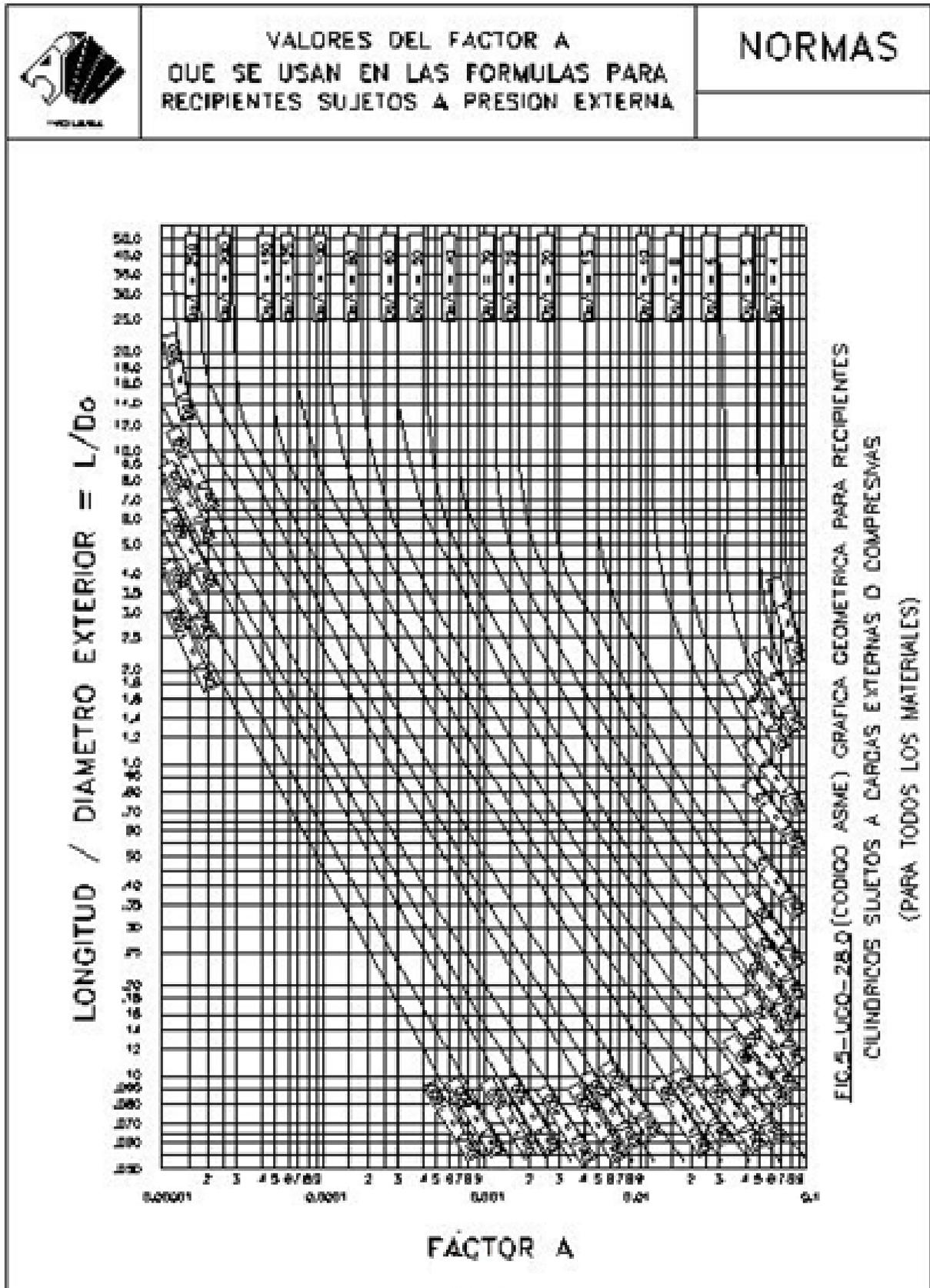


Tabla # 2: Factor B

