



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

**“Selección de Sistema de Vacío Utilizando Bombas Tipo
Distribuidor Giratorio Para Máquina Llenadora de
Cerveza”**

TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:
Oswaldo Javier Valverde Jaramillo

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2009

AGRADECIMIENTO

A mis padres, a Fátima, Yovi, Vane y Mare por ser parte viva de este trabajo.

Un agradecimiento especial al Ing. Ernesto Martínez, por su guía y consejos, mil gracias.

DEDICATORIA

A MI FAMILIA

A MIS AMIGOS

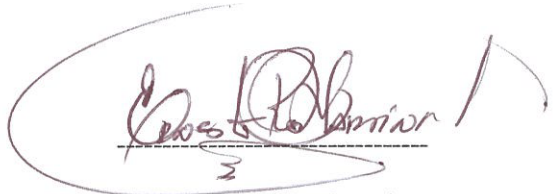
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade S.

DECANO DE LA FIMCP

PRESIDENTE



Ing. Ernesto Martínez L.

DIRECTOR DE TESIS



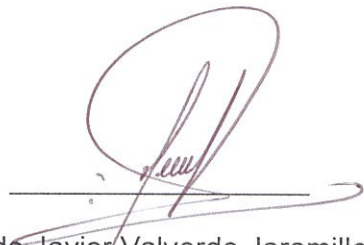
Ing. Federico Camacho B.

VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

A handwritten signature in dark ink, featuring a large, stylized capital 'O' and 'J' that are interconnected. The signature is written over a horizontal line.

Oswaldo Javier Valverde Jaramillo

RESUMEN

El presente artículo trata sobre la implementación de una nueva tecnología de bombas de vacío de distribuidor giratorio en una máquina llenadora de Cerveza. La razón por la cual se aplica vacío a la botella es extraer el oxígeno existente en su interior y mantener con ello los valores permitidos de Oxígeno Total Envasado, evitando se oxide el producto y pierda sus propiedades organolépticas. Este es un proceso que hasta ahora se realizaba con bombas de anillo líquido que utilizaban agua como líquido sellante y que luego de 10 años de trabajo continuo han perdido su capacidad de generar el vacío requerido por el sistema y deben ser reemplazadas necesariamente. Presentándose así dos alternativas, mantener la misma tecnología de bombas de vacío o, implementar bombas de distribuidor giratorio. Primero se analizó las curvas de funcionamiento de las bombas de vacío actuales para compararlas con las de distribuidor giratorio y certificar que puedan generar los mismos niveles de vacío y luego se comparan en una matriz de decisión todos los parámetros involucrados para finalmente decidimos por las bombas de vacío de distribuidor giratorio y continuar con la selección de la potencia, tanque, y demás accesorios necesarios para completar el sistema. El resultado es una nueva tecnología de bombas de distribuidor giratorio que genera el vacío requerido con una menor potencia y que además evita el desperdicio de agua como una medida de compromiso con el medio ambiente.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE PLANOS.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	IX
CAPÍTULO 1	
1. Conceptualizaciones.....	3
1.1. Vacío.....	3
1.2. Parámetros de Medición.....	5
1.3. Bombas de Vacío.....	9
1.3.1. Tipos de Bombas de Vacío.....	9
1.3.2. Aplicaciones Comunes.....	11
CAPÍTULO 2	
2. Principios de Funcionamiento de las Bombas de Vacío.....	14
2.1. Principio de Funcionamiento de las Bombas de Vacío de Anillo Líquido.....	14
2.1.1. Teoría de Operación.....	14
2.1.2. Tipos de Instalación.....	17
2.2. Principio de Funcionamiento de las Bombas de Distribuidor Giratorio.....	24
2.2.1. Bombas de Distribuidor Giratorio sin Lubricación.....	28

2.2.2. Bombas de Distribuidor Giratorio con Lubricación.....	28
--	----

CAPÍTULO 3

3. Procesos de Llenado de Cerveza.....	30
3.1. Proceso de Llenado de la Cerveza.....	31
3.2. Función que Cumple la Bomba de Vacío en el Embotellado.....	43
3.3. Problema que Ocasiona la Bomba Actual en el Sistema.....	44
3.4. Matriz de Decisión en la Solución del Problema.....	45

CAPÍTULO 4

4. Nuevo Sistema de Vacío.....	51
4.1. Determinación de la Capacidad de la Bomba de Vacío.....	51
4.2. Selección del Nuevo Sistema de vacío.....	52
4.3. Componentes del Sistema.....	53
4.4. Costos del Nuevo Sistema.....	59

CAPÍTULO 5

5. Conclusiones y Recomendaciones.....	67
--	----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

SIMBOLOGÍA

H ₂ O	Agua
Psia	psi absoluta (Unidad de Presión absoluta)
Psig	psi gauge (Unidad de Presión Relativa)
"HgA	Pulgadas de Mercurio Absoluta
"HgV	Pulgadas de Mercurio relativas
"Hgg	Pulgadas de Mercurio relativas
in Hg	Pulgadas de Mercurio
Bar abs	Bar (Unidad de presión)
In water	Pulgadas de Agua (unidad de Presión de vacío)
°F	Grados Farenheit
°R	Grados Ranking
C	Carbono
O ₂	Oxígeno
N ₂	Nitrógeno
Sp	Capacidad de bombeo
P1	Presión máxima de vacío (absoluta)
P2	Presión de vacío del sistema (absolutas)
Ln	Logaritmo Natural
u	Coefficiente de poisson para el acero
Pcrit	Presión Crítica
Xcrit	Coefficiente Seguridad contra pérdida de estabilidad
%	Porcentaje
HP	Unidad de potencia
Hz	Frecuencia
i	Tasa de Interés
N	Período de Recuperación
C	Ahorro en costos

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Vacío.....	4
Figura 1.2. Presión de Vacío Absoluto y Relativo.....	5
Figura 1.3. Presión Absoluta y Relativa.....	7
Figura 1.4. Unidades de Presión de Vacío.....	8
Figura 2.5. Corte Transversal de Bomba de Anillo Líquido.....	15
Figura 2.6. Sistema sin Recuperación de Sellante – Tubería Esquemática.....	18
Figura 2.7. Sistema de Recuperación Parcial de Sellante - Tubería Esquemática.....	20
Figura 2.8. Sistema de Recuperación Total de Sellante - Tubería Esquemática con Bomba de Recirculación.....	22
Figura 2.9. Sistema de Recuperación Total de Sellante - Tubería Esquemática sin Bomba de Recirculación.....	25
Figura 2.10. Composición Bombas de Distribuidor Giratorio.....	27
Figura 2.11. Capacidades y Niveles de Presión.....	29
Figura 3.12. Etapas de Proceso de Llenado.....	31
Figura 3.13. Botellas Ingresando a Máquina Llenadora.....	33
Figura 3.14. Válvula de Llenado.....	34
Figura 3.15. Primera Evacuación.....	36
Figura 3.16. Pre-Inyección.....	37
Figura 3.17. Segunda Evacuación.....	38
Figura 3.18. Contrapresión.....	39
Figura 3.19. Fase de Llenado.....	39
Figura 3.20. Fase Final de Llenado.....	40
Figura 3.21. Fase de Descarga.....	41
Figura 3.22. Fase de Limpieza CIP.....	42
Figura 3.23. Gráfica de Curvas de Funcionamiento de las Bombas de Vacío.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Aplicaciones Comunes.....	11
Tabla 2. Curvas de Funcionamiento de las Bombas de vacío.....	47
Tabla 3. Matriz de Decisión.....	50
Tabla 4. Niveles de Vacío.....	53
Tabla 5. Presupuesto de Inversión en Sistema de Vacío Distribuidor Giratorio.....	61
Tabla 6. Cálculo del Ahorro en Costo de Energía Eléctrica.....	63
Tabla 7. Cálculo del Ahorro en Costo de Agua Potable.....	64
Tabla 8. Análisis de Escenarios Periodo de Recuperación de la Inversión.....	65

ÍNDICE DE PLANOS

- Plano 1. Sistema de Vacío de Distribuidor Giratorio
- Plano 2. Tanque Acumulador

INTRODUCCIÓN

La utilización de una nueva tecnología ante la rápida obsolescencia del conocimiento obliga a estrategias urgentes en una sociedad de la información, conocimiento y economía simbólica para obtener ventajas competitivas y comparativas en el negocio.

En el presente estudio se compara técnica y económicamente dos tecnologías existentes para generar vacío y buscar finalmente la posibilidad de reemplazar una bomba de vacío de anillo líquido, por un sistema que usa bombas de distribuidor giratorio, en una planta embotelladora de cerveza en la ciudad de Guayaquil.

El resultado de este cambio de tecnología se traduce en una reducción del consumo anual de energía, ahorro del líquido sellante, mejora de las condiciones de mantenimiento de los equipos, reducción del impacto ambiental y evitar implementar un nuevo sistema de recuperación del líquido sellante; todo esto manteniendo siempre el nivel de vacío óptimo requerido por el sistema, a fin de que no se vean afectadas las propiedades organolépticas de la cerveza.

El documento contiene un punto de partida que involucra los conceptos básicos para la comprensión de las partes constitutivas del nuevo sistema, aspectos relacionados con los niveles de presión y de vacío, así como del

tipo de bombas de vacío existentes. Posteriormente se realiza una diferenciación de los principios de funcionamiento de las bombas de vacío de anillo líquido y las bombas de vacío de distribuidor giratorio; sus propiedades, componentes y características de instalación.

Reconociendo luego cada una de las fases del proceso de llenado de la cerveza, se expone la función que cumple la bomba de vacío en el llenado de las mismas y se detallan los problemas que actualmente enfrenta el sistema de vacío de anillo líquido; a partir de estos se plantean las soluciones y ventajas de la implementación, a través de una matriz de decisión en la que se ponderan las variables relevantes del sistema.

Finalmente se establecen los componentes del nuevo sistema, las características principales de su funcionamiento y se efectúa un análisis de los costos que deben ser incurridos para su implementación, calculando el ahorro generado en el consumo de agua potable y energía eléctrica para a través de esto lograr especificar el periodo de recuperación de la inversión.

Con seguridad el estudio servirá de fuente de consulta y de inicio de futuras investigaciones, más aún, tratándose de una implementación tecnológica en campos importantes como la industria cervecera y en un momento histórico para el país que requiere con urgencia elevar sus niveles de competitividad que nos integre al mercado andino y mundial con parámetros de calidad y excelencia.

CAPÍTULO 1

1. CONCEPTUALIZACIONES.

1.1. Vacío

De acuerdo con la definición de la Sociedad Americana de Vacío (1958), el término *vacío* 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 [1].

Esto significa que en cuanto más se disminuye la presión, mayor vacío se obtiene lo que permite clasificar el grado de vacío. Entonces, se puede hablar de bajo, mediano, alto y ultra alto vacío, en correspondencia con intervalos de presiones cada vez menores. Cada intervalo tiene características propias, ver Figura 1.1

Bajo y Mediano Vacío.

El intervalo de presión atmosférica con las características bajo y mediano vacío, se manifiesta desde un poco menos de 760 torr hasta 10^{-2} torr. Con las técnicas usuales para hacer vacío, los gases que

componen el aire se evacuan a diferentes velocidades y esto altera la composición de gases del aire residual [2].

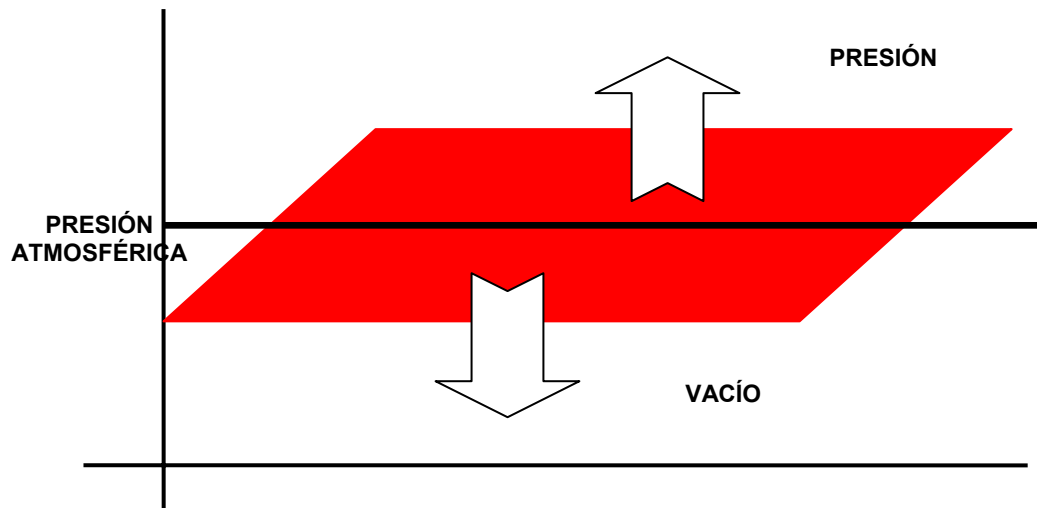


FIGURA 1.1. VACÍO.

Alto Vacío.

El intervalo de presión se extiende desde cerca de 10^{-3} hasta 10^{-7} Torr. La composición de gases residuales presenta un alto contenido de vapor de agua (H_2O) [1].

Ultra Alto Vacío.

El intervalo de presión va desde 10^{-7} hasta 10^{-16} torr. Las superficies internas del recipiente se mantienen limpias de gas. En este intervalo el componente dominante de los gases residuales es el hidrógeno [1].

1.2. Parámetros de Medición.

Los parámetros de medición y aquellos que son fundamentales para seleccionar una bomba de vacío, son sin duda la presión de vacío y el flujo de gases que se debe extraer.

Presión de Vacío Absoluto y Relativo.

Un esquema que describe perfectamente la diferencia entre vacío absoluto y relativo se encuentra en la Figura 1.2.

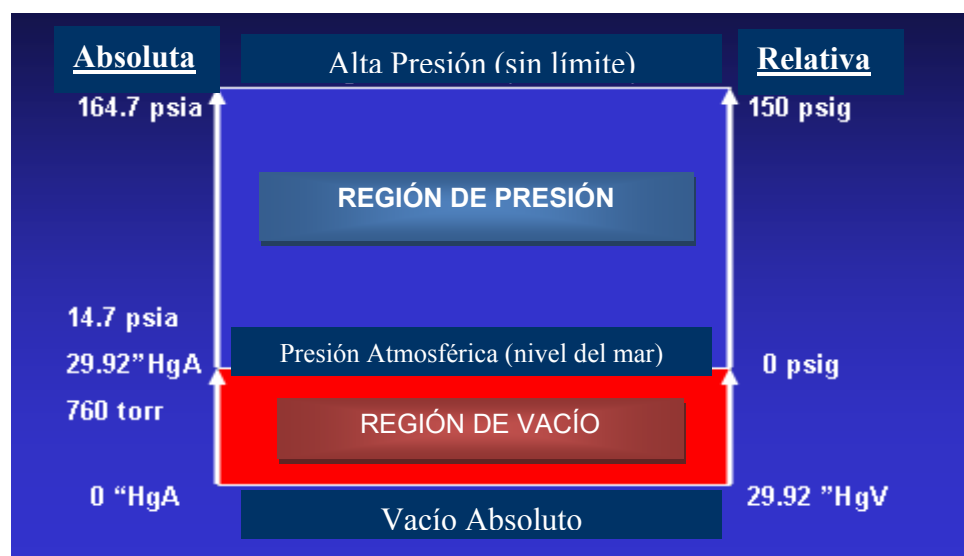


FIGURA 1.2. PRESIÓN DE VACÍO ABSOLUTO Y RELATIVO.

Para interpretar se debe diferenciar las tres partes que la constituyen, en el extremo izquierdo se representa la manera de medir la presión absoluta, en el centro con la línea de presión atmosférica (a nivel del

mar) quedan bien diferenciadas las regiones de vacío y presión y en el extremo derecho los valores claves para medir presión relativa.

Presión de vacío relativa.- La presión relativa es la determinada por un elemento que mide la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica del lugar donde se efectúa la medición. Hay que señalar que al aumentar o disminuir la presión atmosférica, disminuye o aumenta respectivamente la presión leída [3].

Presión de vacío absoluta.- La presión absoluta mide con relación al cero absoluto de presión 0 "HgA (extremo inferior izquierdo en el gráfico) [3].

Un buen ejemplo para entender la presión de vacío absoluta se encuentra en la Figura 1.3.

Pese a estar hablando del mismo punto, sin embargo las presiones se miden de manera diferente:

Por un lado el Punto X tiene 10"Hgg (Presión Relativa) medidos desde la línea de presión atmosférica y tiene 19.92"Hga (presión Absoluta) medida desde el cero absoluto.

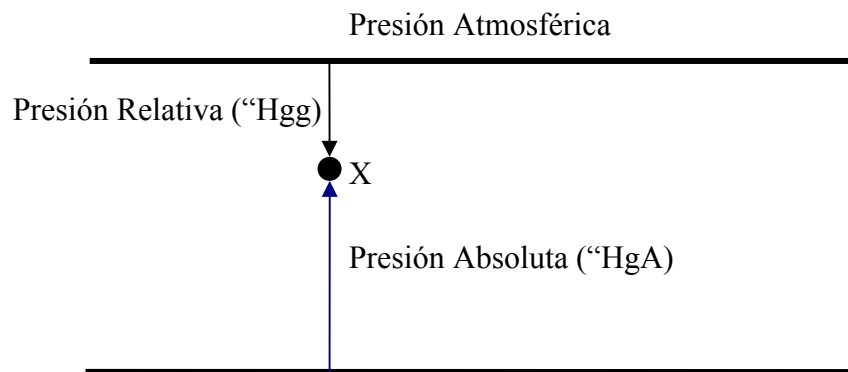


FIGURA 1.3. PRESIÓN ABSOLUTA Y RELATIVA.

Unidades en las que se mide el vacío:

Las unidades en las que se mide la presión de vacío pueden ser:

<i>Absolutas</i>	<i>Relativas</i>
1. Torr	1. In Hg gage
2. In Hg Abs	2. In Water
3. Mbar abs	3. PSIG
4. Bar abs	
5. PSIA	

Las equivalencias entre la presión atmosférica y las unidades de vacío antes mencionadas, se pueden leer en la figura 1.4 siguiendo el ejemplo: Presión Atmosférica = 760 Torr.

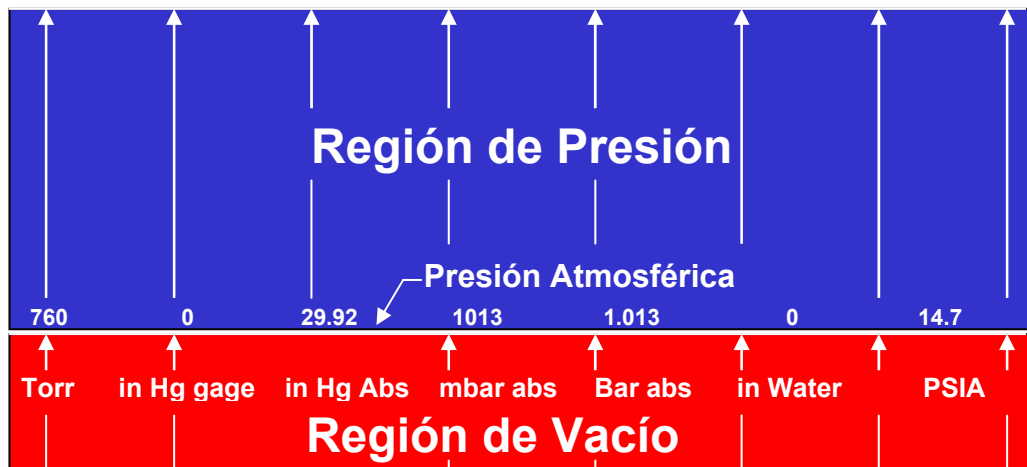


FIGURA 1.4. UNIDADES DE PRESIÓN DE VACÍO.

Flujo.

SCFM Standard Cubic Feet/Minute, según sus siglas en ingles, la velocidad de bombeo en pies³/min bajo condiciones estándar de operación.

- Presión estándar barométrica (29.92"HgA)
- Temperatura estándar (68°F oo 528°R)

ACFM Actual Cubic Feet/Minute, según sus siglas en inglés, es aquel que muestra una medida "actual" de la velocidad de bombeo bajo condiciones de operación [1].

- Presión y temperatura actual
- Ejemplo, 21"HgV & 125°F

1.3. Bombas de Vacío.

Son dispositivos que generan vacío mediante la utilización de un motor eléctrico. Se emplean cuando se requieren elevados caudales de aspiración, existen de varias tecnologías y por ende muchas aplicaciones distintas, son comúnmente usadas en máquinas de envasado, imprenta, de inyección de plástico y caucho, entre otras [1].

1.3.1. Tipos de bombas de vacío.

Las bombas de vacío son usadas para reducir la presión de gas en un cierto volumen y así la densidad de gas, por consiguiente considere que las partículas de gas tienen que ser quitadas del volumen. Básicamente la diferenciación es hecha entre dos clases de bombas de vacío [1].

- a) Bombas de vacío donde, vía una o varias etapas de compresión, las partículas de gas son removidas del volumen que debe ser bombeado y expulsado a la atmósfera.
- b) Las bombas de vacío donde las partículas de gas que deben ser quitadas se condensan o son vinculadas por otro medio

(por ejemplo químicamente) a una superficie sólida, que a menudo es la parte del límite que forma el volumen.

Una clasificación que va más bien en función de su tecnología y sus aplicaciones prácticas es la que sigue:

1. Las bombas que funcionan con aumentos y disminuciones periódicas de los volúmenes de la cámara de la bomba (la paleta rotatoria y bombas de émbolo rotatorias; también las bombas cicloidales).
2. Las bombas que transportan las cantidades de gas del lado de baja presión al lado de alta presión sin cambiar el volumen de la cámara de bombeo (bombas de lóbulos, turbo moleculares).
3. Bombas donde el efecto de bombeo está basado principalmente en la difusión de gases en un motor de vapor de alta velocidad sin gas (bombas de vapor).
4. Las bombas que bombean vapores mediante la condensación (condensadores) y bombas que bombean gases permanentes por vía de la condensación en temperaturas muy bajas (cryopumps) [1].

5. Las bombas que vinculan o incorporan gases por adsorción o absorción a superficies que son considerablemente libres de gases (bombas de porción).

Un resumen de toda la clasificación se puede ver en el Apéndice A.

1.3.2. Aplicaciones Comunes.

El vacío se utiliza comúnmente en extracciones de vapores y humos en recintos cerrados, en el moldeado del plástico y del caucho, etc., además, suele utilizarse conjuntamente con ventosas en los conocidos manipuladores industriales, en el transporte de materiales y en aplicaciones de robótica, entre otras.

En la Tabla 1. se puede encontrar el resumen de algunas de las aplicaciones comunes.

TABLA 1
APLICACIONES COMUNES (1).

Aplicaciones Industriales de la Tecnología de Vacío	
Industria Química	• Desgasificación • Destilación • Dsecación y Liofilización

	• Concentración • Filtrado
Industria Farmacéutica	• Desgasificación y secado • Liofilización • Envasado
Industria Alimentaria	• Concentración y separación de disolventes • Envasado y control de calidad de envases • Detección de fugas en envases de conservas • Liofilización (de frutas y verduras)
Industria Metalúrgica	• Fusión (aceros con bajo contenido en C, O₂, N₂, etc.) • Desgasificación • Tratamientos térmicos (nitrogenado, etc.) • Soldadura con metales especiales (titanio, etc.) • Sinterización de polvos
Plásticos	• Desgasificación y secado • Fusión • Inyección y Extrusión • Moldeado de Plásticos (envases) • Metalizado
Industria	• Deposición de películas delgadas (metalizado de espejos, capas antirreflectantes, coloreado de vidrios)

Petroquímica	ópticos, espejos fríos)
Industria Frigorífica	• Máquinas de absorción • Transporte de productos a bajas temperaturas en sistemas aislados • Evacuación y desecación para el posterior llenado con un refrigerante de las unidades frigoríficas
Electrónica	• Evacuación de lámparas, tubos de rayos X, tubos T V, microondas, etc. • Hornos de vacío para sinterización de ánodos, curado de conectores, crecimiento de monocristales, etc. • Deposición de películas delgadas en la industria de semiconductores (diodos, transistores, circuitos integrados), osciladores de cuarzo calibrados, microrresistencias, etc. • Encapsulado de componentes en microelectrónica

CAPÍTULO 2

2. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS DE VACÍO.

2.1.Principio de funcionamiento de las bombas de vacío de anillo líquido.

2.1.1. Teoría de Operación.

Cuando la bomba está en operación, un flujo continuo de líquido sellante entra a la bomba y forma un sello entre el impulsor y la carcasa (Ver Figura 2.5) [4].

El impulsor está en offset sobre el centro de la carcasa de la bomba y a medida que gira el impulsor, la acción de bombeo comienza en el espacio entre el impulsor y la carcasa en un ciclo de llenado y vaciado, igual a un compresor (motor) reciprocante.

La entrada y descarga de gas se posicionan como para extraer el gas en la cavidad dentro del anillo sellado de líquido durante el segmento de expansión y el gas de descarga junto con algo de líquido durante el segmento de compresión.

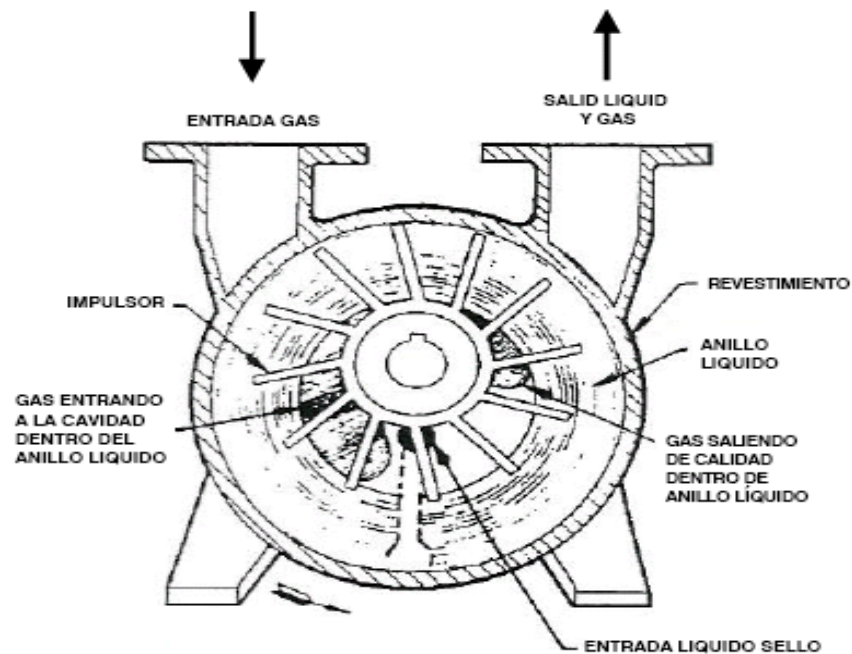


FIGURA 2.5. CORTE TRANSVERSAL DE BOMBA DE ANILLO LÍQUIDO.

El líquido descargado se puede recuperar y volver a circular por medio del uso de un separador de gas/líquido. Una válvula de atenuación se suministra para vaciar el sellante de la bomba, antes de comenzar y sangrar el aire en la bomba para prevenir la cavitación que se presenta, cuando la presión es baja y el fluido de aire es mínimo [4].

Generalmente se usa al agua como un sello líquido, pero puede ser inadecuado para algunas aplicaciones de la bomba.

Propiedades de los Sellantes.

El Agua es el sellante de uso más frecuente en las bombas de vacío de anillo líquido. Otros fluidos pueden utilizarse para obtener compatibilidad de proceso. En estas aplicaciones se debe prestar consideración especial a las propiedades del sellante, que pueden afectar el rendimiento de la bomba [4].

Algunas de las propiedades de los sellantes que se deben considerar, son:

- Gravedad Específica
- Calor específico
- Viscosidad
- Presión del vapor

Además, la solubilidad del gas de proceso en el sellante puede ser importante y se instala una válvula opcional de sangrado de aire y/o una válvula de desahogo en la línea de succión.

Se debe evaluar especialmente si se utiliza el sistema de recuperación parcial o completa. Cuando el agua es el sellante

su contenido químico debe evaluarse, puesto que ciertas condiciones pueden afectar la vida de servicio de la bomba.

Generalmente si el agua es apta para el consumo humano, es apta para el uso de la bomba. La dureza mayor a 500 PPM resulta en la metalización interna e impurezas en las partes de la bomba. El servicio con dureza inferior a 500 PPM depende sobre la temperatura de operación y la naturaleza del depósito de sal [4].

El agua de pozos naturales con ácido orgánico de pH-5 o superior generalmente es apto, sin embargo un pH de 7 o más es lo preferido. El agua tratada químicamente con contenido de azufre requiere un pH-7 o más. El agua, que tenga un pH inferior a 5 se debe tratar, o la bomba requerirá materiales especiales de construcción [4].

2.1.2. Tipos de Instalación.

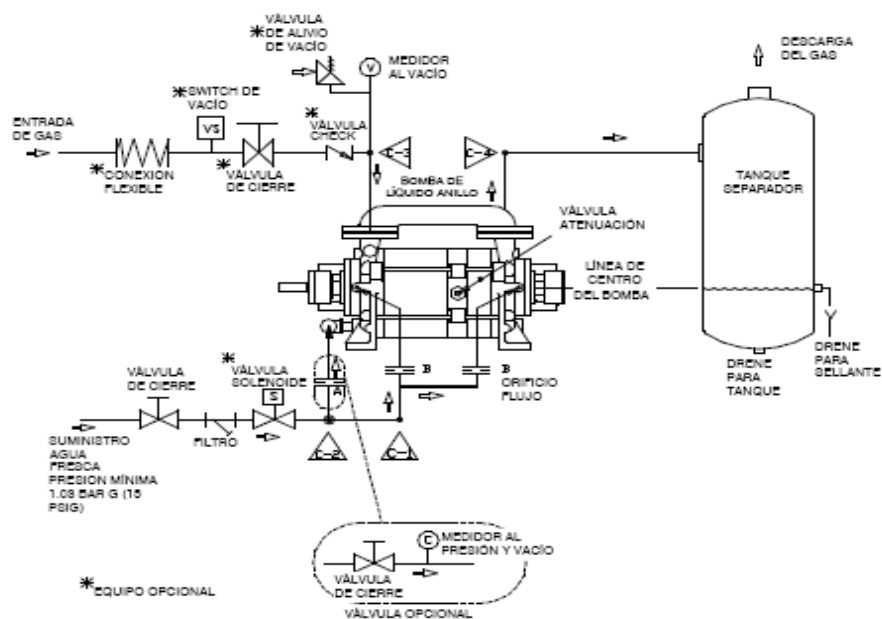
Se puede encontrar en la Industria cualquiera de estas formas de instalación para una bomba de anillo líquido.

Sistemas de Recuperación de Sellante.

Dependiendo de la aplicación se puede tener o no sistemas de recuperación de sellante, así:

Sin recuperación de Sellante.

Este arreglo toma agua directamente del suministro de agua, por medio de la bomba y lo descarga directamente a través de un tanque separador de gas/ líquido a un desagüe aprobado, ver Figura 2.6.



**FIGURA 2.6. SISTEMA SIN RECUPERACIÓN DE SELLANTE
– TUBERÍA ESQUEMÁTICA.**

Este arreglo es más común en las bombas pequeñas, en instalaciones donde la conservación del agua no sea un factor, o donde la contaminación de un sellante sea un factor.

Se diseñan arreglos de valvulaje para conservar el flujo del sellante y potencia cuando la bomba esté operando a presión alta (vacío bajo).

Recuperación Sellante Parcial.

El arreglo de recuperación parcial hace que la bomba descargue el agua y el gas en un tanque separador de gas y líquido, donde se libera el gas a la atmósfera y se retiene el agua.

Una pequeña parte del agua se desecha por medio de un vertedero de superficie y el resto se retiene en el tanque separador para la recirculación.

Se agrega agua compensatoria en la cantidad necesaria para conservar la temperatura adecuada para el agua sellante. Este es el arreglo de uso más frecuente en los casos donde se requiere la conservación del líquido sellante. Ver Figura 2.7.

Recuperación Completa de Sellante

Con bomba de recirculación.

Un sistema de recuperación completo de sellante es una configuración de sellante de lazo cerrado que emplea un intercambiador de calor, (enfriado por agua o aire) para mantener la temperatura adecuada en el fluido del sellante.

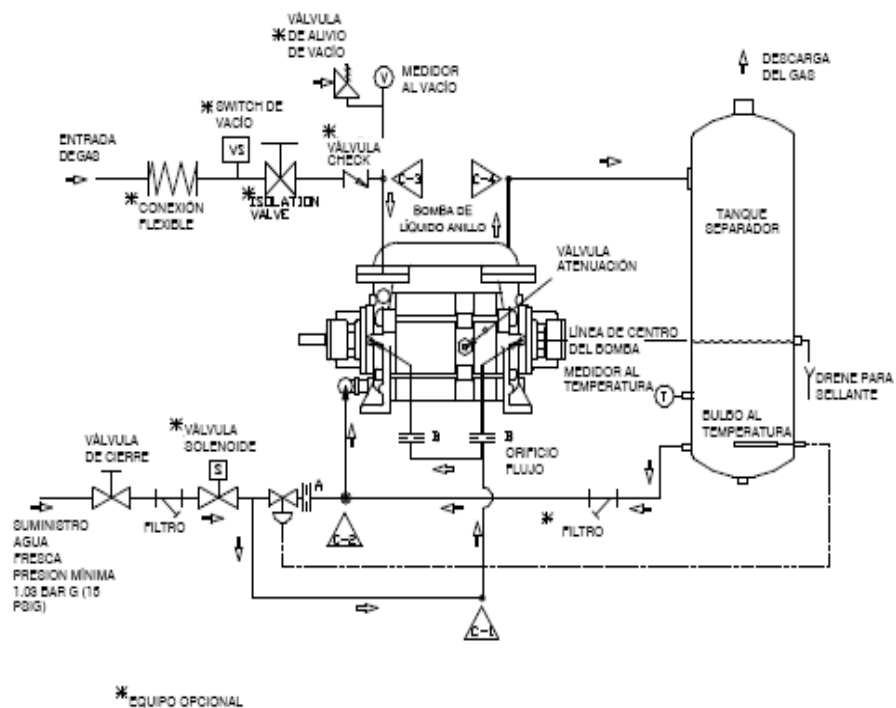


FIGURA 2.7. SISTEMA DE RECUPERACIÓN PARCIAL DE SELLANTE – TUBERÍA ESQUEMÁTICA.

Este arreglo no es apto para la operación prolongada en presiones sobre los 400 Torr a menos que se instale una bomba de circulación.

Los sistemas de recuperación completa de líquido usualmente operan bajo condiciones donde la condensación causaría que el nivel del líquido se incremente, haciendo necesario vaciar el líquido de la unidad para conservar el nivel de operación.

La condición contraria puede existir por medio de la cual la evaporación del líquido, requiere que se agregue líquido compensatorio para conservar el nivel del mismo. Si hay muchas piezas de conexión, válvulas y dispositivos restrictivos en un sistema de recuperación completo que no utilice una bomba de circulación, el líquido sellante se induce en la bomba bajo la succión de la bomba completamente.

Para una operación sostenida sobre los 400 Torr, en ciclaje rápido del bombeo del ambiente, se puede requerir una bomba de circulación. Esta última, cuando se agrega a un sistema de recuperación completo mantiene el flujo del sellante adecuado en condiciones de presión de entrada.

La presión en el medidor del sellante puede variar dependiendo de la presión de admisión, desde varios pulgadas de vacío a una presión levemente positiva. Normalmente, una línea de suministro común se usa para enfriar el líquido sellante y el sello mecánico. Ver Figura 2.8.

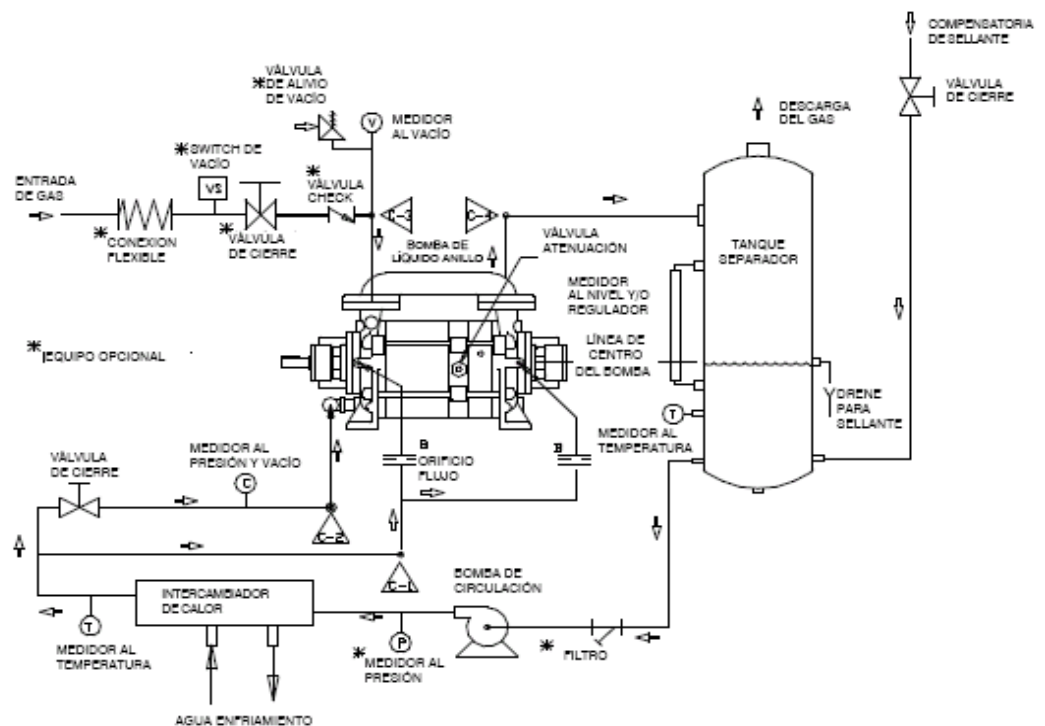


FIGURA 2.8. SISTEMA DE RECUPERACIÓN TOTAL DE SELLANTE – TUBERÍA ESQUEMÁTICA CON BOMBA DE RECIRCULACIÓN.

Sin bomba de Recirculación.

Tubería Sellante

La tubería no debe ser más pequeña que la conexión de la bomba, debe estar alineada y podrá requerir soporte, para no colocar presión sobre la bomba.

Generalmente no es necesario drenar una bomba al nivel del eje anterior a su puesta en marcha, siempre y cuando el flujo entrante del sellante fuera detenido simultáneamente con la detención de la bomba durante el cierre.

Una válvula solenoide automática (cerrada normalmente) es conveniente para este uso. La bomba puede vaciarse manualmente hasta el nivel del eje por el uso de la válvula de atenuación.

A medida que la bomba crea su propio vacío atraerá la cantidad de sellante necesaria, para que el sellante no requiera estar bajo presión cuando se bombee por debajo de las 400 Torr (533 mbar a).

Desde 400 hasta 760 Torr (533 hasta 1013 mbar a) si la bomba debe operar durante un periodo extendido de tiempo, sería requerido un mínimo de 7 PSI en la línea del sellante.

Las velocidades de flujo Sellante y las temperaturas representan consideraciones importantes debido a su efecto en el balance de calor de la bomba. Si una bomba debe operar sobre un rango de vacío amplio, las velocidades de flujo son especialmente importantes.

Con muy poca cantidad de agua la unidad no bombeará en su completa capacidad en vacíos altos y con demasiada agua, el requisito de potencia (en HP) será excesivo en el rango de vacíos bajos. Ver Figura 2.9 [4].

2.2.Principio de Funcionamiento de las Bombas de Distribuidor Giratorio.

Subida de la presión mediante desplazamiento del recinto: Sistemas estáticos de transporte para volumen alterado del aire.

Subida de la presión mediante desplazamiento del recinto, según esta fórmula funciona el principio de distribuidor giratorio. En todos los sectores de uso: presión, vacío y ambos combinados, este principio

estático de construcción ofrece posibilidades extraordinarias para el trabajo.

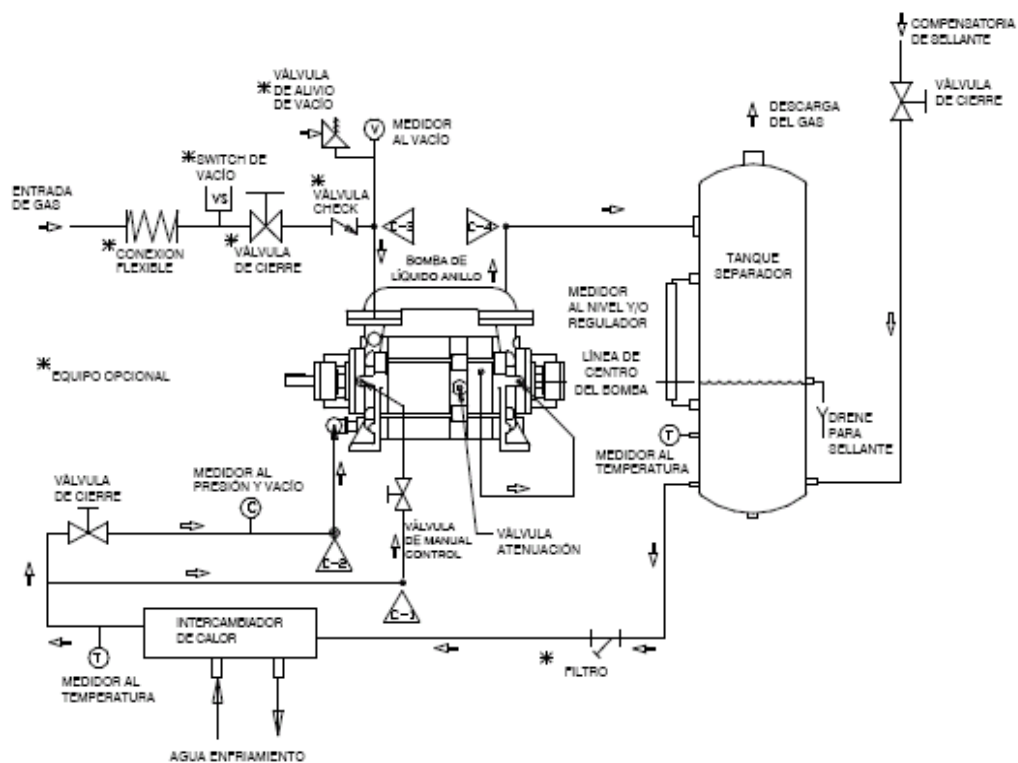


FIGURA 2.9. SISTEMA DE RECUPERACIÓN TOTAL DE SELLANTE – TUBERÍA ESQUEMÁTICA SIN BOMBA DE RECIRCULACIÓN.

Según el tamaño y el modo de construcción; lubricado con aceite o funcionando sin engrase, se alcanzan vacíos de hasta 29.92 in. Hg (gauge) y capacidades de aspiración entre 2 y 903 cfm. y sobrepresiones de hasta 29 psig con caudales entre 2 y 359 cfm. Con

un trabajo combinado puede alcanzarse simultáneamente hasta 18.1 in. Hg (gauge) de vacío y 10.2 psig de presión.

En un taladro cilíndrico de la caja (1) (Figura 2.10) se suspende de forma excéntrica un rotor (2), de modo que casi toca arriba (3) el taladro. En varias ranuras (4) del rotor se colocan las llamadas laminillas o corredera de separación (5) que, al girar el rotor, se deslizan con su borde exterior a lo largo del taladro de la caja, debido a la fuerza centrífuga.

De esta manera, entre sendas dos laminillas se forma una célula transportadora (6), cuyo volumen se altera continuamente durante la rotación. Por el canal de admisión (7) afluye aire en la célula hasta que la laminilla trasera haya alcanzado el final del orificio de admisión (8). En ese momento de la fluencia, la célula (6) alcanza su volumen máximo en las bombas de vacío y en los compresores.

Si esta célula se sigue separando entonces del canal aspirante, se reduce continuamente su volumen. Se comprime el aire encerrado, sube la presión. Se continúa la compresión hasta que la presión en la célula (9) exceda la presión en la cámara (10) y sale por el canal (11).

En algunas construcciones se encuentran válvulas de escape (12) en los canales de presión, las cuales evitan el retroceso del aire ya

expulsado a la célula, tanto tiempo como en la célula no se haya alcanzado aún la presión de compresión.

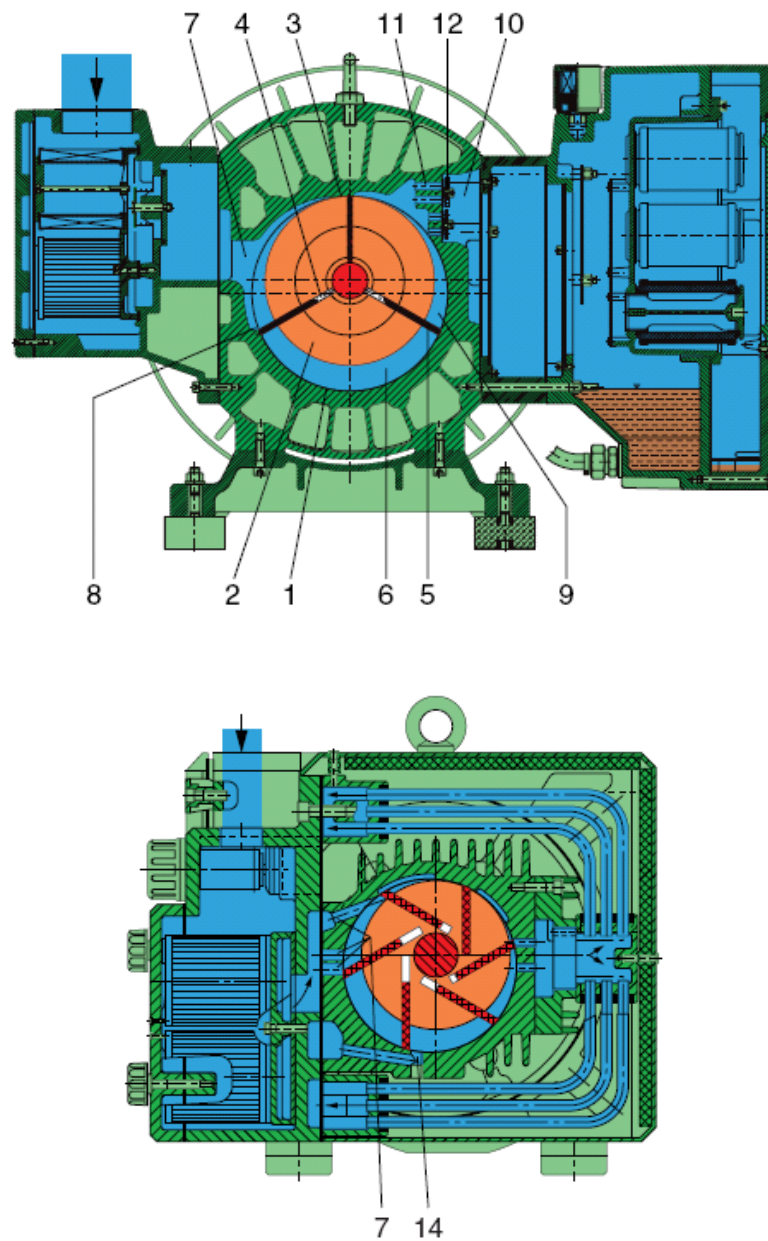


FIGURA 2.10. COMPOSICIÓN BOMBAS DE DISTRIBUIDOR GIRATORIO.

En la bomba de vacío, el proceso de compresión tiene lugar del mismo modo, encontrándose en la célula (9) el vacío que baja y en la cámara (10), la presión atmosférica. En las bombas de presión-vacío, el extremo más bajo de lo(s) orificio(s) de admisión (7) para el vacío se encuentra algo adelantado.

De este modo se tiene la posibilidad de llenar vía una segunda admisión (14) la célula llenada sólo en parte, debido al vacío. Para evitar que se obstaculice el vacío, este canal de carga se halla aproximadamente a una distancia de una división de la célula de la aspiración principal (7). Seleccionando la posición de los canales de admisión (7) y (14) se puede variar la relación entre el caudal de vacío y el de presión. Ver Figura 2.10.

2.2.1. Bombas de Distribuidor Giratorio sin Lubricación.

Logran menores presiones de vacío que las bombas lubricadas con aceite y pueden ser usadas únicamente en aplicaciones de vacío limpio, es decir aquellos donde el gas no contiene impurezas al momento de ser bombeado.

2.2.2. Bombas de Distribuidor Giratorio con Lubricación.

Conquistan presiones de vacío mayores que las bombas sin lubricación, inclusive pueden tener capacidades mucho más

altas, además, de que por su lubricación pueden aceptar un poco de impurezas en su operación [2].

En la siguiente figura 2.11. Se puede ver las capacidades y niveles de presión que se obtienen tanto con bombas de distribuidor giratorio lubricadas como aquellas sin lubricación [2].

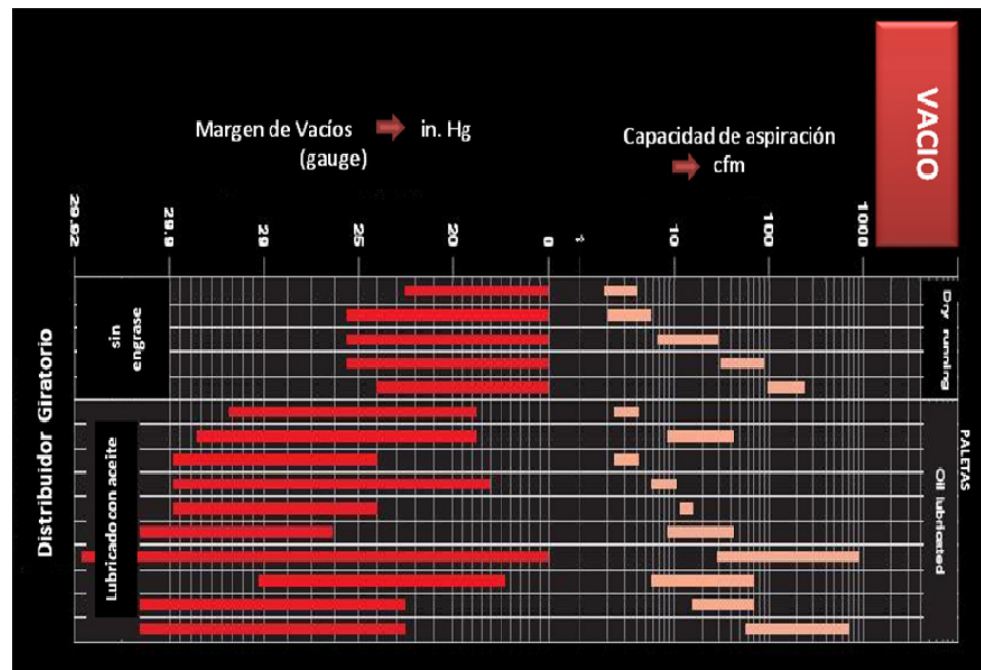


FIGURA 2.11. CAPACIDADES Y NIVELES DE PRESIÓN.

CAPITULO 3

3. PROCESOS DE LLENADO DE CERVEZA

La planta de embotellado es sin duda una sección importante dentro de una compañía cervecera, su línea de producción incluye:

- Depaletizadoras
- Inspección de cajas
- Desencajadora
- Lavado de botellas
- Lavado de cajas
- Llenadoras
- Inspección de nivel y tapado
- Pasteurizadora
- Etiquetadora
- Inspección de Etiquetado
- Empacadoras
- Inspección de cajas llenas
- Paletizadora

Con todo este proceso terminado se obtiene un producto listo para ser distribuido a los distintos puntos de venta. Sin embargo, se profundiza y

se centra este estudio en la sección de llenado, una máquina que sin duda desempeña un papel importantísimo, cuando además de llenar la botella, controla la cantidad de oxígeno que existe dentro de ella antes de ser tapada, con la finalidad de mantenerse dentro de las especificaciones permitidas y así obtener un producto con óptimas propiedades organolépticas y con un mayor tiempo de vida [5].

3.1. Proceso de llenado de la Cerveza.

Las etapas del proceso de llenado de cerveza se pueden ver de forma secuencial en el esquema que presenta la figura 3.12.

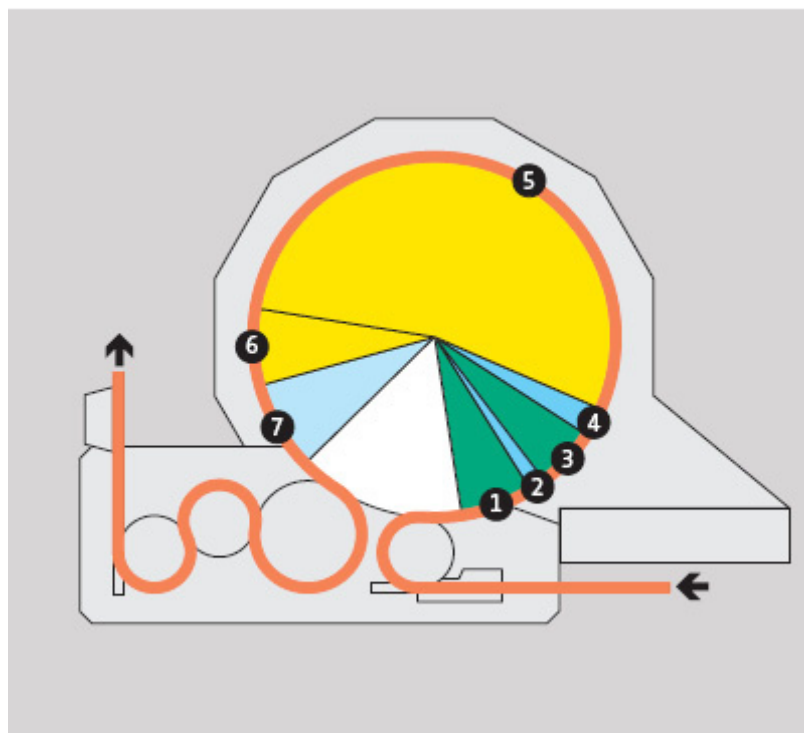


FIGURA 3.12. ETAPAS DEL PROCESO DE LLENADO.

Donde:

1. Primera Evacuación
2. Enjuague con CO₂
3. Segunda evacuación
4. Presurización
5. Llenado
6. Estabilización
7. Descarga

En el siguiente cuadro (ver figura 3.13) se muestra como las botellas ingresan a la llenadora y se acoplan una a una con su respectiva válvula de llenado para iniciar el proceso y cumplir las siete etapas antes descritas, mientras dure su estancia dentro de ésta máquina.

La máquina llenadora que se analiza tiene 84 válvulas y trabaja a una capacidad de 500 BPM.

Es bueno recalcar que para el llenado de cerveza se usa un sistema llamado de pre-evacuación, donde las válvulas están diseñadas para cumplir con siete fases muy bien diferenciadas que dan lugar a una botella llena de producto con únicamente la cantidad de oxígeno permitida en su interior y se evita de esa manera que el producto se deteriore [6].



FIGURA 3.13. BOTELLAS INGRESANDO A MÁQUINA LLENADORA.

En la Figura 3.14, se observa una válvula en su posición base de la siguiente manera.

Donde:

1. Cilindro de mando de la válvula de líquido
2. Válvula de gas
3. Rodillo de leva
4. Bloqueador de gas

5. Cono de válvula
6. Tubo de retorno de gas
7. Canal de vacío
8. Válvula de descarga
9. Válvula de vacío
10. Canal de descarga

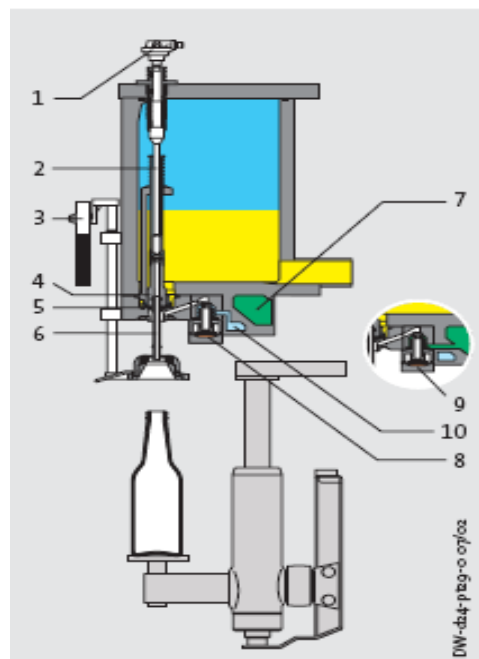


FIGURA 3.14. VÁLVULA DE LLENADO

En esta posición tanto la válvula de gas como el cono de la válvula se encuentran cerrados.

Dentro de sus características de construcción se recalca que se trata de una válvula de llenado higiénica y con protección contra el ruido. Su cuerpo espiral en la salida de la válvula permite un llenado preciso con bajo contenido de oxígeno, pocas turbulencias mediante la distribución del producto en la pared de la botella evitando también con esto la presencia de espuma.

Diseño sencillo y de fácil limpieza con tornillo sinfín minimizador de ruido, toberas de aire silenciosas y cerramiento para la bomba de vacío [6].

Las Fases de Llenado en detalle.

Las fases que tienen lugar en la válvula de llenado mientras mantiene su contacto con la botella dentro de la máquina llenadora son:

- 1. Primera Evacuación.-** Tras recibir un impulso electrónico, se abre la válvula de vacío estableciendo una conexión entre el canal de vacío y el de CIP. De esta forma a la botella se le aplica una atmósfera de vacío y el contenido de aire en la misma queda reducido a un 10%. La presión mínima de vacío que exige el sistema es de -0.85 bar. Ver figura 3.15.

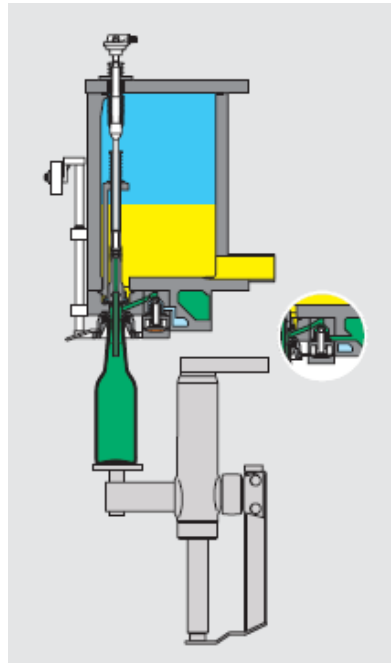


FIGURA 3.15. PRIMERA EVACUACIÓN.

- 2. Pre-Inyección.-** La válvula de gas mandada neumáticamente se abre estableciendo la conexión con el depósito anular. Debido a ello fluye CO₂ casi puro del depósito anular a la botella, esto ocurre a una presión de 1 bar. Ver figura 3.16.
- 3. Segunda Evacuación.-** Nuevamente se abre la válvula de vacío mandada neumáticamente y establece el trayecto para la generación de una segunda situación de vacío dentro de la botella. El vacío creado reduce la proporción de aire contenida en la botella aproximadamente a un 1%. Ver figura 3.17.

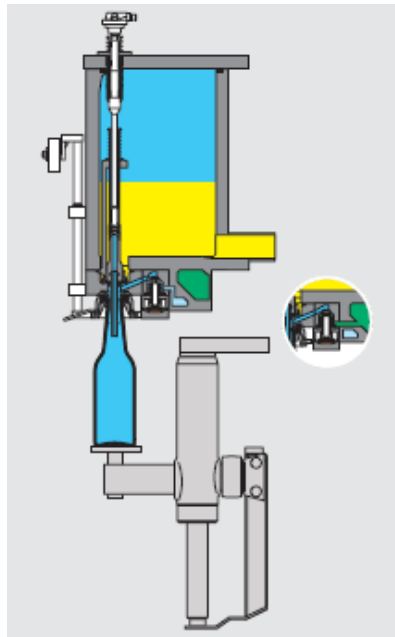


FIGURA 3.16. PRE-INYECCIÓN.

4. Contrapresión.- Mandado de forma electrónica, el cilindro de mando neumático abre la válvula de gas haciendo llegar a la botella mediante el tubo de retorno de gas la mezcla de gas del depósito anular.

De esta forma se crea la presión de llenado en la botella, consiguiendo que la presión existente dentro de la misma sea exactamente igual a la del interior del depósito, 2.3 bar. Ver figura 3.18.

5. Fase de Llenado.- Cuando existe una equipresión el cono de la válvula se abre mandado por resorte y comienza el proceso de llenado. A lo largo del tubo de retorno de gas el producto entra en la botella. Un deflector instalado en el tubo de retorno de aire orienta el líquido hacia la pared interior del envase, garantizando de esta forma un flujo muy protector del producto.

El gas de presurización es desplazado durante el proceso de llenado y se escapa de nuevo al depósito anular a través del tubo de retorno de gas. Ver figura 3.19.

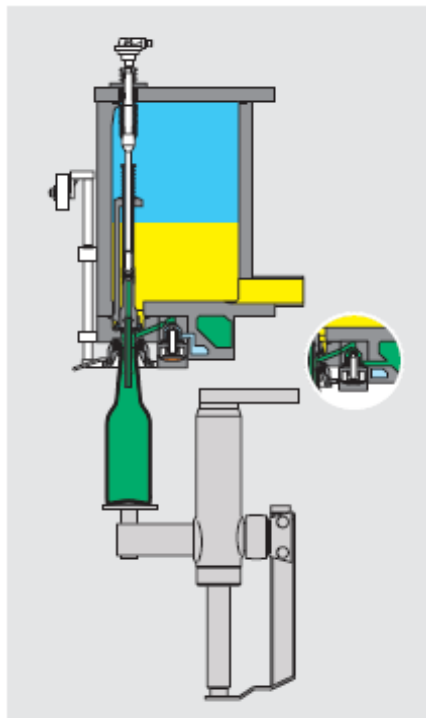


FIGURA 3.17. SEGUNDA EVACUACIÓN.

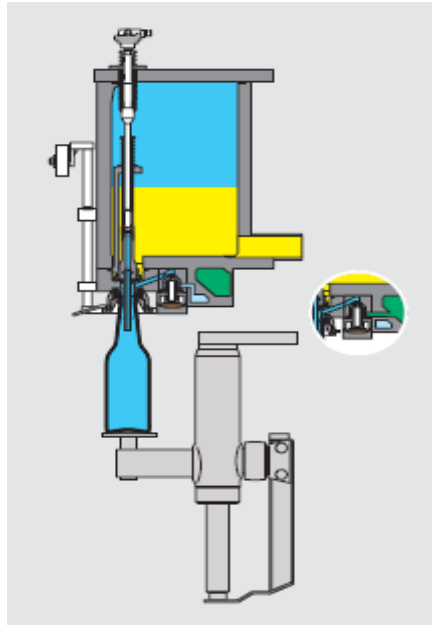


FIGURA 3.18. CONTRAPRESIÓN.

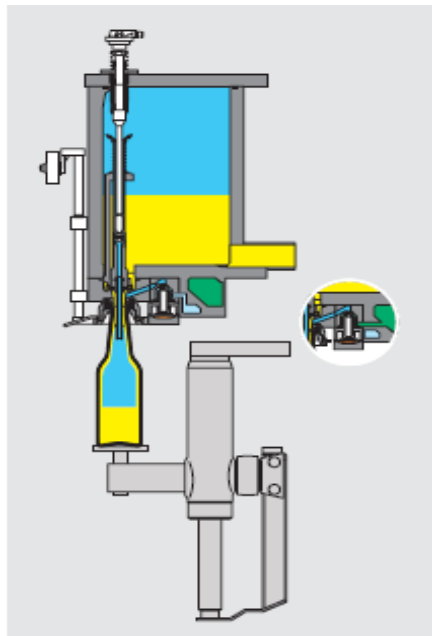


FIGURA 3.19. FASE DE LLENADO.

6. Fase final de llenado.- Cuando el líquido toca el extremo inferior del tubo de gas de retorno, se interrumpe el intercambio de gas y de producto terminando el proceso de llenado de forma automática.

La construcción del sifón en la entrada del producto impide un flujo incontrolado de líquido. El cilindro neumático cierra simultáneamente la válvula de gas y el cono de la válvula, mientras que la válvula es cerrada solo mecánicamente. Ver figura 3.20.

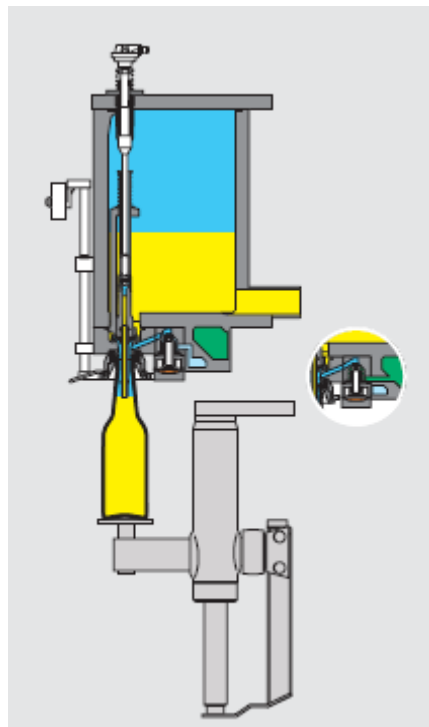


FIGURA 3.20. FASE FINAL DE LLENADO.

7. Fase de descarga.- Después de una corta fase de estabilización la válvula de descarga abre la conexión con el canal de CIP. Debido a ello la mezcla de gas y aire puede expandirse desplazando hacia la botella el producto que ha subido por el tubo de retorno de gas.

La sobrepresión existente en el cuello de la botella se va reduciendo hasta lograr restablecer la presión atmosférica. El cilindro elevador desciende bajando la botella y entregándola a la estrella de salida. Ver figura 3.21.

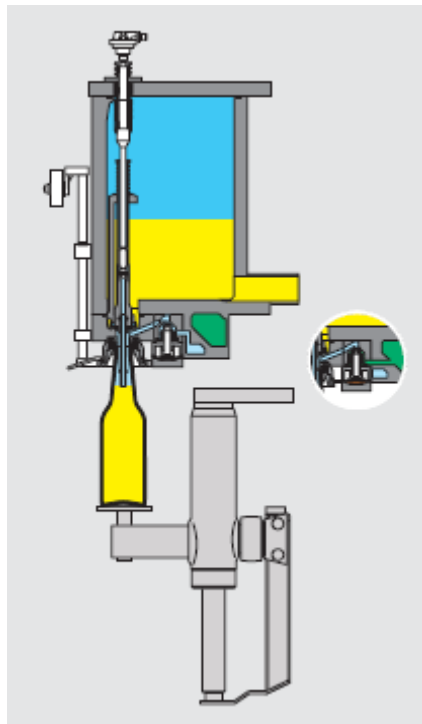


FIGURA 3.21. FASE DE DESCARGA.

8. Fase de limpieza CIP.- En lugar de botellas se colocan tulipas CIP encima de las unidades elevadoras que las presionan contra las válvulas de llenado, formando un circuito cerrado del sistema de llenado.

A continuación el medio de limpieza puede fluir al depósito anular, a la tulipa de centrado y mediante la válvula de descarga y de vacío abierta hacia los canales respectivos. Ver figura 3.22. [6].

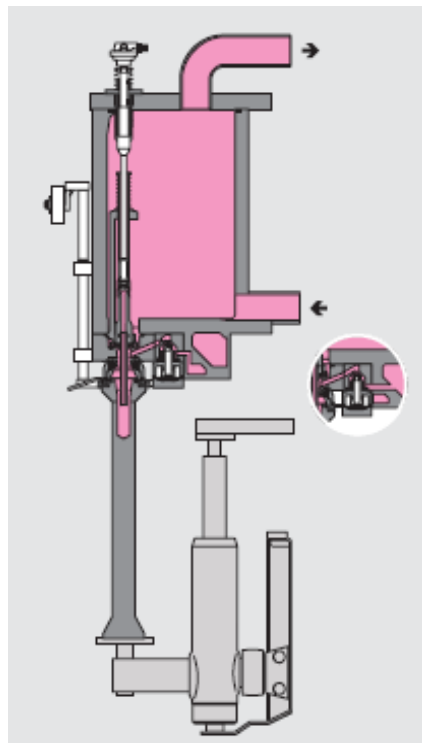


FIGURA 3.22. FASE DE LIMPIEZA CIP.

3.2. Función que Cumple la Bomba de Vacío en el Embotellado.

Como se puede ver en la sección anterior, el contar con un sistema de vacío que cumpla con las exigencias de capacidad y presión requeridos por el equipo, es de vital importancia si se habla del llenado de cerveza y de otros muchos productos para el consumo humano.

Estas bombas de vacío serán las encargadas de generar la presión negativa necesaria para que se puedan realizar la pre-evacuación y la segunda evacuación; siendo estas las dos etapas dentro de las fases obligadas de la válvula en las que se opera con vacío.

Para lograrlo, la máquina llenadora exige presiones de vacío que estén mínimo entre 25 y 28 in Hg. Y una capacidad suficiente para trabajar con 84 válvulas a una velocidad de 500 BPM. Considerando que las botellas tienen un volumen de 355 mL (aquellas de mayor volumen que son llenadas en esta máquina).

Cumpliendo con estos requerimientos de presión, capacidad y tiempo de vacío se puede controlar la cantidad de oxígeno permitida en la botella a fin de que la cerveza se pueda conservar en buenas condiciones por más tiempo sin oxidarse.

En estas dos evacuaciones se logra con el vacío, extraer un 90% del oxígeno existente. Es decir, en la pre-evacuación quedaría únicamente el 10% de oxígeno dentro de la botella y al volverle a aplicar vacío, en la segunda evacuación, se elimina nuevamente un 90% de oxígeno, se tiene entonces que al final en la botella quedará nada más el 1% de oxígeno.

Lográndose mantener con esto los valores permitidos por el “Oxígeno Total Envasado” TPO por sus siglas en inglés (Total packing Oxygen) cuyos valores deben oscilar entre 100 y 150 ppb. Un contenido mayor de oxígeno y el producto tiende a una oxidación temprana perdiendo además sus propiedades organolépticas.

3.3. Problema que ocasiona la bomba actual en el sistema.

El sistema actual de vacío funciona con dos bombas de anillo líquido de eje libre que trabajan con motores de 10 HP de potencia, construidas en hierro fundido y que por su diseño utilizan agua como líquido sellante.

El motivo principal por el cual se debe cambiar las bombas es que por el desgaste producto de 10 años de trabajo continuo, los niveles de vacío generados se encuentran por debajo de los valores requeridos por la máquina llenadora para cumplir con las exigencias en cuanto al

volumen de oxígeno permitido dentro de la botella, las presiones actualmente han caído a valores que están entre las 15 y 17 in Hg en un sistema que requiere de mínimo 25.69 in Hg.

Sin duda que las presiones de hasta 17 in Hg son suficientes para que la válvula trabaje y el proceso de llenado se cumpla pero, esto provocaría una cerveza que se oxidaría rápidamente sin conservar las propiedades organolépticas características de este producto.

Actualmente la bomba no tiene un sistema de recuperación de líquido sellante, agua en este caso, producto que es descargado a una temperatura de aproximadamente 36°C hacia el piso inmediatamente cumplida su función; provocando, además de un área insegura y peligrosa para trabajar, un escenario no acorde con las políticas de conservación y protección medioambientales.

3.4. Matriz de decisión en la solución del problema.

Existen dos tecnologías distintas como alternativas para esta aplicación y por ende dos opciones a elegir:

1. Continuar utilizando bombas de vacío de anillo líquido.
2. Implementar un nuevo sistema de vacío utilizando bombas de distribuidor giratorio.

Para decidir cual de estos sistemas se debe utilizar, se puede poner en consideración los siguientes puntos.

- Niveles de vacío y capacidad para el sistema
- Costos
- Facilidad de mantenimiento
- Disponibilidad de Repuestos
- Consumo de Energía
- Seguridad en el área de Trabajo
- Influencia con el medio ambiente

Tomando en cuenta las curvas de funcionamiento de las bombas de vacío (Apéndice B-C) se debe realizar un comparativo de las capacidades, que se pueden obtener utilizando las dos tecnologías a las mismas presiones de vacío.

Tomando como base la curva de funcionamiento de la bomba de anillo líquido que opera actualmente en el sistema (Apéndice C), se busca entre las bombas de distribuidor giratorio opciones que puedan tener capacidades similares en el mismo rango de presiones y los resultados son dos, con potencias de 5 y 7.5 HP. Ver figura 3.23 y

TABLA 2

CURVAS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS DE VACÍO¹ (3).

				Anillo Liquido	Distribuidor Giratorio	
				Actual	Opción 1	Opción 2
Nivel de Vacío				ACFM	ACFM	ACFM
M ³ /h	Torr	in Hg [V]	Torr	ACFM	ACFM	ACFM
170	500	19.69	260	100	102	130
194	600	23.63	160	114	100	125
220	680	26.78	80	129	99	115
218	700	27.57	60	128	98	110
190	720	28.35	40	112	97	108
164	730	28.75	30	97	92	106
146	735	28.95	25	86	91	105

10 HP

5 HP

7.5 HP

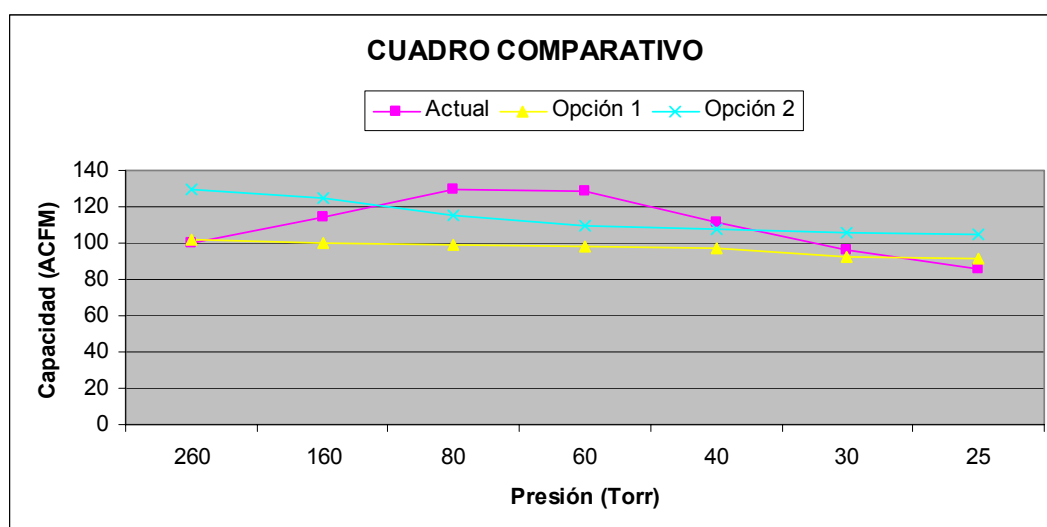


FIGURA 3.23. GRÁFICA DE CURVAS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS DE VACÍO.

¹Tabla elaborada en base a la curva de funcionamiento de la bomba de Anillo Líquido (Ver Apéndice C) actual y 2 posibles opciones de bombas de distribuidor giratorio (Ver Apéndice B).

La tabla 2 muestra que la decisión entre la opción uno o dos, de las bombas de distribuidor giratorio, va a depender del nivel de vacío que se requiere, así:

Opción #1.- Si el nivel de vacío está por sobre los 28.8 in. Hg. (V), obtenemos, utilizando la mitad de la potencia del motor actual, prácticamente la misma capacidad instalada; añadiendo a esto el hecho de no desperdiciar agua.

Opción #2.- Si el vacío se mantiene alrededor de 28.5 in. Hg. (V), se tendría la misma capacidad de la bomba instalada utilizando sólo el 75% de la potencia actualmente instalada del motor, con la ventaja de no desperdiciar agua.

Costos

El sistema actual de anillo líquido es por lo general más costoso que, el nuevo sistema de distribuidor giratorio.

Facilidad de Mantenimiento

Por su diseño, el mantenimiento en la bomba de distribuidor giratorio es muy fácil de realizar, más aún si se tiene presente el hecho de limpiar mensualmente la rejilla que tiene en la succión para evitar que puedan ingresar impurezas al equipo. (Apéndice D).

Disponibilidad de Repuestos

Existen actualmente en el Ecuador, representantes de las marcas de bombas de vacío de distribuidor giratorio pero no de la marca actualmente usada de anillo líquido.

Consumo de Energía

De la Tabla 3 se puede ver que cualquiera de las opciones que se utilice con las bombas de distribuidor giratorio se estaría bajando la potencia del motor de 10 HP a 5 o 7.5 HP. Reducción que se verá reflejada directamente en el consumo de energía.

Seguridad en el área de Trabajo

Uno de los principales cuidados que se tiene en el área de operación es evitar un piso resbaloso, cosa que es muy difícil cumplir si se mantiene el sistema de anillo líquido sin recuperación de líquido sellante como actualmente está instalado. Toda el agua utilizada para sellar es derramada al piso provocando un área con riesgo para los operadores. Al cambiar la tecnología se puede evitar que esto suceda.

Influencia con el medio ambiente

A menos que se cierre el circuito del agua utilizada para sellar, grandes cantidades de este recurso se continuaría desperdiciando,

Para cerrar el circuito se debe incurrir en una inversión que incluye bombas centrífugas, intercambiador de calor y tubería e instrumentación adicional.

Ponderando estos puntos (B= 2 MB= 4) y agrupándolos en una matriz, se obtienen los resultados que se aprecian en la tabla 3.

TABLA 3

MATRIZ DE DECISIÓN (3).

Variable	Nivel Importancia	Distribuidor Giratorio		Anillo Líquido	
Costo	5	B	10	B	10
Facilidad de Mantenimiento	6	MB	24	B	12
Consumo de Energía	8	MB	32	B	16
Impacto Ambiental	10	MB	40	B	20
Disponibilidad de Repuestos	7	MB	28	B	14
Seguridad Industrial	9	MB	36	B	18
Resultado			170		90

Al extraer los resultados de la matriz, se opta por un cambio de tecnología para esta aplicación, por lo que se selecciona bombas de distribuidor giratorio para cumplir con las exigencias de vacío en este proceso de llenado.

CAPÍTULO 4

4. NUEVO SISTEMA DE VACÍO

4.1. Determinación de la Capacidad de la Bomba de Vacío

Para determinar la capacidad de las bombas de vacío que trabajarán en este sistema se debe considerar información relevante como:

- Volumen de botella (mayor): 355 mL
- Velocidad de trabajo de la llenadora: 30.000 BPH
- Número de válvulas: 84
- Presión de vacío mínima exigida por el Sistema: 25 in Hg.

$$S_p = \frac{V}{T} \ln \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$$

Donde:

S_p = Capacidad de bombeo.

V = Volumen a evacuar.

P_1 = Presión máxima de vacío (expresada en unidades absolutas).

P_2 = Presión de vacío del sistema (expresada en unidades absolutas)

T = Tiempo

En el proyecto $P_2 = 25$ in Hg. Una presión relativa que se debe llevarla a valores absolutos [1].

$$P_2 = 25 \text{ inHg}[V]$$

$$P_2 = (29.93 - 25) \text{ inHg}[A]$$

$$P_2 = 4.93 \text{ inHg}[A]$$

$$P_2 = 4.93 \text{ inHg}[A] \left(\frac{760 \text{ Torr}}{29.93 \text{ inHg}[A]} \right)$$

$$P_2 = 125.18 \text{ Torr}$$

Con esta presión de vacío del sistema en términos absolutos y considerando un tiempo de 1 segundo se tiene:

$$S_p = \frac{V}{T} \ln \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$$

$$S_p = \frac{0.0125 \text{ ft}^3}{0.0167 \text{ min}} \ln \left(\frac{760 \text{ torr}}{125.18 \text{ torr}} \right)$$

$$S_p = 1.35 \text{ ft}^3 / \text{min}$$

Puesto que son 84 válvulas:

$$S_p = 113.4 \text{ ft}^3 / \text{min}$$

4.2. Selección del Nuevo Sistema de Vacío.

Dado que los niveles de vacío no van a subir de 28.5 in.Hg (V) y considerando que la capacidad calculada está en 113.4 CFM se selecciona la bomba de 7.5 HP de distribuidor giratorio para operar en

el sistema, la cual tiene una curva de funcionamiento (Apéndice B) que se adapta perfectamente a la demanda del sistema.

TABLA 4

NIVELES DE VACÍO (4).

Anillo Líquido				Distribuidor Giratorio
Actual		Nivel de Vacío		Opción 2
M ³ /h	Torr	in Hg [V]	Torr	ACFM
170	500	19.69	260	130
194	600	23.63	160	125
220	680	26.78	80	115
218	700	27.57	60	110
190	720	28.35	40	108
164	730	28.75	30	106
146	735	28.95	25	105
P o t e n c i a				7.5 HP

4.3. Componentes del sistema.

Este nuevo sistema de vacío incluye dos bombas de distribuidor giratorio (paletas) lubricadas por aceite, controladas por un PLC y adaptadas para trabajar con un tanque de 120 galones en Acero ASTM A36 construido bajo las normas exigidas por ASME, controlada su operación por un PLC. Ver plano 1.

A continuación se describe cada uno de los componentes del sistema:

Bombas de Vacío (2 unidades)

Tipo:	Bombas de vacío de una etapa, mecánicas, de paletas rotativas, con recirculación de aceite y refrigerada por aire.
Capacidad de la bomba:	141 CFM
Vacío Máximo:	29.92 in Hg
Lubricación:	Aceite lubricante que recircula por diferencias de presión.
Curva de Funcionamiento	Revisar Apéndice B
Potencia:	7.5 HP, TEFC, 1740 rpm
Acople de motor:	Acople directo Bridado (Monoblock)
Requerimientos eléctricos:	460 V, 3 F, 60 Hz

Tanque acumulador

Este tanque que almacena vacío, irá ubicado en la succión de las bombas el mismo que servirá para amortiguar fluctuaciones debido a la variable demanda existente.

Código ASME:	Sección VIII, División 1
Capacidad:	120 Galones
Orientación:	Horizontal
Material:	Acero al carbono
Accesorios:	Válvula de drenaje manual

Cálculo de Resistencia del Tanque.

u = coeficiente de poisson para el acero [7].

$$P_{crit} = \frac{2.1E^6 \times 0.4^3}{[4 \times 0.91 \times 27.7^3]}$$

$$P_{crit} = 1.74 \text{ Kg/cm}^2$$

La presión atmosférica normal es de 1.033 Kg/cm^2

El coeficiente de seguridad contra la perdida de presión será:

$$X_{crit} = \frac{1.74}{1.033}$$

$$X_{crit} = 1.7$$

$$X_{crit} = OK$$

NOTA: Espesor mínimo de plancha: 4mm

Material Requerido:

- Las planchas en Acero ASTM A36
- Espesor mínimo de la plancha 4mm / 3.5m²
- Peso 110 Kg
- Casquetes semielipticos de 22" x 4 mm de espesor
- Accesorios estándar para acoplar tubos de diámetros indicados
- Electrodo 6011 de 1/8" - Peso 2 Kg

- Desoxidante Ferroxid: 1 Litro
- Pintura Ferroprotectora: 1 Litro
- Pintura Esmalte Amarilla: 1 Litro

La prueba hidrostática aquí se refiere a los efectos de garantizar la buena hermeticidad del tanque para evitar entradas de aire, será suficiente someterlo a una presión interior de 30 PSIG (2Kg/cm^2) manométricos y observar que no ocurra disminución de la presión en un tiempo de mínimo 15 min. Ver plano 2.

Accesorios del sistema

Item	Cantidad
Conexión Flexible	2
Transmisor de Presión	1
Vacuómetro	1
Válvula Solenoide (auto-purga)	2
Filtro de 5 micras en la entrada	2
Switch de alta temperatura de aire	2
3 válvula sistema de drenaje automático	1
Tanque de 2 galones	1
Switch de nivel	1
Válvula de asiento angular	2
Válvula solenoide	2

Panel de Control Eléctrico

Desde este panel completamente automatizado se controla el tiempo de alternación y encendido de cada una de las bombas, la auto purga, etc. Para optimizar el uso de la energía, cada bomba o las dos bombas operan solamente cuando la aplicación requiere de mayor vacío o capacidad. Este proceso es controlado por el PLC que además alterna el uso de las bombas.

Funcionamiento del Sistema

Al primer arranque del equipo, se verifica que la tubería de succión se encuentre libre de escombros y de líquidos, que la descarga no está obstruida, que todo el cableado este seguro y que el nivel de aceite sea el adecuado.

Adicionalmente comprobar que el sentido de rotación del motor sea el correcto, para ello seleccionar HAND y de inmediato OFF en el panel de control, para mirar hacia que lado gira el ventilador y constatar de que sea el que se marca en la carcasa de la bomba o, de lo contrario, hacer las correcciones para cambiarlo.

La operación automatizada para cada bomba es iniciada cuando en el panel de control se seleccione de entre las tres opciones “Hand-Off-Auto” la opción “Auto”. La bomba de vacío es controlada por un PLC

(cascada), quien determina la secuencia de acuerdo a la demanda del sistema. En operación automática, la bomba de vacío:

Designación	Operación
Lead	La primera bomba arranca
Lag (lag-1)	La segunda bomba arranca
Lag- Lag (Lag-2)	La siguiente secuencia de la bomba

Las funciones “Lead” y “lag 1” son alternados entre las bombas de vacío en el sistema cada vez que se termina un ciclo y la demanda fue completada.

El alternar el uso de las bombas nos ayuda a mantener una regla de mantenimiento basada en el tiempo de trabajo manteniendo siempre las dos bombas de vacío operativas. Cada bomba de vacío tiene su punto de control (transmisor de presión) en el sistema.

El punto de referencia no se alterna, el valor de referencia para el inicio de funciones LEAD es siempre el mismo y se encuentra registrado en “lead pump”.

Al revisar los switch de vacío, si se encuentran en “closed” indica que hay demanda de vacío y por el contrario si muestra “open” la demanda ha sido satisfecha.

Se incluye controlar un “tiempo de operación mínimo” para proteger a la bomba de vacío o el motor de daños por un excesivo arranque y parada si el switch de vacío exige un ciclo muy rápido.

Al momento de la operación en la pantalla están activas, “lead-demand”, “lead pump” y “minimum run timer” y lo que puede ocurrir es que la bomba con “lead pump” continua trabajando hasta que la demanda sea satisfecha, el switch de vacío muestre “open”, o el transmisor de presión de valores por abajo del punto de referencia, o hasta que el tiempo mínimo de operación expire, lo que ocurra primero.

Si la primera bomba “lead pump” trabajando sola no puede satisfacer la demanda, la creciente presión hará que se activen los controles para la segunda bomba “lag-demand”, “lag pump” y “minimum run timer”. Con ello, la segunda bomba “lag-pump” trabajará hasta que la demanda de vacío “lag-demand” sea satisfecha) o hasta que su tiempo mínimo de operación “minimum run timer” expire. Lo que ocurra primero [8].

4.4. Costos del Nuevo Sistema.

Luego de definir las características del nuevo sistema de vacío de distribuidor giratorio, es necesario detallar los costos de cada uno de

sus componentes, tomando en cuenta que los mismos son importados; se realiza el presupuesto considerando los siguientes parámetros:

Costos de Flete: 4,76% del Valor FOB¹

Costos de Seguro: 0,31% del valor FOB

Impuesto al Valor Agregado: 12%

Aranceles: 5%

Gastos de Desaduanización: 1% del Valor FOB

Con los parámetros expuestos, se especifican los costos a continuación en la Tabla 5.

¹ El costo del Flete y Seguro es estimado de información correspondiente al 2007 de la Industria de Metales, Maquinarias y Equipos.

TABLA 5

**PRESUPUESTO DE INVERSIÓN EN SISTEMA DE VACÍO
DISTRIBUIDOR GIRATORIO (4).**

**SISTEMA DE VACÍO PARA MAQUINA LLENADORA DE CERVEZA
IMPORTACIÓN DESDE USA**

	USD
<u>COSTO DEL TANQUE CAP 120 GL CONSTRUCCIÓN LOCAL</u>	
MATERIALES INCLUYE CASQUETES SEMIELÍPTICOS	193,00
MANO DE OBRA CONSTRUCCIÓN INCLUYENDO ROLADO DE PARTES SOLDADURAS, PINTURA Y PRUEA HIDRÁULICA	290,00
 SUBTOTAL	 483,00
IVA	57,96
TOTAL ESTIMADO TANQUE	540,96
 <u>COSTO DE BOMBAS</u>	
BOMBAS DE VACÍO (2)	21.166,38
-	
 <u>COSTO DEL PLC MITSUBISHI FX1S-30MR-ES/UL</u>	
 PLC INVERTERS IMPORTADO	 425,19
GASTOS DE DESADUANIZACIÓN	
 TOTAL ESTIMADO PLC	 425,19
 <u>OPERARTOR INTERFACE MITSUBISHI</u>	
-	
MITSUBISHI F920GOT-BBD5-K-E	1.710,00

OIT CABLE FX-50DU-CABO		1.270,00
DISPLAY MODULE FOR FX1S/1N PLC		450,00
DISC HANDLE ASS'Y LA9LB331		90
CIRCUIT BREAKER MERLIN GERIN		145
POWER TERMINALS BLK ALTECH		50
ENCLOSURE HOFFMAN CSD24208		458
BLACK PLATE HOFFMAN CP2420		85,58
TRANSFORMER SQUARE D 9070TF300D1		166,43
CONTACTOR TELEMECANIQUE LD1LB030FC		345
OVERLOAD TELEMECANIQUE LB1LB03P17		152,77
CONTACTOR AUX TELEMECANIQUE LA1LB017		82
H-O-A SWITCH ZB4BD3+ZB4BZ103		52
YELLOW PUSHBUTTON TELEMECANIQUE ZB4BA5+ZB4BZ101		26,56
AR RELAY SOCKET IDEC SH1B-05		4,86
AR RELAY SOCKET IDEC RH1B-U-AC120		8,92
FUSE F1		14,15
FUSE F2,3		28,3
POWER TERMINAL BLK ALTECH CTS4U-N		0,52
FIELD TERMINAL BLK ALTECH CTS10U		0,69
WIRE WAY COVER PANDUIT C1LG6		7,96
WIRE WAY PANDUIT G1X3LG6 [9].		45,65
TOTAL OTROS		5.194,39
TOTAL PROYECTO FOB		27.326,92
SEGURO		83,85
FLETE		1.299,85
TASAS		409,90
IVA		3.494,46
ARANCELES	5%	1.435,53
OTROS GASTOS DESADUANIZACIÓN	1%	273,27
TOTAL PROYECTO CIF+DESADUANIZACIÓN E IMPTOS [10, 11]		34.323,78

Adicionalmente la implementación de este nuevo sistema permitirá reducir los costos variables de producción, principalmente en dos rubros: Consumo de Agua potable y Consumo de Energía Eléctrica.

A continuación las Tablas 6 y 7, muestran el cálculo de los costos que se incurren en ambos rubros (Energía Eléctrica y Agua Potable) y se determina el ahorro anual que se obtiene por el cambio de tecnología [11].

TABLA 6
CÁLCULO DEL AHORRO EN COSTO DE ENERGÍA
ELÉCTRICA (4).

Potencia Tecnología Anterior		10	HP
1HP=	0,75	Kw	
1HP=	750	Watts	
Consumo Kw	7,5	Kw	
Consumo Kwh en 1 día	180	Kwh	
Consumo Mensual	5400	Kwh	
Costo de Demanda (USD/Kw)	4,003		
Costo de Energía (USD/Kwh)	0,052		
Total Costo Mensual Energía Eléctrica	310,82		
Costo Anual Energía Eléctrica	3729,87		
Potencia Tecnología Nueva		7,5	HP
1HP=	0,75	Kw	
1HP=	750	Watts	

Consumo Kw	5,63	Kw
Consumo Kwh en 1 día	135	Kwh
Consumo Mensual	4050	Kwh
Costo de Demanda (USD/Kw) *	4,003	
Costo de Energía (USD/Kwh) *	0,052	
Total Costo Mensual Energía Eléctrica	233,12	
Costo Anual Energía Eléctrica	2797,40	

Ahorro Anual en Costo de Energía Eléctrica	932,47
---	---------------

* Datos CONECEL [12].

TABLA 7

CÁLCULO DEL AHORRO EN COSTO DE AGUA POTABLE (4).

Tecnología Anterior

Capacidad de líquido auxiliar requerido por la bomba	1,817	M3 x hora
Consumo diario	43,608	M3
Consumo Mensual	1308,24	M3
Costo por m3 (*)	1,057	

Total Costo Anual de Agua Potable	16.593,72	USD/m3
--	------------------	---------------

Tecnología Nueva

Total Costo Agua Potable	0,00	USD/m3
--------------------------	-------------	---------------

Ahorro Anual en Costo de Agua Potable	16.593,72
--	------------------

(*) Estudio Tarifario del servicio de agua potable de Guayaquil [13,14]

A partir de esta información se efectúa un análisis de escenarios respecto al período que es necesario para recuperar la inversión realizada. En primer lugar se determina el ahorro en costos que debe darse para que la inversión se recupere en un período máximo de 5 años y en segundo lugar se determina el tiempo de recuperación de la inversión, considerando los datos calculados en las Tablas 6 y 7 (Ahorros en Consumo de Agua y Energía).

TABLA 8

ANÁLISIS DE ESCENARIOS PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (4).

¿Cuánto debe ser el ahorro en costos para recuperar la inversión en 5 años?						
Valor Inversión	34.323,78					
N	5					
I	15,62%					
C	?					
	0	1	2	3	4	5
	-32.988,31	?	?	?	?	?
		9.985,94	9.985,94	9.985,94	9.985,94	9.985,94
Si se desea recuperar la inversión en un periodo de 5 años, será necesario que dicho proyecto genere ahorros en costos variables de \$ 9.985,94						
¿En cuánto tiempo espero recuperar la inversión con el ahorro en costos generado por el cambio de tecnología?						
Ahorro Anual en Consumo de Agua Potable	16.593,72					
Ahorro Anual en consumo de Energía Eléctrica	932,47					
Total Ahorro en Costos	17.526,18					

Valor Inversión

34.323,78

i= Tasa de Interés

N

?

n= Período de Recuperación

I

15,62%

c= Ahorro en costos

C0

1.335,47

C

17.526,18

.....?

0

1

2

3

Años

Inversión

-32.988,31

Ahorro

17.526,18

17.526,18

.....

.....???

**Número
de
periodos**

1,78

Años

**o 15 meses
aproximadamente**

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones.

- El nuevo sistema de vacío usando bombas de distribuidor giratorio ha logrado devolver la presión de vacío requerida para el proceso.
- La cerveza mantiene sus propiedades organolépticas
- El mantenimiento del sistema se ha reducido a verificar periódicamente la malla de ingreso a la bomba y realizarle una limpieza para evitar posibles taponamientos en la succión.
- El área de trabajo alrededor de la bomba se mantiene seca al dejar de descargarse al agua, que actuaba como líquido sellante en el anterior sistema, al suelo; convirtiéndose en un ambiente más seguro para sus operadores.
- Las bombas de anillo líquido usaban agua a razón de 8 GPM lo que representa un ahorro en costos de USD1382 mensuales (Operando las 24 horas), lo cual es significativo, en vista de que el nuevo sistema de bombas de distribuidor giratorio no utiliza agua.

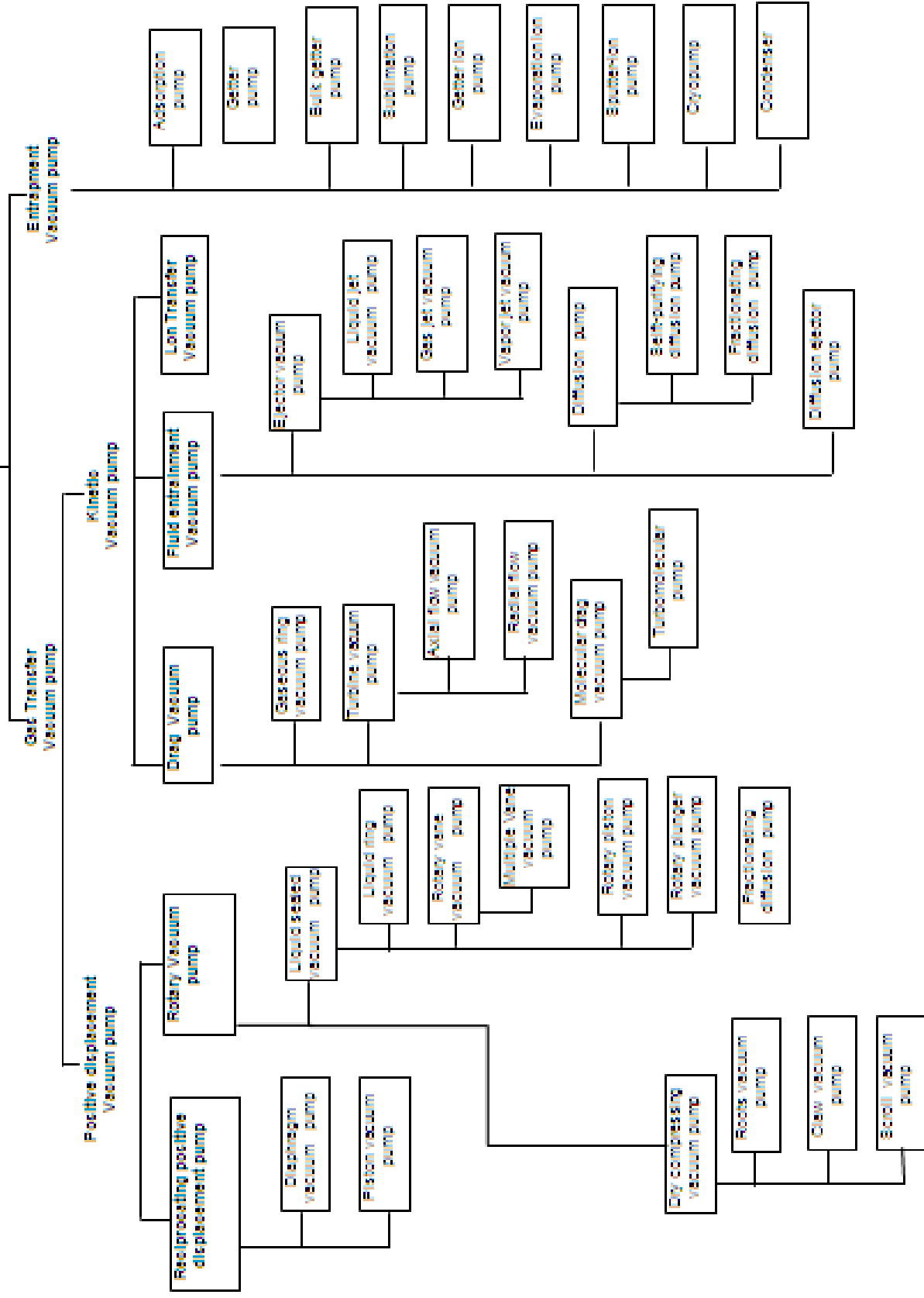
- Con el nuevo sistema, al reducir la potencia a 7,5 HP, se produce un ahorro en costos por el consumo de electricidad de USD 77,70 dólares mensuales.
- Tomando como referencia el ahorro producido en ambos rubros (Electricidad, Agua Potable), es factible la recuperación de la inversión realizada en el nuevo sistema en un período aproximado de 15 meses.
- Comprometidos con la conservación del medio ambiente, esta propuesta ha logrado evitar el consumo de agua que no era recuperada en el proceso y devuelta al sistema a elevada temperatura.
- Se evitó realizar la inversión del sistema de recuperación de líquido sellante que incluiría intercambiador de calor, tanque separador, dos bombas centrífugas, tubería e instrumentación, además del tratamiento necesario para llevar el agua a condiciones aptas para el consumo humano, indicador comparativo de que se encontraría en condiciones de ser usada como sellante en el proceso.
- El sistema lleva ya 3 años operativos y los resultados han sido favorables.

Recomendaciones.

- Como mecanismo para evitar la corrosión de los tanques, es recomendable que el tanque del sistema sea elaborado en acero inoxidable.
- Es importante revisar que el filtro de la malla en la succión de las bombas esté libre de obstáculos, de lo contrario podrían existir pérdidas en la presión de vacío.
- Un análisis futuro constituye el cálculo de los equipos necesarios para implementar un sistema de recuperación de agua si se pretende seguir utilizando las bombas de vacío de anillo líquido.
- Luego de 3 años de funcionamiento, es recomendable para mejorar la eficiencia del mismo, implementar un sistema que elimine el ingreso de condensados al tanque.

APÉNDICES

APÉNDICE A TIPOS DE BOMBAS DE VACÍO Vacuum pump (operating principle)

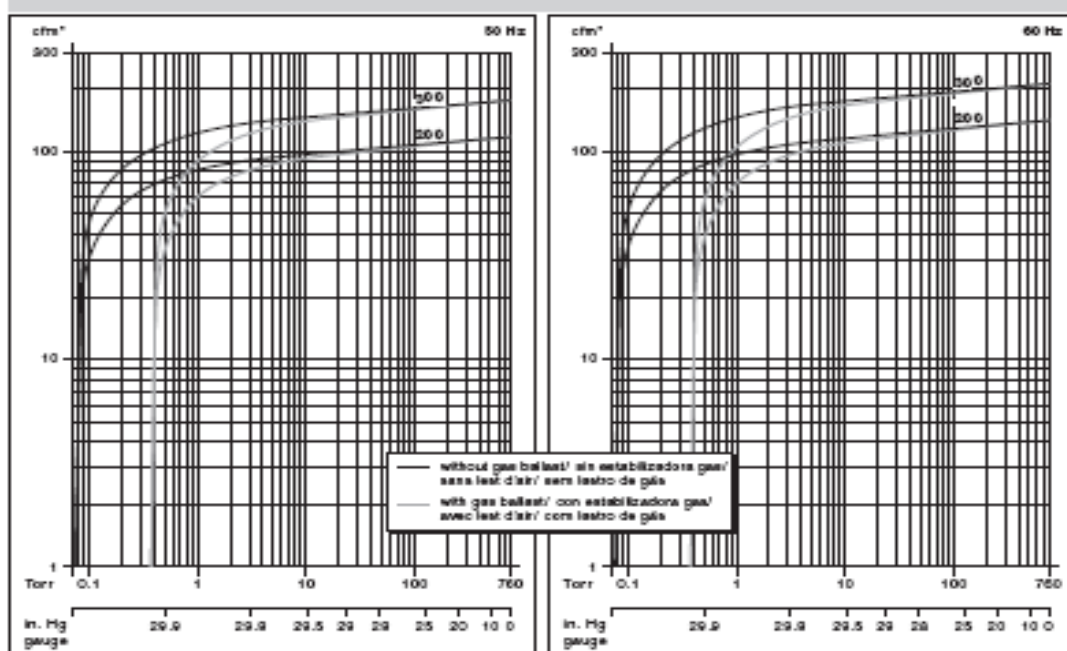


APÉNDICE B

CURVAS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS DE VACÍO DE DISTRIBUIDOR GIRATORIO

VC		200	900
cfm	50 Hz	110	177
	60 Hz	141	212
p		0.075 Torr - 29.92 in. Hg (gauge)	
g -	50 Hz	290/400V ± 10%	400/600V ± 10%
	60 Hz	208-230V/460V ± 10%	
kw	50 Hz	4.0	5.5
hp	60 Hz	7.5	10
A	50 Hz	15.5/74.0	13.0/77.5
	60 Hz	21.2/20/10	28/20/12
rps	50 Hz	1400	1740
	60 Hz	1740	
dB(A)	50 Hz	70	72
	60 Hz	73	75
lbs	50 Hz	315	450
	60 Hz	360	470
qt		6	8
ZPK		50 (50)	50 (50)
ZVP / ZVF		215 (51) / 50 (50)	215 (51) / 50 (50)
ZMS		#	#

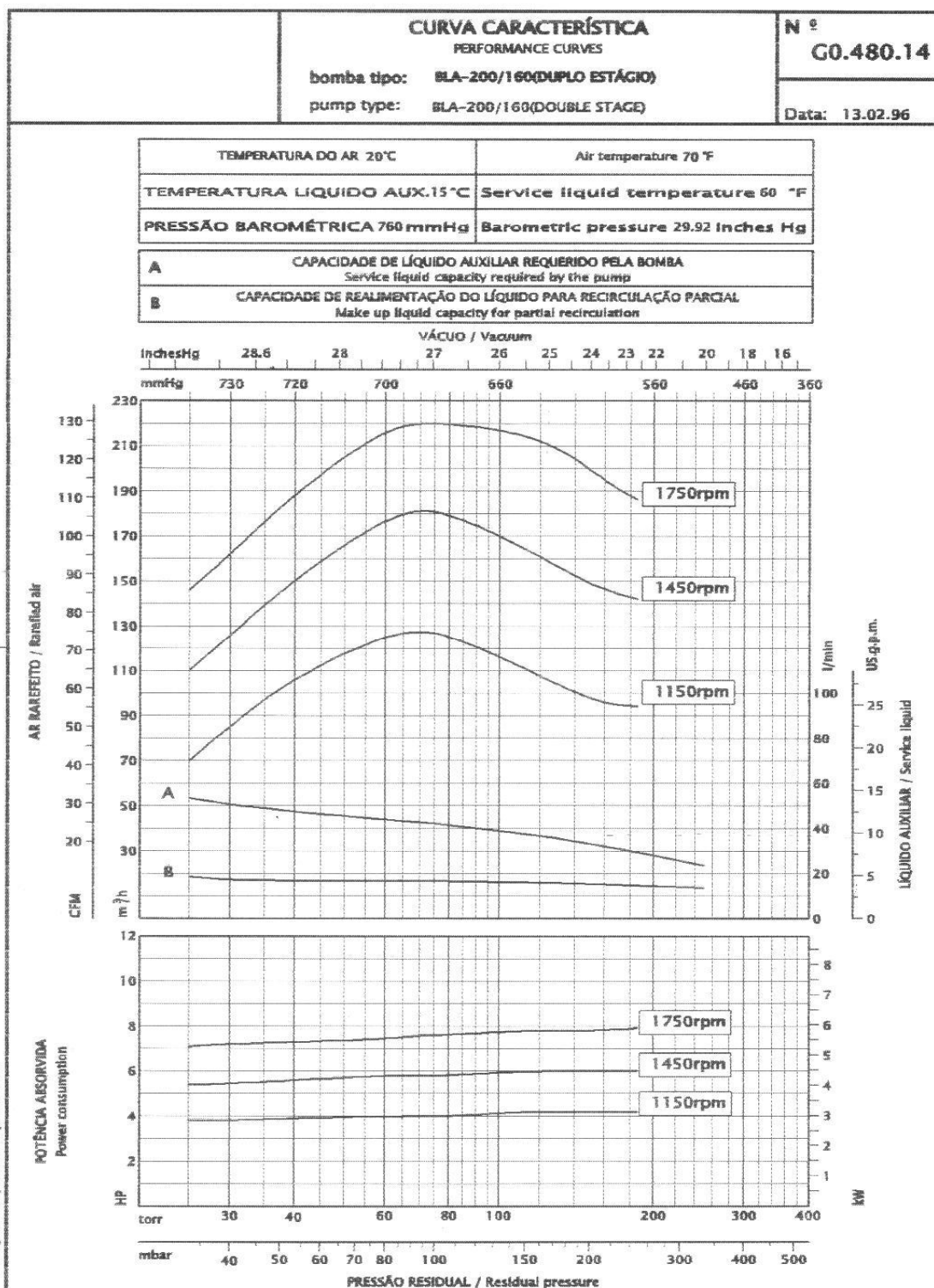
VC	Nominal capacity	Capacidad nominal	Débit nominal d'aspiration	Capacidade nominal
p	Ultimate partial vacuum	Vacío final parcial	Vide partial limite	Limite de vacio parcial
3 -	Measured with L.N ₂ trapped	Medido con un manómetro	Messuré avec manomètre	Medida com manómetro
kw / hp	McLeod gauge	McLeod de L.N ₂	McLeod de L.N ₂	McLeod de L.N ₂
A	Motor rating	Varisto motor	Évaluation moteur	Variação do motor
rps	Full load ampereage	Amperaje de plena carga	Puissance moteur	Potência do motor
dB(A)	Speed	Velocidad	Intensité absorbée	Amperagem da carga total
lbs	Average noise level	Nivel de ruido medio	Vitesse rotation	Velocidade
qt	Weight	Peso	Niveau sonore moyen	Nível médio de ruido
ZPK	Approximate oil capacity	Capacidad aproximada de aceite	Poids	Peso
ZVP	Accessories	Accesorios	Charge d'huile approximatif	Capacidade aproximada do óleo
ZVF	Vacuum tight dash separator	Filtro separador de polvo hermetico	Accessories	Accessórios
ZMS	Vacuum tight suction filter	Filtro succión hermético	Clapet anti-retour	Válvula sem retorno
	Motor starter	Arranque motor	Filtre séparateur étanche	Separador de pó para prova de vácuo
			Filtre d'aspiration étanche	Filtro de sucção à prova de vácuo
			Dijoncteur moteur	Arranque do motor



* Relative to pump inlet conditions / se refiere a las condiciones de entrada de la bomba / relatif à l'état rigant à l'aspiration / refere-se a condições de entrada de bomba.
Curves and tables conform to PNEUDROP standards and refer to vacuum pump at normal operating temperature / Las curvas y las tablas se han elaborado conforme a las normas PNEUDROP y se refieren a la bomba de vacío a la temperatura normal de operación / Les courbes et tableaux sont établis selon la norme PNEUDROP, pompe à température de fonctionnement / As curvas e tabelas conformam-se aos padrões PNEUDROP e referem-se à bomba a vácuo a temperatura normal de operação.
Technical information is subject to change without notice / La información técnica está sujeta a cambios sin previo aviso / Sous réserve de modification technique / A informação técnica está sujeita a mudanças sem aviso prévio.
The listed values for $\dot{V}$ and full load ampereage may vary because of different motor manufacturers / Los valores listados para $\dot{V}$ y para el amperaje de carga completa pueden variar para distintos fabricantes de motores / Les données $\dot{V}$ et la puissance peuvent différer des données indiquées ci-dessus, selon le fabricant du moteur / Como variam os fabricantes de motores, poderá haver variação dos valores indicados para $\dot{V}$ e para a amperagem da carga total.
Water vapor tolerance, see information I 200 / Para la tolerancia del vapor de agua ver apartado I 200 / en français / Résistance de vapeur d'eau voir titre I 200 / Para a tolerância ao vapor de água veja a nota informativa I 200.

APÉNDICE C

CURVAS DE FUNCIONAMENTO DE LAS BOMBAS DE VACIO DE



ANILLO LIQUIDO

APÉNDICE D

MANTENIMIENTO DE BOMBA DE VACIO DE DISTRIBUIDOR GIRATORIO

Instrucciones de Uso



Bombas de vacío

VC

Gama de bombas

Las presentes instrucciones se refieren a las siguientes bombas de vacío de paletas rotativas sumergidas en aceite: VC 200 y VC 300. Los caudales de vacío a presión atmosférica son de 200 y 300 m³/hora, respectivamente, alimentados los motores por corriente de 50 Hertz. Las curvas de bombeo que muestran los caudales extraídos en función del vacío logrado pueden verse en la hoja de datos D 232.

Descripción

Las bombas de vacío VC 200 y VC 300 vienen equipadas con un filtro de tela metálica a la entrada de la bomba. La bomba misma viene incluida en una carcasa aislante. Por la parte del lado de expulsión se ha montado un separador de niebla de aceite cuya función es lograr la recirculación del aceite por el sistema de circulación de la bomba, y de

proporcionar una separación de alto rendimiento del caudal expulsado por la bomba. Situado entre la carcasa de la bomba y el motor, un ventilador refrigerador de alto rendimiento extrae el aire refrigerante que entra por la tapa del ventilador. Otro ventilador dispuesto en el interior del radiador de aceite refrigerará el aceite recirculante.

Una válvula antirretorno incorporada de modelo estándar dispuesta a la entrada de la bomba separa a ésta del proceso cuando se decide para la bomba. Evita la penetración del aceite en el cilindro de la bomba cuando ésta se halla parada. Un exceso de aceite en el cilindro podría originar un cierre hidráulico si la bomba se pone en marcha, ocasionando serios esfuerzos indebidos a los álabes del rotor.

La válvula estabilizadora de gas montada en calidad de accesorio estándar impide cualquier condensación de una pequeña cantidad de vapor de agua en el interior de la bomba impidiendo la atomización del mismo con el aceite. La capacidad de gestión de vapor estabilizador puede incrementarse en caso necesario para poder trabajar con una carga de vapor más alta de la normal.

Todas las bombas vienen impulsadas por un motor estándar TEFV trifásico de acoplamiento directo por brida, por mediación de un acoplamiento de muñón y casquillo.

Extras opcionales: A petición y en caso de necesitarse pueden suministrarse los siguientes elementos extra opcionales estándar: válvula reguladora del vacío (ZRV), válvula antistático adicional (ZRK), filtro de entrada del polvo (ZFP), filtro de aspiración para alto vacío (ZVF), arrancador para arranque directo del motor en línea (DOL), arrancador para el motor (ZMS), arrancador para arranque suave (ZAD) y diversos vacuómetros.

Adecuación

Las unidades VC son indicadas para su uso en el sector industrial, es decir, los equipos protectores corresponden a la norma EN DIN 294, tabla 4, para ser manejadas por personas mayores de 14 años. El vacío máximo logrado puede elegirse que sea o bien 0,5 mbar (abs.) para vacío fino o 10 mbar (abs.) para vacío basto (véase el tornillo de ajuste (X)).

Estos modelos pueden usarse para la evacuación de un sistema cerrado o para crear un vacío permanente desde:

Vacío fino: 0,5 a 100 mbar (abs.)

Vacío basto: 10 a 500 mbar (abs.)

Cuando estas bombas se hagan funcionar permanentemente fuera de los límites arriba citados, pueden rezumar aceite en la lumbrera de expulsión.

Si se evacúan sistemas cerrados partiendo de presión atmosférica hasta llegar a una presión de aspiración cercana al vacío máximo posible, no se tendrán problemas con el sistema de aceite, siempre y cuando se alcance el límite de vacío en el término de 10 minutos de tiempo de bombeo a vacío creciente.

La bomba puede, con ciertas cantidades de vapor de agua; en cambio, no puede expulsar agua, otros líquidos, gases y vapores agresivos o inflamables. En cuanto a la tolerancia para vapor de agua, véase la Información I 200.

La extracción de gases y vapores inflamables o agresivos únicamente es posible con versiones especiales, siempre y cuando se respeten las instrucciones de seguridad XG 2.

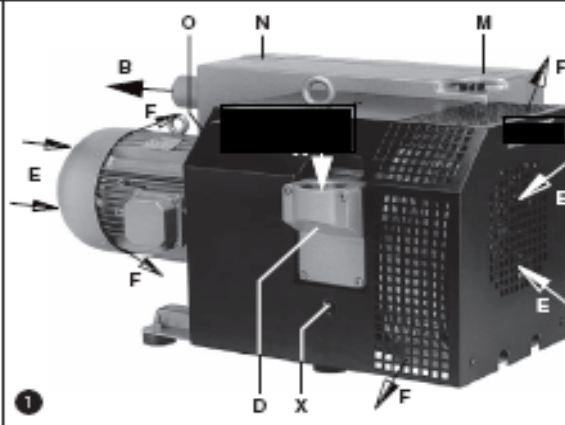
Si hay que extraer oxígeno, deberán seguirse las instrucciones de seguridad que se dan en la hoja XG 3.

Las temperaturas ambiente y de aspiración deberán hallarse entre 5 y 40 °C. Para temperaturas fuera de esta gama rogamos se pongan en contacto con su proveedor.

Las versiones estándar no han de usarse en áreas peligrosas. Se pueden suministrar estas máquinas en versión especial con motores en ejecución antidetonante.

La contrapresión en la lumbrera de expulsión no debe ser superior a + 0,1 bar.

Debe instalarse un sistema de reserva de seguridad en todas aquellas aplicaciones, en las cuales un paro imprevisto de la bomba de vacío podría posiblemente causar daños a personas o instalaciones.



Mantenimiento y Asistencia Técnica

⚠ Al proceder al mantenimiento de estas unidades y en situaciones en que el personal podría llegar a lesionarse por elementos en movimiento o por elementos eléctricos bajo tensión, la bomba hay que aislarla totalmente desconectando la corriente de acometida. Es imperativo impedir que la unidad pueda ser nuevamente puesta en marcha durante las operaciones de mantenimiento. No trabajar nunca en una bomba que se halle a su temperatura normal de servicio, ya que hay peligro de quemarse por elementos calientes o lubricante caliente.

1. Filtración del aire

⚠ La capacidad de extracción de la bomba puede reducirse si los filtros de entrada del aire no se mantienen en correcto estado de limpieza.

Filtros del lado de aspiración: El filtro de tela metálica (f_1) hay que limpiarlo periódicamente principalmente en función del grado de obstrucción. La limpieza puede llevarse a cabo lavando el filtro o sopándolo con aire comprimido. Sustituya los filtros si su obstrucción fuera completa.

El filtro de tela metálica (f_1) puede desmontarse sacando los tornillos (s_1) de la carcasa portafiltros (D) (figura 4).

Filtros para el cojin de gas estabilizador: Todas las bombas vienen equipadas con una válvula (U) para el gas estabilizador.

El cartucho portafiltros incorporado (f_2) hay que limpiarlo periódicamente según el grado de obstrucción, sopándolo con aire comprimido. Sacando el tornillo (g_2) y el capuchón de material plástico (h_2), puede sacarse el elemento filtrante para limpiarlo. Para volver a montarlo, procedase en orden inverso al seguido para desmontarlo (figura 5).

Cartucho filtrante (extra opcional): El cartucho filtrante del filtro de aspiración de vacío estanco (ZVF) o el separador de polvo (ZFP) hay que limpiarlo periódicamente según el grado de obstrucción que presente. La limpieza puede conseguirse lavando el filtro sopándolo con aire comprimido. Sustitúyase el cartucho filtrante en caso necesario. Dicho cartucho puede extraerse por completo sacando los clips de retención correspondientes.

2. Lubricación (figura 6)

Compruébese periódicamente el nivel del aceite según el número de horas de funcionamiento transcurridas. El primer cambio de aceite ha de efectuarse al cabo de 500 horas de funcionamiento (véase el tapón de purga del aceite (K)). Los cambios posteriores deberán tener lugar cada 500-2000 horas de funcionamiento. Los periodos que median entre 2 cambios de aceite sucesivos han de acortarse si la bomba funciona en ambiente polvoriento. Descárguese el aceite también del radiador de aceite (véase el tapón de purga del aceite (K)).

Deberán usarse únicamente aceites que cumplan la norma DIN 51508 grupo VGVCL o un aceite sintético (que puede obtenerse de Rietschle). La viscosidad deberá ser de ISO-VG 100 según norma DIN 51519. Los tipos de aceite Rietschle recomendados son: MULTI-LUBE 100 (aceite mineral); SUPER-LUBE 100 (aceite sintético) (véase la placa de tipos de aceite (M)).

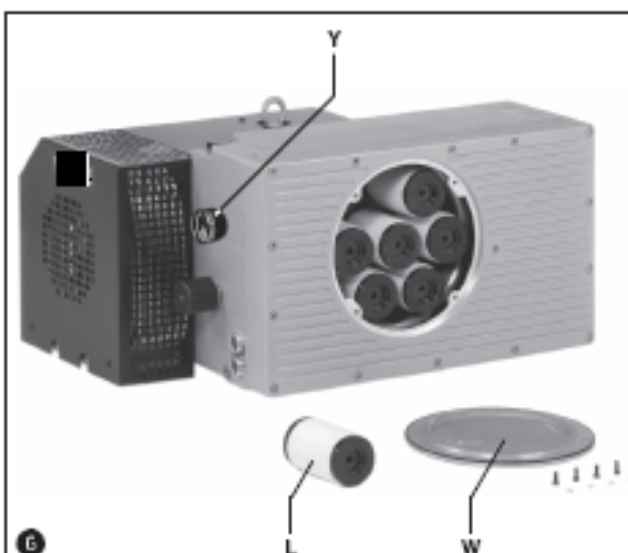
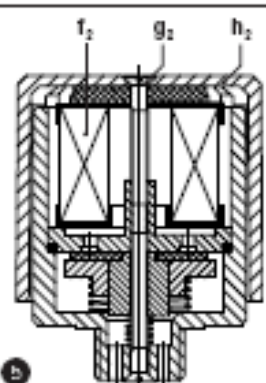
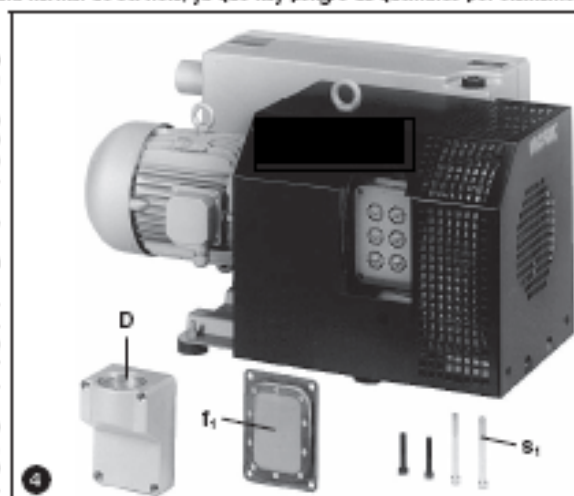
Si el aceite se usara bajo solicitación térmica elevada, es decir, bajo temperaturas ambientales o de aspiración superiores a 30°C, en condiciones de refrigeración desfavorables o trabajando a velocidad mayor de la normal, etc., los cambios de aceite pueden espaciarse empleando el aceite sintético recomendado.

⚠ El aceite viejo y usado hay que evacuarlo en correspondencia con la legislación ambiental, de seguridad y sanitaria vigente. Si se cambiara de marca de aceite, hay que descargar el aceite viejo por completo tanto de la carcasa del separador de aceite como del radiador de aceite.

3. Separación de aceite (figura 7)

⚠ Un grado de bloqueo extremo de los elementos filtrantes resultará en un aumento de la temperatura de la bomba y provocará la decoloración del lubricante.

Al cabo de un tiempo de funcionamiento prolongado los elementos del separador de aceite pueden llegar a estar contaminados, de lo cual puede resultar un aumento de temperatura de la bomba y una sobrecarga del motor. Por tal motivo recomendamos cambiar los elementos filtrantes (L) cada 2.000 horas de funcionamiento o cuando la contrapresión del filtro exceda de 0,7 bar (véase el manómetro de contrapresión (Y), que es un accesorio extra opcional. No es posible limpiar estos elementos. Para cambiarlos filtros, retirese la cubierta de mantenimiento (W), sustitúyase los elementos (L). Efectúese éste último en orden inverso al seguido para desmontarlos filtros.



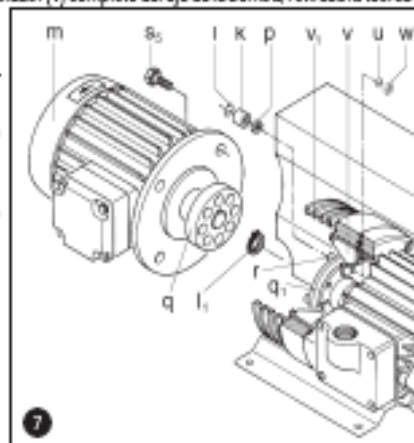
4. Acoplamiento (figura 7)

Las gomas de acoplamiento (k) son piezas sujetas a desgaste y deberán ser objeto de comprobación periódica. Cuando las gomas del acoplamiento hayan quedado desgastadas, lo revela un ruido de golpeteo en el momento de arranque de la bomba de vacío.

Las gomas de acoplamiento defectuosas son susceptibles de causar grandes daños y en casos extremos originar la rotura del eje rotórico.

Para verificar el acoplamiento, párese el motor (m) y desconéctese de la corriente eléctrica. Retírense los tornillos (s₁). Retírese el motor junto con el medio acoplamiento del lado del motor (q). Si las gomas (k) del acoplamiento están dañadas, retírense las arandelas elásticas (l) de la espiga (r) del acoplamiento y sustitúyanse los casquillos de goma (k) del acoplamiento. Déjese en su lugar el separador (p), verifíquense las espigas (r) del acoplamiento para detectar cualquier desgaste y sustitúyanse en caso necesario por otras nuevas. Para sustituir dichos elementos, retírese la tapa (v₁) del ventilador, retírese la arandela elástica (l₁), retírese el acoplamiento y el ventilador (v) completo del eje de la bomba, retírese la tuerca (w) junto con su arandela (u) y sustitúyanse las espigas del acoplamiento.

Vuélvanse a montar los elementos desmontados en orden inverso al seguido para desmontarlos.



Localización de averías

1. El arrancador del motor desconecta la bomba de vacío:

- 1.1 Verifíquese que la tensión y frecuencia de la corriente utilizada se corresponden con las que figuran en la placa de características del motor.
- 1.2 Compruébese las conexiones en el bloque de bornes del motor.
- 1.3 Compruébese la puesta a punto del arrancador del motor.
- 1.4 El arrancador del motor se dispara demasiado rápidamente. Solución: utilícese un arrancador con un disparo temporizado (versión según IEC 947-4).
- 1.5 La bomba de vacío o el aceite lubricante están excesivamente fríos.
- 1.6 La viscosidad del lubricante es demasiado elevada.
- 1.7 Los elementos del separador de niebla de aceite están bloqueados u obstruidos.
- 1.8 La contrapresión en las tuberías de escape es excesiva.

2. Caudal de aspiración insuficiente:

- 2.1 Filtros de entrada o telas metálicas filtrantes oscurecidas por obstrucción.
- 2.2 Tuberías de obstrucción demasiado largas o de paso demasiado angosto.
3. La bomba de vacío no alcanza su vacío límite:

- 3.1 Localizarse fugas en el lado de la aspiración de la bomba o en el sistema.
- 3.2 Viscosidad incorrecta del lubricante.
- 3.3 Ajuste incorrecto del mando selector (X).

4. La bomba de vacío funciona a temperatura anormalmente elevada:

- 4.1 Temperatura ambiente o de aspiración demasiado elevada.
- 4.2 Existe una restricción de la circulación del aire refrigerante.
- 4.3 Problemas según epígrafes 1.6, 1.7 y 1.8.

5. El aire expulsado contiene niebla de aceite visible:

- 5.1 Los elementos del separador de aceite han sido montados incorrectamente.
- 5.2 Uso de una marca de aceite incorrecta.
- 5.3 Problemas según epígrafes 1.7, 1.8, 4.1 y 4.2.

6. La unidad emite un ruido anormal:

Nota: es normal que las espigas del rotor emitan un ruido de golpeteo cuando la máquina arranca en frío, el cual dura hasta que desaparece en el término de dos minutos a medida que va aumentando la temperatura de régimen.

- 6.1 Los casquillos de goma del acoplamiento se han desgastado (véase el apartado "Asistencia técnica").

6.2 Desgaste del cilindro de la bomba.

Solución: envíe su unidad completa para su reparación al proveedor o al agente de servicio técnico autorizado.

- 6.3 La válvula reguladora del vacío es ruidosa. Solución: sustituir válvula.

6.4 Las álabes están dañados.

- 6.5 Problemas según epígrafes 1.5 y 1.8.

7. Existencia de agua en el seno del lubricante o.d. emulsificación.

- 7.1 La bomba aspira agua debido al tipo de aplicación a que se ha destinado.

Solución: montar separadoras de agua en el lado de vacío de la bomba.

- 7.2 La unidad traslada mayor caudal de vapor de agua que el que ha servido de base del diseño del cojin de gas estabilizador.

Solución: consúltese al proveedor para la dotación de la bomba de una capacidad de estabilización de gas superior.

- 7.3 La bomba funciona únicamente durante poco tiempo y no alcanza la temperatura de funcionamiento normal.

Solución: hágase funcionar la bomba con el orificio de aspiración cerrado hasta que el aceite se haya depurado.

Apéndices

Reparación a pie de instalación: Para todas las reparaciones a pie de instalación, un electricista deberá desconectar primero el motor para que no pueda la unidad arrancar accidentalmente.

Se recomienda a todos los mecánicos que consulten con el fabricante primitivo o a uno de sus subsidiarios, agentes o agentes de asistencia técnica. La dirección del taller de reparación más próximo pueden solicitarla al fabricante de la máquina.

Después de una reparación o antes de la reinstalación de la bomba sigase las instrucciones dadas bajo el título de "Instalación y puesta en marcha".

Elevación y transporte: para levantar y transportar la bomba de vacío, deberán usarse los cáncamos de la bomba y del motor. En caso de faltar un cáncamo, se usarán eslingas de suficiente resistencia. En la tabla adjunta se muestra el peso de las bombas.

Almacenamiento: las unidades del tipo VC han de almacenarse en un ambiente seco y de humedad normal. Si fuera preciso almacenar la bomba por un periodo superior a tres meses, recomendamos utilizar un aceite anticorrosivo en vez del lubricante normal.

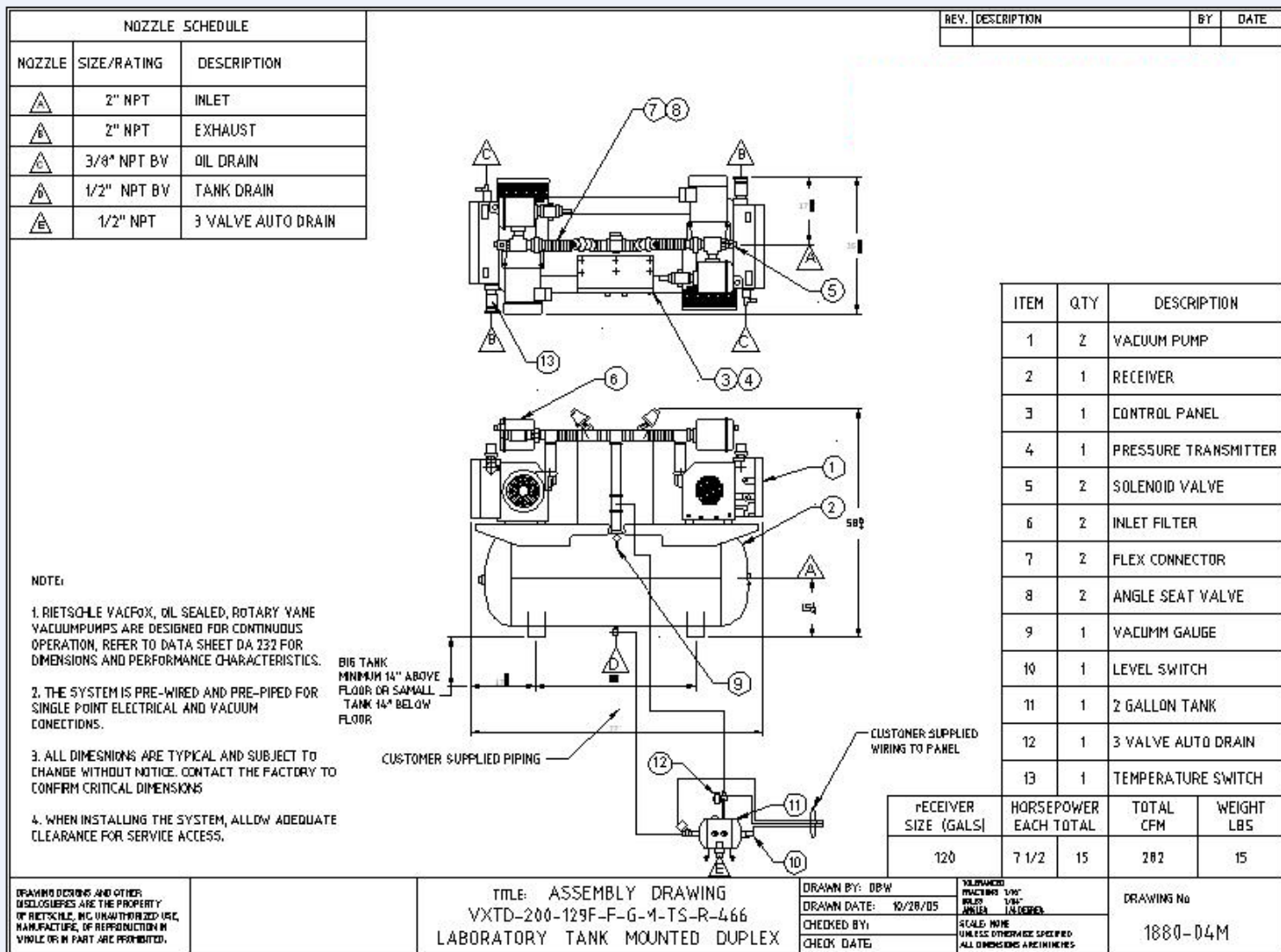
Desecho: las piezas de desgaste enumeradas en las listas de piezas de repuesto deberán desecharse con la debida atención a las disposiciones sanitarias y de seguridad.

Listas de piezas de repuesto: E 232 → VC 200 / VC 300

VC		200	300
Nivel ruido (máx.)	dB(A) 50 Hz	75	81
	60 Hz	79	83
Peso (máx.)	kg 50 Hz	144	204
	60 Hz	161	209
Longitud	mm 50 Hz	775	950
	60 Hz	880	950
Anchura	mm	584	632
Altura	mm	425	425
Capacidad del depósito de aceite	l	6	8

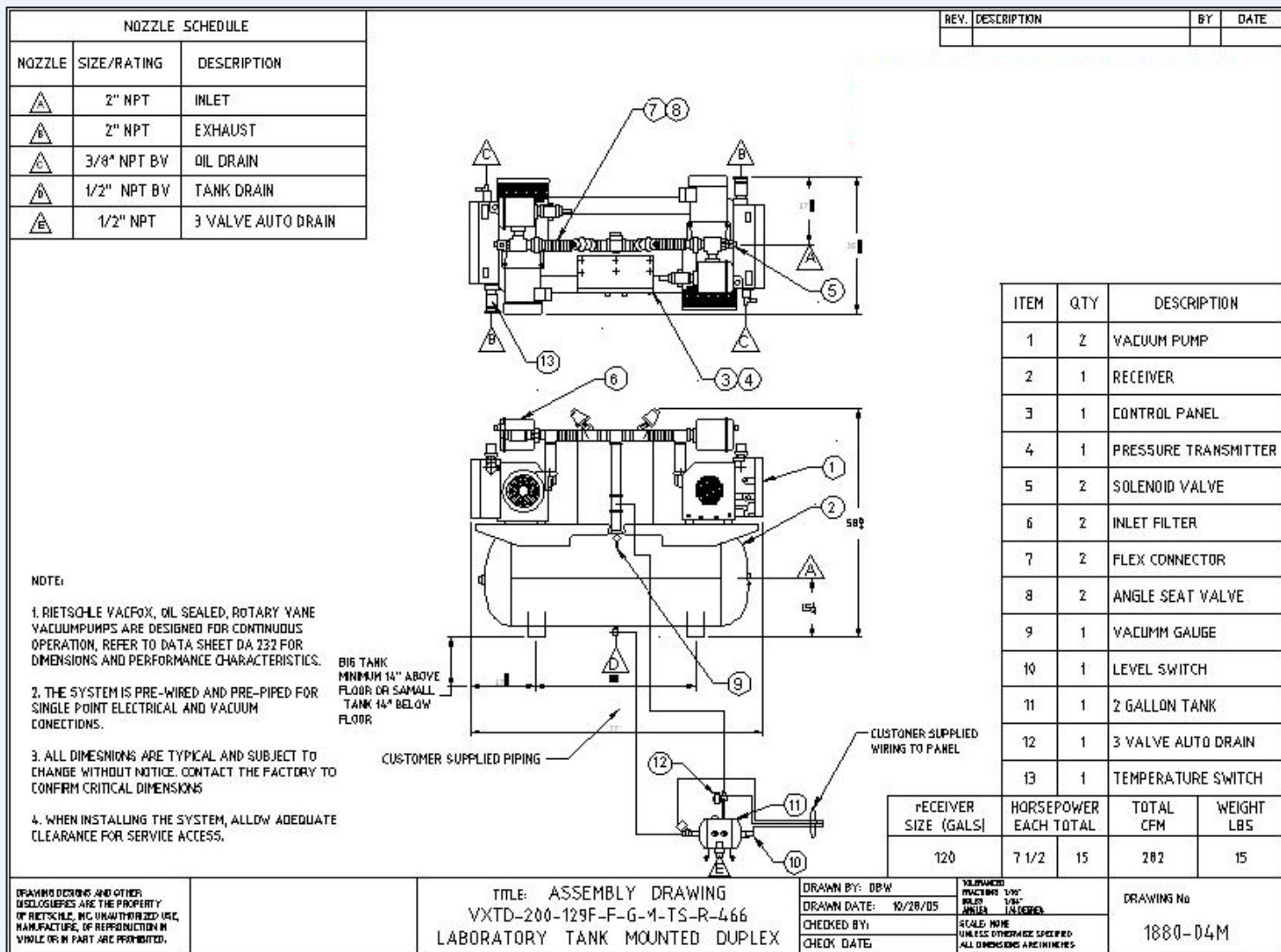
PLANO 1

PLANO DEL SISTEMA CON BOMBAS DE VACÍO DE DISTRIBUIDOR GIRATORIO



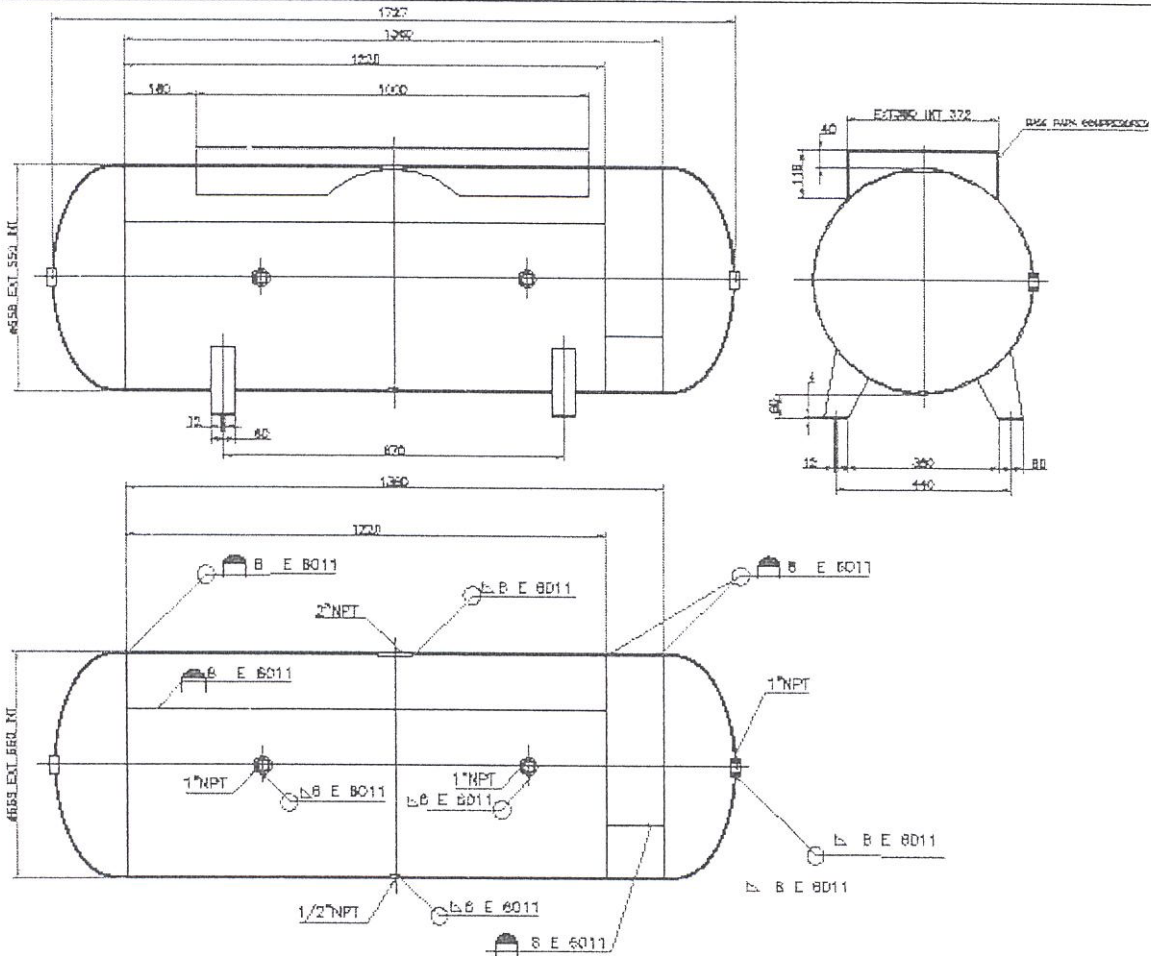
PLANO 1

PLANO DEL SISTEMA CON BOMBAS DE VACÍO DE DISTRIBUIDOR GIRATORIO



PLANO 2

TANQUE ACUMULADOR



EDIMECI			
DISEÑADOR		TANQUE PARA AIRE	PROYECTO
DIP. 120 SUL DATED 1		TANQ. P. MAQ. DE VACIO	REV. 20-01-02
VAD -14.7 PSIA -1.033 Kg / cm ²		ASSEMBLED ON DRAWING	TV-0103



CIB-ESPOL