

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“IMPLEMENTACIÓN DE CICLO RECIRCULANTE DE LIQUIDO DE
SERVICIO PARA SISTEMA DE BOMBA DE VACÍO MODELO LPHX 45316
EN UNA PLANTA DE PLASTICOS EN LURÍN - LIMA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

AUTOR

DIEGO ALBERTO RODRIGUEZ MONZÓN

ASESOR: MG. DARIO VASQUEZ ALVA

Callao, 2022

PERÚ

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Diego Alberto Rodriguez Monzón".

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Dario Vasquez Alva".

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO EVALUADOR

PRESIDENTE: DR. TEZEN CAMPOS JOSE HUGO

SECRETARIO: DR. MAMANI CALLA PABLO

VOCAL: MG. LIZANDRO BERNALDO ROSALES PUÑO

ASESOR MG. DARIO VASQUEZ ALVA

N° DE LIBRO 01

N° DE FOLIO 154

N° DE ACTA 106-2022

ACTA DE EXPOSICIÓN DE INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL DEL I CICLO TALLER PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO E INGENIERO EN ENERGIA

LIBRO 001, FOLIO N° 154, ACTA N° 106 DE EXPOSICIÓN DE INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL DEL I CICLO TALLER PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

A los 25 días del mes setiembre del año 2022, siendo las **15:25 pm horas**, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/orf-nvrq-cnt>, el **JURADO DE EXPOSICION del I CICLO TALLER DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL 2022** para la obtención del TÍTULO profesional de Ingeniero Mecánico de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

- | | | |
|---------------------------------------|---|------------|
| ▪ Dr. Tezen Campos Jose Hugo | : | Presidente |
| ▪ Dr. Mamani Calla Pablo | : | Secretario |
| ▪ Mg. Lizandro Bernaldo, Rosales Puño | : | Vocal |
| ▪ Mg. Dario Vasquez Alva | : | Asesor |

Se dio inicio al acto de exposición de informe de trabajo para titulación del Bachiller **RODRIGUEZ MONZON DIEGO ALBERTO**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico sustenta su informe titulado **"IMPLEMENTACIÓN DE CICLO RECIRCULANTE DE LIQUIDO DE SERVICIO PARA SISTEMA DE BOMBA DE VACÍO MODELO LPHX45316 EN UNA PLANTA DE PLASTICOS EN LURÍN - LIMA"**, cumpliendo con la exposición en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N° 039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con escala de calificación cuantitativa **15 (Quince)** y calificación cualitativa **BUENO** en el presente informe de **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de Junio del 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las **16:10 pm** del día 25 de setiembre del 2022

Dr. Jose Hugo Tezen Campos
Presidente de Jurado

Dr. Pablo Mamani Calla
Secretario de Jurado

Mg. Lizandro Bernaldo Rosales Puño
Vocal de Jurado

Mg. Dario Vasquez Alva
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

JURADO EVALUADOR

Visto el informe final del **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL "IMPLEMENTACIÓN DE CICLO RECIRCULANTE DE LIQUIDO DE SERVICIO PARA SISTEMA DE BOMBA DE VACÍO MODELO LPHX 45316 EN UNA PLANTA DE PLASTICOS EN LURÍN - LIMA"**, presentado por el Bachiller en Ingeniería Mecánica **RODRIGUEZ MONZON DIEGO ALBERTO**.

A QUIEN CORRESPONDA:

El Presidente del Jurado Evaluador **I CICLO TALLER DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL 2022** manifiesta que la sustentación del **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** se realizó el día 25 de setiembre del 2022 a 15:25 horas y en la que se realizaron observaciones; luego de la revisión respectiva, se da por aprobado el levantamiento de las observaciones.

Se emite el presente informe para los fines pertinentes.

Bellavista, 01 de diciembre del 2022



Dr. José Hugo Tezen Campos
PRESIDENTE DEL JURADO

Document Information

Analyzed document	Trabajo de Suficiencia Profesional -FIME- UNAC- Diego Alberto Rodriguez Monzon.docx (D174421924)
Submitted	2023-09-22 20:07:00
Submitted by	
Submitter email	investigacion.fime@unac.pe
Similarity	0%
Analysis address	investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

	URL: https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/hydraulic-pumps-market#.ORGANIZACI Fetched: 2023-09-22 20:08:00	 1
---	--	--

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

“IMPLEMENTACIÓN DE CICLO RECIRCULANTE DE LIQUIDO DE SERVICIO PARA SISTEMA DE BOMBA DE VACÍO MODELO LPHX 45316 EN UNA PLANTA DE PLASTICOS EN LURÍN - LIMA”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO
DIEGO ALBERTO RODRIGUEZ MONZÓN

Callao, 2022 PERÚ

DEDICATORIA Este presente trabajo está dedicado a mis padres, hermanos y abuelos, por el gran apoyo brindado durante mi vida, tanto en mi educación personal y académica, y junto a mi fiel compañera de vida quienes me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

AGRADECIMIENTOS A mis amistades, compañeros de trabajo y maestros que aportaron en mi desarrollo profesional. A mi compañera de vida, por acompañarme en cada momento brindándome todo su apoyo.

INDICE

INDICE 3 INDICE DE FIGURAS 5 INDICE DE GRÁFICAS Y TABLAS 7 I. ASPECTOS GENERALES 8 1.1 OBJETIVOS. 16 1.1.1 Objetivos generales. 16 1.1.2 Objetivos específicos. 16 1.2 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN 17 1.2.1 Historia de la empresa 17 1.2.2 Filosofía empresarial 18 1.2.3 Organigrama 18 1.2.4 Descripción de las funciones 19 1.2.5 Posicionamiento en el mercado 20 II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL 21 2.1 Marco teórico 21 2.1.1 Antecedentes 21 - Antecedentes internacionales 21 - Antecedentes nacionales 24 2.1.2 Bases teóricas 25 - Vacío 25 - Bombas de vacío 25 - Clasificación de las bombas de vacío 26 - Bombas de vacío de desplazamiento positivo 26 - Bomba de vacío de anillo líquido 26 - Bomba de vacío de paletas deslizantes 27 - Bomba de vacío multicelular 28 - Bomba de vacío roots 28 - Bomba de vacío de embolo rotativo 29 - Bomba de vacío de chorro de líquido 30 - Principio de funcionamiento de la bomba de vacío de anillo líquido. 30 - Bombeo de gases secos 32 - Influencia del líquido de servicio. 34 - Influencia de la temperatura del medio bombeado 35 - Propiedades de los líquidos de servicio 36 - Cantidad del líquido de servicio 37 - Tipos de instalación de bombas de vacío de anillo líquido. 40 - Aplicaciones 42 2.1.2 Aspectos normativos 46 - Normas internacionales. 46 2.1.4 Aspectos medio ambientales 47 2.2 Descripción de las actividades desarrolladas 47 2.2.1 Metodología 47 2.2.2 Flujograma de actividades 47 III. APORTES DESARROLLADOS 55 3.1 Visita técnica y levantamiento de información. 55 3.2 Selección de equipos e instrumentación. 55 3.3 Elaboración y envío del presupuesto. 65 3.4 Presentación de presupuesto. 68 3.5 Aprobación del presupuesto. 69 3.6 Armado del sistema de vacío 69 3.7 Traslado e instalación del sistema de vacío 71 3.8 Puesta en marcha del sistema de vacío. 73 IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES 74 4.1 Discusión. 74 4.2 Conclusiones 75 V. RECOMENDACIONES 76 VI. BIBLIOGRAFIA 77 ANEXOS 79 INDICE DE FIGURAS

DEDICATORIA

Este presente trabajo está dedicado a mis padres, hermanos y abuelos, por el gran apoyo brindado durante mi vida, tanto en mi educación personal y académica, y junto a mi fiel compañera de vida quienes me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

AGRADECIMIENTOS

A mis amistades, compañeros de trabajo y maestros que aportaron en mi desarrollo profesional.

A mi compañera de vida, por acompañarme en cada momento brindándome todo su apoyo.

INDICE

INDICE	3
INDICE DE FIGURAS	5
INDICE DE GRÁFICAS Y TABLAS	7
I. ASPECTOS GENERALES	8
1.1 OBJETIVOS.....	16
1.1.1 Objetivos generales.	16
1.1.2 Objetivos específicos.	16
1.2 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....	17
1.2.1 Historia de la empresa	17
1.2.2 Filosofía empresarial.....	18
1.2.3 Organigrama	18
1.2.4 Descripción de las funciones.....	19
1.2.5 Posicionamiento en el mercado	20
II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL	21
2.1 Marco teórico	21
2.1.1 Antecedentes	21
- Antecedentes internacionales	21
- Antecedentes nacionales	24
2.1.2 Bases teóricas.....	25
- Vacío	25
- Bombas de vacío	25
- Clasificación de las bombas de vacío.....	26
- Bombas de vacío de desplazamiento positivo.....	26
- Bomba de vacío de anillo líquido.....	26
- Bomba de vacío de paletas deslizantes	27
- Bomba de vacío multicelular	28
- Bomba de vacío roots	28
- Bomba de vacío de embolo rotativo	29
- Bomba de vacío de chorro de líquido.....	30
- Principio de funcionamiento de la bomba de vacío de anillo líquido	30
- Bombeo de gases secos	32
- Influencia del líquido de servicio.....	34

- Influencia de la temperatura del medio bombeado	35
- Propiedades de los líquidos de servicio	36
- Cantidad del líquido de servicio.....	37
- Tipos de instalación de bombas de vacío de anillo líquido	40
- Aplicaciones.....	42
2.1.2 Aspectos normativos.....	46
- Normas internacionales	46
2.1.4 Aspectos medio ambientales.....	47
2.2 Descripción de las actividades desarrolladas	47
2.2.1 Metodología	47
2.2.2 Flujo de actividades.....	47
III. APORTES DESARROLLADOS	55
3.1 Visita técnica y levantamiento de información.....	55
3.2 Selección de equipos e instrumentación.....	55
3.3 Elaboración y envío del presupuesto.	65
3.4 Presentación de presupuesto.	68
3.5 Aprobación del presupuesto.	69
3.6 Armado del sistema de vacío	69
3.7 Traslado e instalación del sistema de vacío.....	71
3.8 Puesta en marcha del sistema de vacío.....	73
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	74
4.1 Discusión.....	74
4.2 Conclusiones.....	75
V. RECOMENDACIONES	76
VI. BIBLIOGRAFIA.....	77
ANEXOS.....	79

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Tamaño del mercado de las bombas de vacío de anillo líquido por región, 2018-2030	8
Figura 1.2. Importaciones de Bombas de vacío a nivel mundial en el año 2020.9	
Figura 1.3 Importaciones de Bombas de vacío en América del Sur en el año 2020	11
Figura 1.4. Sistema de Destilación a vacío del Etanol.	13
Figura 1.5. Sistema de condensación tipo híbrido de carcasa y tubo acoplado a una bomba de vacío de anillo líquido	13
Figura 1.6. Sistema de fabricación del ladrillo	14
Figura 1.7. Organigrama de la empresa SIHI Perú.	18
Figura 2.1 Bomba de vacío de anillo líquido.....	27
Figura 2.2. Bomba de vacío de Paletas deslizantes.....	27
Figura 2.3 Bomba de vacío Multicelular.	28
Figura 2.4. Bomba de vacío ROOTS.....	28
Figura 2.5 Bomba de vacío de embolo rotativo	29
Figura 2.6. Bomba de vacío de chorro líquido.....	30
Figura 2.7. Anillo líquido formado interno en la bomba	31
Figura 2.8. Paso de los gases en el interior de una bomba de vacío de una etapa	31
Figura 2.9. Instalación de bomba de vacío con tanque separador.	32
Figura 2.10 Estados de la bomba de vacío	32
Figura 2.11. Factor de influencia λ_I de bomba de vacío de anillo líquido de una etapa y doble etapa.....	34
Figura 2.12. Factor de Influencia λ_{III}	36
Figura 2.13. Instalación simple para bomba de vacío	40
Figura 2.14 Instalación con recirculación parcial de líquido de servicio	41
Figura 2.15. Instalación con recirculación total del líquido de servicio	42
Figura 2.16 Flujograma de actividades.	48
Figura 3.1. Instalación inicial de una bomba de vacío de anillo líquido de 10HP en la planta de plásticos.....	55
Figura 3.2. Curva de operación de Bomba de vacío de anillo líquido LPHX 45316	59
Figura 3.3. Curva de potencias de bomba de vacío LPHX 45316.....	60

Figura 3.4. Flujo volumétrico del agua de servicio de la bomba de vacío LPHX 45316	62
Figura 3.5 Intercambiador de calor tipo Carcasa y tubo.....	63
Figura 3.6. Tipo de instalación y modelo de tanque separador de líquido.....	63
Figura 3.7. Dimensiones del tanque separador de Líquido tipo XBp.....	64
Figura 3.8 Estructura metálica del sistema de vacío	65
Figura 3.9 Sistema de ciclo recirculación de agua con bomba de vacío LPHX 45316 - Foto 1	70
Figura 3.10 Sistema de ciclo recirculación de agua con bomba de vacío LPHX 45316 - Foto 2.....	70
Figura 3.11 Sistema de vacío instalado en la planta de operaciones de la empresa de plásticos - Foto 01	71
Figura 3.12 Sistema de vacío instalado en la planta de operaciones de la empresa de plásticos - Foto 02	72

INDICE DE GRÁFICAS Y TABLAS

Gráfico 1.1. Valores en millones de dólares (US\$) de Importación de los principales importadores de bombas de vacío en el mundo.....	10
Gráfico 1.2. Valores en millones de dorales (US\$) de importación de los cinco principales importadores de bombas de vacío del continente América del Sur	11
Tabla 2.1. Aplicaciones de la bomba de vacío de anillo líquido	43
Tabla 3.1. Pesos de equipos, accesorios y aplicación	64
Tabla 3.2. Precios distribuidos del Sistema de vacío	65
Tabla 3.3. Rentabilidad generada por el Sistema de vacío	66
Tabla 3.4 Consumo de agua con el sistema de vacío presente.....	68
Tabla 3.5 Consumo de agua con el sistema de ciclo recirculante a implementar.	68

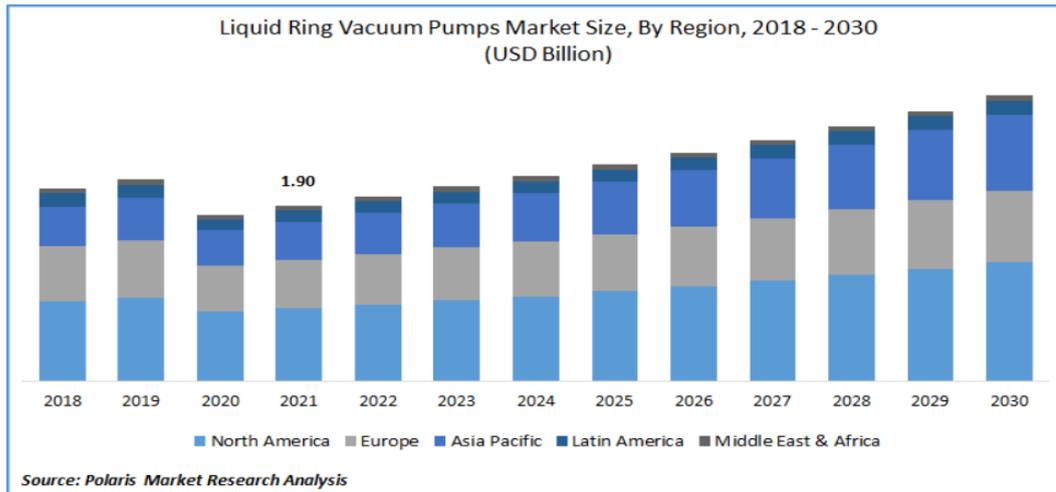
I. ASPECTOS GENERALES

Actualmente a nivel mundial en los países desarrollados y subdesarrollados, los fabricantes están aumentando sus inversiones en máquinas-herramientas para así poder mejorar sus procesos y sistemas de producción. La tecnología de bombas ha tenido una larga historia relacionada con el avance y desarrollo industrial de la economía mundial. En la actualidad, a nivel global las bombas tienen cada vez mayor presencia en las diversas aplicaciones de los campos industriales, como la minería, pesca, construcción, en las industrias plásticas, alimentarias, farmacéuticas, químicas, textil, energía, tratamientos de aguas, del petróleo y el gas. (MORDOR, Intelligence, 2021)

En referencia a la descripción del mercado del sector mundial de bombas se espera una expansión ascendente puesto que el aumento de los gastos públicos para nuevas infraestructuras de agua. Se indica que debido al aumento de la población y de las industrias se requerirá de una mayor demanda de agua limpia para uso residencial e industrial lo que aumentará la demanda de ampliar, implementar y construir plantas de tratamiento de agua y aguas residuales, consecuencia de ello se impulsará la demanda de los diferentes equipos de bombeo. (INDUSTRY DATA ANALYTICS, 2022)

Las bombas de vacío de anillo líquido tienen una tendencia positiva en el mercado mundial con una Tasa de Crecimiento Anual Compuesta (CAGR) aproximado del 5.6% entre los periodos del año 2018 al 2030, según se observa en la figura 1.1. Esta conclusión positiva es por los motivos de aumento del mercado de las diferentes industrias como las químicas, mineras, alimentarias y farmacéuticas que aumentarán las capacidades debido a la demanda existente. Las ventajas de este tipo de bombas, por ser una máquina con bajos costos de mantenimiento y operación, generan también impacto positivo a este crecimiento del mercado durante el periodo de pronóstico. (POLARIS MARKET RESEARCH, 2022)

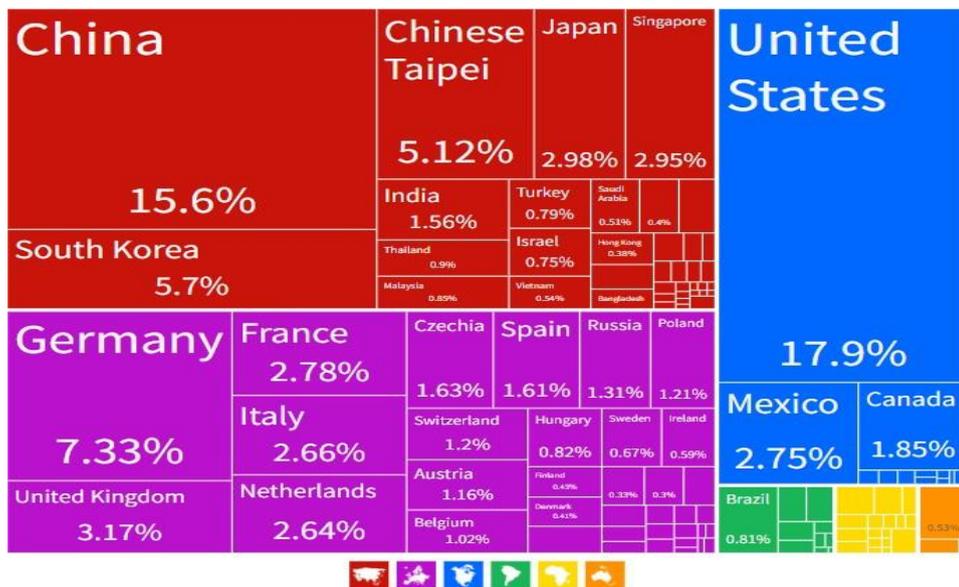
Figura 1.1. Tamaño del mercado de las bombas de vacío de anillo líquido por región, 2018-2030.



Fuente: Polaris Market Research Analysis – 2022.

Uno de los estudios importantes realizados por El Observatorio de Complejidad Económica (OEC) señalaron que el año 2020 los continentes de Asia , Europa y Norte América han sido los mayores importadores siendo así China, Estados Unidos y Alemania quienes presentan un mayor porcentaje de importación de las bombas de vacío, respectivamente según se muestra en la figura 1.2. (GAULIER , y otros, 2020)

Figura 1.2. Importaciones de Bombas de vacío a nivel mundial en el año 2020.

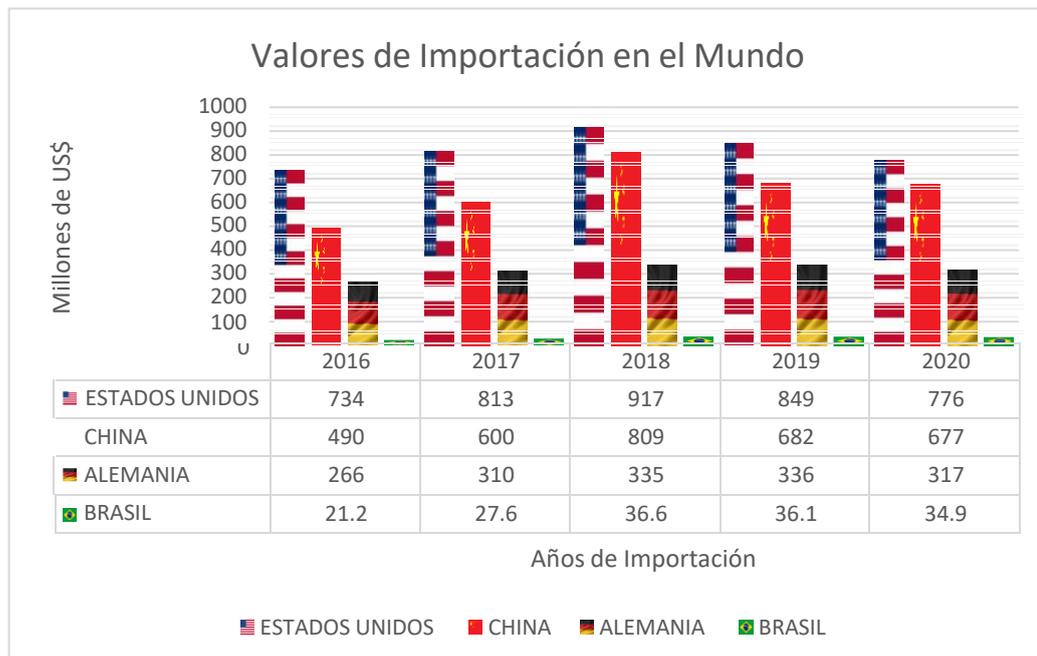


Fuente: El Observatorio de Complejidad Económica (OEC) – 2022.

Nota: Los datos son proporcionados por BACI cuyos autores son Gaulier, G y Zingago, S.

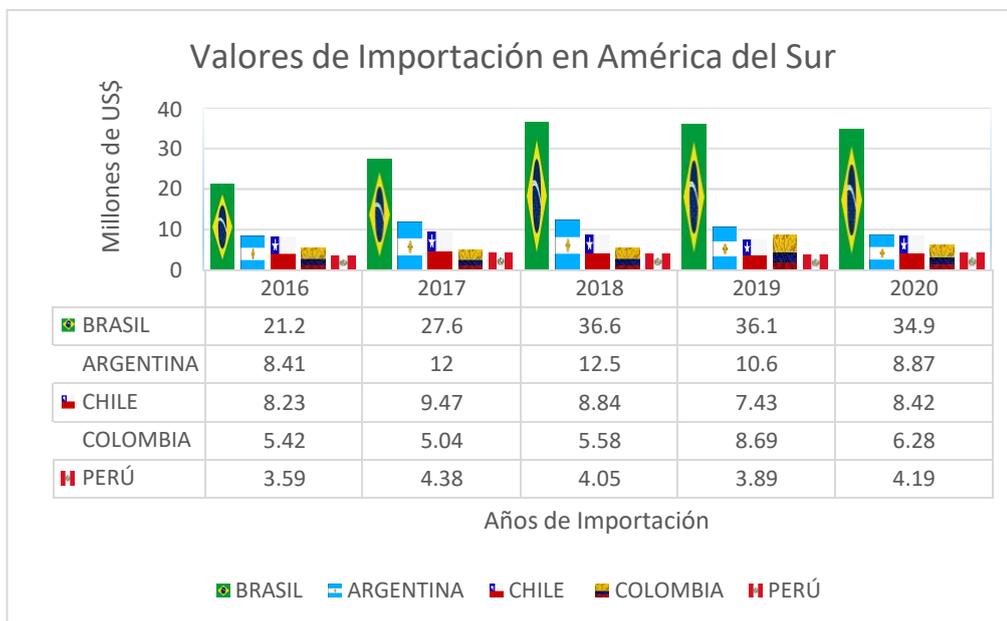
Estados Unidos ha sido el mayor importador de estos equipos durante los últimos 05 años en el mundo. Mientras que en nuestro continente América del Sur, el principal importador es Brasil que representa el 0.8% de valor de importación de las bombas de vacío (Figura 1.2). Perú se ha encontrado posicionado como quinto importador de equipos de vacío a nivel sudamericano por debajo de Brasil, Argentina, Chile y Colombia como se pueden visualizar en el siguiente gráfico 1.2 y figura 1.3, detallando los valores de importación en millones de Dólares Americanos de cada país dentro del periodo de años 2016 al 2020. Como se indicó, en el primer gráfico 1.1 se determina que Estados Unidos ha sido el mayor importador a nivel mundial y en el segundo gráfico se dio como resultante que Brasil es el mayor importador a nivel de Sudamérica durante los últimos años. (GAULIER , y otros, 2020)

Gráfico 1.1. Valores en millones de dólares (US\$) de Importación de los principales importadores de bombas de vacío en el mundo.



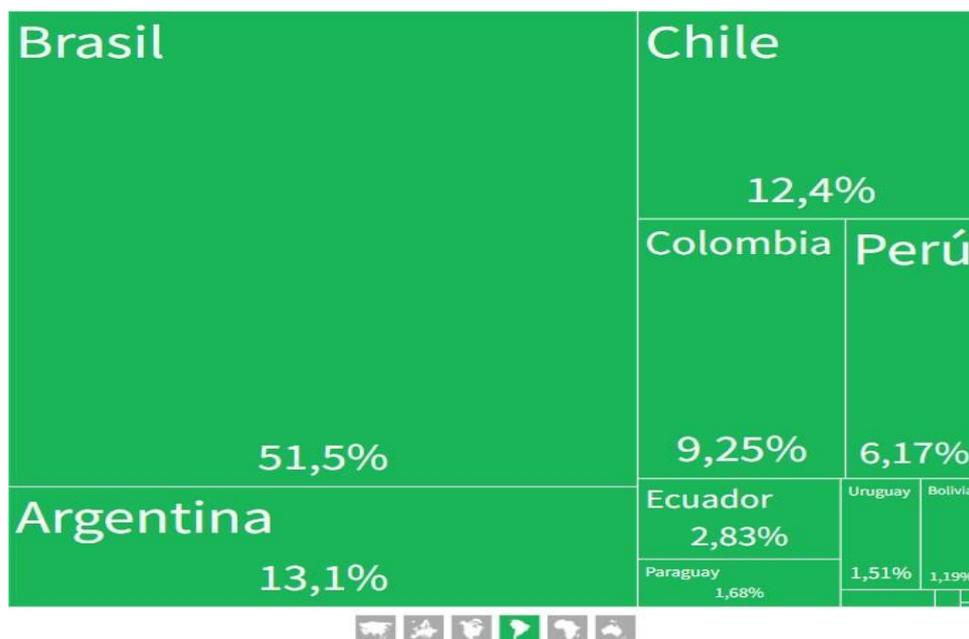
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1.2. Valores en millones de dorales (US\$) de importación de los cinco principales importadores de bombas de vacío del continente América del Sur



Fuente: Elaboración propia

Figura 1.3 Importaciones de Bombas de vacío en América del Sur en el año 2020



Fuente: El Observatorio de Complejidad Económica (OCE) – 2022.

Nota: Los datos son proporcionado por BACI cuyos autores son Gaulier, G y Zingago, S.

Los tipos de bombas mayores utilizadas en los sectores de producción industrial son las bombas hidráulicas, como las bombas de desplazamiento positivo (engranajes, lóbulos o pistones, entre otros) y bombas dinámicas o rotodinámicas (centrífugas, periféricas o especiales) (CENGEL, y otros, 2010); y los tipos de diseño habituales de las bombas de vacío son bombas de paletas deslizantes, anillo líquido, multi celdas, émbolo rotativo y trocoidales (BANNWARTH, 2005).

La empresa es una importadora que brinda soporte de Venta, Post-Venta, Servicio e Ingeniería de equipos de bombeo para las industrias tanto a nivel nacional e internacional de los diferentes sectores importantes como son: Minería, Pesca, Agroindustrias, Alimentos, Químicas, Plásticos, Tratamiento de agua, y en la mayoría de sectores industriales.

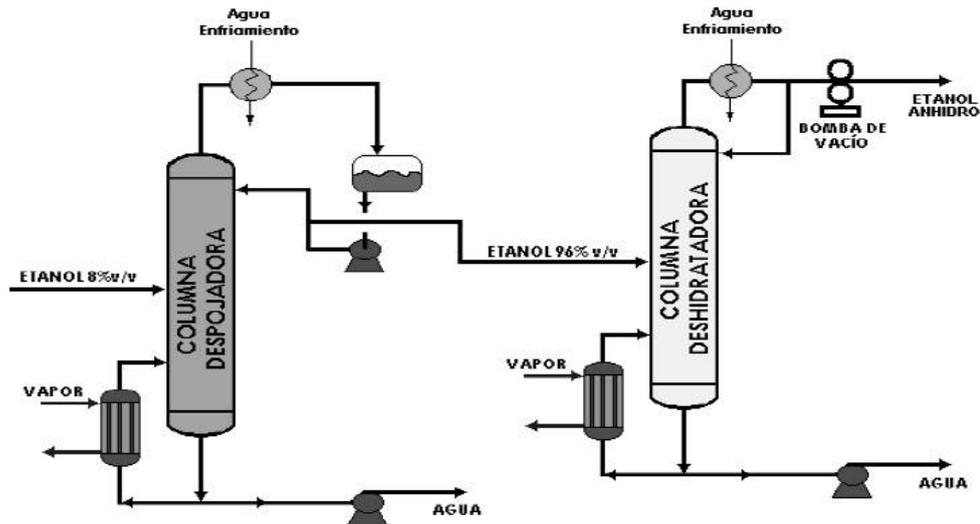
El área de ventas está capacitada para brindar soluciones a las diferentes necesidades existentes y proyectas a corto, mediano o largo plazo. Dando así el mejor equipo de bombeo o solución de mejoras de procesos para las aplicaciones en las industrias, junto a ello realiza un seguimiento de operación periódicamente a sus clientes y búsqueda de nuevas oportunidades en los diferentes sectores industriales. Debido a ello es en donde se encuentran con la etapa de ofrecer el servicio de mantenimiento, realizando una inspección y evaluación de piezas para reportar mediante un informe gráfico junto a la cotización el tipo de mantenimiento con todos lo trabajar a ejecutar.

Siendo la empresa SIHI PERU una de las pocas compañías nacionales en distribuir y dar soporte de las bombas de vacío de anillo líquido para diferentes aplicaciones presentan una gran ventaja que puede manejar diferentes gases, vapores y líquidos de trabajo junto a los diferentes materiales de construcción utilizados dependiendo al medio bombeado. Gracias a esto pueden bombear fluidos explosivos de los diversos procesos que son necesarios tener los protocolos de seguridad ante el manejo de estos vapores inflamables. (BUSH VACUUM SOLUTIONS, 2018)

Las bombas de vacío de anillo líquido, tienen mucha presencia en las diferentes industrias, principalmente en las químicas y alimentarias, como por ejemplo, en

las industrias químicas se aplican en los procesos de destilación del etanol al vacío (ver figura 1.4) que consiste en disminuir tanto la temperatura y la presión, en la columna deshidratadora mediante el uso de una bomba de vacío, a la cual se destila el etanol. Con ello se obtiene como resultado altas concentraciones de etanol para el uso de los aditivos de los combustibles como la gasolina.

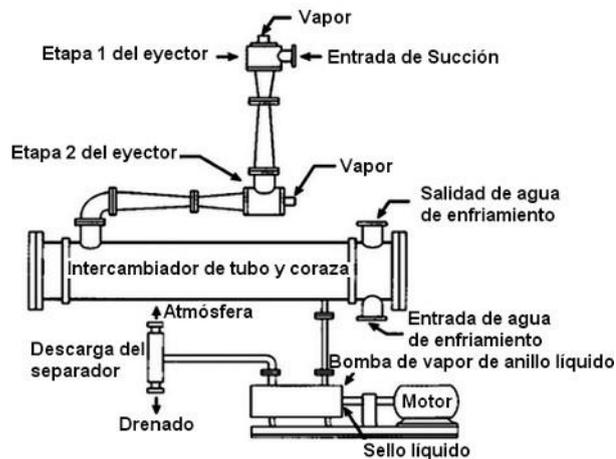
Figura 1.4. Sistema de Destilación a vacío del Etanol.



Fuente: Deshidratación del etanol. (UYUZAN, y otros, 2004)

Otra aplicación en las industrias alimentarias, en este caso en las azucareras, se encuentran con los sistemas de condensación tipo híbridos de carcasa y tubo, integrados a una bomba de vacío de anillo líquido. Esta bomba se debe de ubicar en la parte inferior del condensador para poder extraer los gases no condensables junto a pequeñas partículas de vapor de agua generadas en el proceso tal como se muestra en la figura 1.5 (WETZEL, 1996). Este sistema lo podemos ubicar en el proceso de cristalización de lotes por vacío en las azucareras.

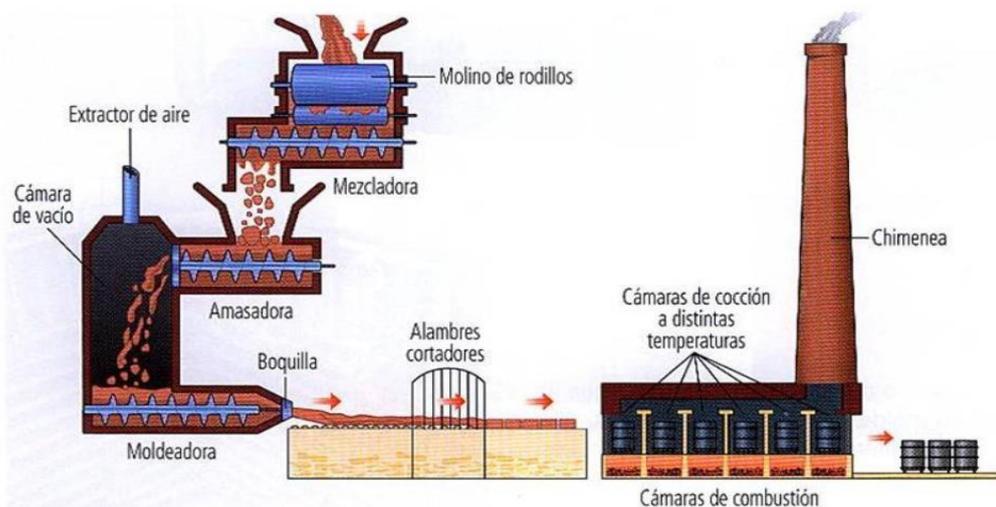
Figura 1.5. Sistema de condensación tipo híbrido de carcasa y tubo acoplado a una bomba de vacío de anillo líquido.



Fuente: Tubería adecuada para sistema de Vacío (Wetzel, 104-110, 1996)

También las podemos aplicar en las industrias de la arcilla y cerámicas, para la producción del ladrillo son muy importantes el uso de las bombas de vacío de anillo líquido ya que la arcilla se mejora con varios aditivos (ver proceso en la figura 1.6), se mezcla y se amasa en un extrusor de cavidad progresiva. La arcilla se distribuye en pequeñas partículas en una cámara de vacío; como consecuencia, se liberan sustancias gaseosas las cuales son extraídas por la bomba de vacío. Después, otro compactor tipo tornillo sinfín da forma a la arcilla y la empuja hacia afuera como un ladrillo terminado a través de un troquel de extrusión o moldeadora. El vacío que se requiere en estos casos es de 100 mbar.

Figura 1.6. Sistema de fabricación del ladrillo.



Fuente: <https://www.aulatecnologia.com/ESO/TERCERO/teoria/petres/materialesconstruccion.htm>

Otros lugares aplicativos en donde podemos encontrar estas bombas son en las industrias transformadoras de plásticos cuya materia prima son los termoplásticos y con esto pueden producir tuberías y accesorios para diferentes campos de uso. El proceso de extrusión de los plásticos moldeables, la materia prima en forma de gránulos se calienta y se fuerzan en moldes de forma deseada. Siguiendo este proceso, el perfil extruido pasa por el proceso de calibración, en constante enfriamiento con agua, es donde se utilizan las bombas de vacío de anillo líquido para eliminar mezclas de aire y agua garantizando que el perfil final coincida con la forma y dimensiones deseadas.

Los plásticos o termoplásticos lo alcanzamos a ubicar en diversas aplicaciones de los hogares e industrias en la actualidad, son versátiles, su fabricación es de una manera sencilla, se pueden reutilizar y sobre todo son económicos. La aplicación de las tuberías y accesorios de los termoplásticos, es cada día más común debido a que se pueden utilizar desde lo doméstico hasta lo industrial es así que lo podemos encontrar en las conexiones de tuberías para el agua del hogar, tendido de tuberías para las líneas de desagüe hasta en la minería para la conducción de los cableados o traslados de los relaves o lodos.

El agua resulta ser un recurso muy utilizado en abundancia de los procesos productivos, lo que conlleva consecuencias desde un punto de vista energético y económico. En la actualidad el agua sigue siendo un recurso escaso y el uso en las industrias representa un coste elevado con tendencia de alza por ello es fundamental una correcta gestión y un uso controlado. El mundo está siendo afectado por la contaminación ambiental existente las que ocasionan los cambios climáticos, presentando sus efectos de muchas maneras como las sequías causadas por las altas temperaturas, el derretimiento de los glaciares aumentando los océanos, disminución de seres marinos debido a la contaminación, entre otros (ONU, 2019). Se tiene como objetivo para el año 2030 mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, impulsando el desarrollos de programas de y actividades enfocadas en tecnología de reutilización del agua reciclada (ONU, 2019).

La mayoría de las cámaras de vacío de las extrusoras de producción de tuberías pertenecientes a las plantas de fabricaciones de tuberías termoplásticas desechan el agua que suministran a las bombas de vacío de anillo líquido. El agua suministrada es constantemente circulante durante la operación de la línea de producción, por este motivo esta agua es desechada mediante la conexión de descarga de la bomba al drenaje, regularmente por motivos de la contaminación ocasionadas por los agentes internos absorbidos de la cámara de vacío, o por el mismo producto que ingreso de un medio externo a uno interno generando paralelamente un perjuicio al medio ambiente debido a estos residuos líquidos contaminados.

Por lo tanto el problema en el contexto se puede relacionar con la siguiente pregunta ¿De qué manera podemos ahorrar el consumo del líquido de servicio, el agua, que usa para la funcionabilidad de la bomba de vacío de anillo líquido y a su vez evitar la contaminación al medio ambiente?.

1.1 OBJETIVOS.

1.1.1 Objetivos generales.

Implementar un ciclo recirculante de líquido de servicio del sistema de bomba de vacío para el ahorro de agua.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Objetivo específico 1
Minimizar costos por consumo de agua y energía.
- Objetivo específico 2
Mejorar las condiciones de operación eficiente de la bomba de vacío de anillo líquido LPHX 45316.
- Objetivo específico 3
Seleccionar los equipos del sistema de ciclo recirculante de líquido de servicio para el sistema de bombas de vacío.
- Objetivo específico 4
Atenuar la contaminación ambiental a través de la recirculación del agua.

1.2 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

1.2.1 Historia de la empresa

La compañía SIHI fue fundada en Alemania en 1920 como Siemen & Hinsch (SiHi) por Otto Siemen y Johannes Hinsch, quienes inventaron la primera bomba que podría bombear tanto líquidos y con presencia de gases denominadas bombas de canal lateral. Desarrollaron las bombas centrifugas multietapa, las bombas de vacío de anillo líquido, sistemas de acoplamiento magnético y mejorando la calidad y eficiencia de las bombas de líquidos y vacío. (FLOWSERVE, 2022)

En el año 1988, SIHI instaló una filial en Chile la cual denominó con la razón social de SIHI CHILE S.A. con capitales alemanas y chilenas con el objetivo de comercializar y distribuir una amplia gama de equipos de bombeo e instalaciones a fines. (SIHI CHILE, 2007)

La empresa Importadora Sihi Chile Ltda. Suc. Perú con nombre comercial SIHI PERÚ constituida el 01 de Agosto de 1995, siendo una sucursal con sede principal en Chile, quien por motivos de necesidad de mercados apertura una oficina comercial en Perú, representante del Grupo Stearling SIHI GmbH, uno de los más importantes fabricantes de bombas y plantas para procesos industriales, que cuenta con más de 20 centros de producción, desarrollo y distribución a nivel mundial siendo Alemania su principal centro de fabricación al igual que las fábricas en España, Holanda, Francia, Canadá y otras países importantes del sector industrial. (SIHI PERÚ, 2007)

La compañía Flowserve fundada en 1997 es una de las grandes empresas de fabricación de equipos de bombeo a nivel mundial adquirió parte de las acciones de SIHI en el año 2015 y así las bombas de líquido y de vacío SIHI continúan mejorando y fortaleciendo la posición de Flowserve como el proveedor líder mundial de bombas y sistemas para procesos químicos. (FLOWSERVE, 2022)

La empresa SIHI PERÚ se encarga de importar y suministrar equipos y sistemas a todos los rubros, desde lo doméstico, pequeña industria y gran industria, tales como: Minería, Pesca, Alimentos, Bebidas, Papeleras, Plásticos, Textil, Química,

Farmacéutica, Gráfica, Metalmecánica, Construcción, Tratamiento de Agua, Salud y demás sectores. (SIHI PERÚ, 2007)

1.2.2 Filosofía empresarial

MISIÓN

La compañía tiene como misión brindar sus productos de bombas y sistemas de bombeo a pequeñas, medianas y grandes industrias formando confianza por la calidad del producto y servicio, puntualidad en la entrega y una asesoría personalizada. (SIHI PERÚ, 2007)

VISIÓN

La empresa comercializadora e importadora de bombas y equipos de bombeo busca ser preferente en todos los rubros a nivel nacional a través de sus productos de alta tecnología y calidad, conjuntamente con un servicio personalizado y confiable. (SIHI PERÚ, 2007)

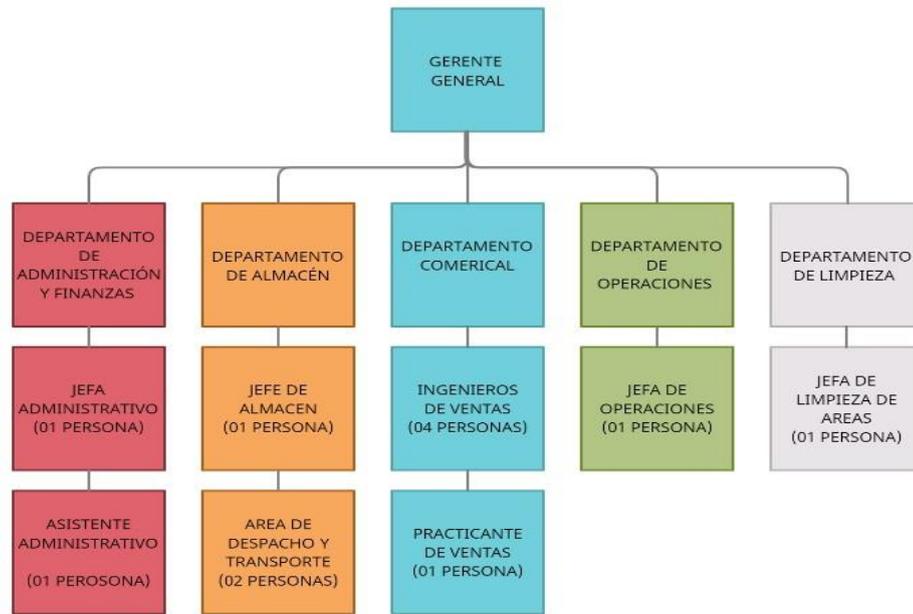
VALORES

Buscar cultivar confianza, calidad, honestidad, transparencia, excelencia y empatía, ofreciendo y distribuyendo los diferentes equipos de bombeo representados a todas las industrias locales. (SIHI PERÚ, 2007)

1.2.3 Organigrama

La empresa SIHI Perú se organiza de la siguiente manera:

Figura 1.7. Organigrama de la empresa SIHI Perú.



Fuente: Elaboración propia.

1.2.4 Descripción de las funciones

El autor de este trabajo de suficiencia pertenece al área de ventas, la cual se considera como una de las áreas más importantes en la empresa, debido a que son ellos los que generan el ingreso económico principal para los diferentes gastos de gestión y administrativos. Por ello se procede a describir las funciones que desempeña en la empresa como ingeniero de ventas:

- a) Búsqueda y selección de clientes potenciales por sectores industriales en relación a los productos de venta.
- b) Coordinar de visitas comerciales y técnicas a las áreas de producción, aplicación y comerciales.
- c) Investigar y estudiar de las aplicaciones técnicas empleadas por el cliente en sus procesos en donde se encuentran los productos representados
- d) Seleccionar equipos y productos de acuerdo a la necesidad del cliente, preparar las propuestas económicas con sustento técnico comercial.
- e) Solicitar a las fábricas las ofertas que sean necesarias.
- f) Solicitar aprobaciones de Gerencia General y soporte de Ingeniería con el fin de dar la mejor atención al cliente.
- g) Atender íntegramente al cliente durante la venta y post venta.

- h) Registrar documentación al Sistema de la empresa para las gestiones correspondientes de todas las áreas.
- i) Coordinar con Gerencia general y Jefa de Administración para la evaluación del riego del cliente.

1.2.5 Posicionamiento en el mercado

La empresa forma parte del grupo FLOWSERVE SIHI de las diferentes fábricas de producción:

- FLOWSERVE SIHI GERMANY GmbH (Sede Alemania)
- FLOWSERVE SIHI (Sedes en España, Francia, Colombia, Italia y China)
- FLOWSERVE CANADA CORP. (Sede Canadá)

Fabricando los siguientes productos:

- Bombas centrífugas: Horizontales, verticales, múltiple etapa para procesos con norma ISO/DIN, caudal variable, magnéticas, etc.
- Bombas de Vacío: De anillo líquido, tipo monoblock, eje libre o con acople magnético.
- Bombas Térmicas: Para sistema de calefacción que utilizan aceite térmico o líquidos calientes.
- Bombas de Canal Lateral: Para el manejo de gas licuado de petróleo (GLP), fluidos bifásico y CO2.
- Bombas autocebantes: Para la extracción de líquidos con presencia de sólidos y fibras.

Además, representa a otros fabricantes de equipos de bombeo para así tener mayor variedad de soluciones:

- ALLWEILLER: Bombas de Cavidad Progresiva.
- LUTZ: Bombas para trasvase.
- JESCO: Bombas dosificadoras.

- CSF: Bombas Sanitarias.
- DP-PUMPS: Bombas centrifugas multi-etapas verticales.
- DURCOMEX: Bombas centrifugas de proceso ANSI
- ZENIT: Bombas sumergibles para agua potable y aguas residuales.
- CSA: Válvulas de aire para agua potable y aguas residuales.

II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

2.1 Marco teórico

2.1.1 Antecedentes

- Antecedentes internacionales

Díaz Pineda (2017): "Evaluación de la operación del evaporador de múltiple efecto empleado en el procesamiento de tomates en la UEB Combinado Industrial "Héroes de Girón"". Trabajo de diploma para la obtención del título de Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas, Cuba. Este trabajo tiene como uno de sus objetivos determinar cuáles son los sistemas que afectan tanto económicamente como al medio ambiente ocasionado por el sobreconsumo del vapor empleando una metodología analítica determinando el desecho constante de agua suave que se usa en la bomba de vacío de anillo líquido cuando se pone en operación el evaporador de doble efecto con presiones de vacío las cuales son garantizadas por ese tipo bomba. La problemática que presenta y describe es, cuando se suministra agua desde la línea de distribución de la empresa hacia la bomba de vacío en plena operación, todo está agua suministrada no es recuperada y es desechada por el alcantarillado de la planta, resaltando que el agua tiene un preciado valor como recurso natural y genera grandes costos económicos para la industria. Con todo lo detallado, el autor de este trabajo propone un sistema de recuperación del 100% de agua suave, utilizada por la bomba de vacío, depositándolo en un tanque recolector que servirá como alimentación de los generadores de vapor, generando así la reutilización de estas aguas arrojadas al drenaje.

Cervantes Flores, Aldo (2017). "Análisis de las condiciones de operación de un condensador híbrido para la optimización de los gastos energéticos e hidráulicos en un proceso de cristalización por lotes de vacío". Trabajo profesional para conseguir el grado de Maestro en ciencias en Ingeniería Química. Instituto Tecnológico de Orizaba, México. El autor de este trabajo plantea como uno de sus metas disminuir costos tanto energéticos como de consumo hidráulico, evaluando datos y parametrizando la operación del condensador híbrido perteneciente al sistema de condensación del cristizador por lotes de vacío. La metodología con la que se elabora esta tesis es experimental mediante el diseño de experimentos. Se realizaron cálculos de los balances másicos y energéticos en cada uno de los componentes que conforman este sistema de condensación, siendo uno de ellos la bomba de vacío de anillo líquido determinando el caudal de líquido de enfriamiento necesario para condensar los vapores generados del proceso a una presión de vacío necesario y la recirculación del agua drenada por esta bomba para llevar a cabo el proceso de cristalización. Los resultados para este caso determino que el agua de servicio, para el funcionamiento de la bomba de vacío de anillo líquido, será suministrada por un tanque acumulador de agua donde se depositan los condensados y el agua de enfriamiento del proceso. Mediante una bomba centrífuga, esta agua del tanque de almacenamiento es bombeado hacia el tanque de agua de enfriamiento consiguiendo así un ciclo de recirculación entre los tanques acumulador y de enfriamiento, que también serán controlados por dispositivos de nivel junto a un control de una bomba hidráulica para lograr automatizar el sistema de abastecimiento de agua al proceso. Gracias a estos resultados obtenidos, el autor de esta tesis analiza que los valores resultantes han generado varios aspectos positivos, como tener una mejor presión de vacío de 24.22 inHg, con medidas iniciales de 23.78 inHg. Por estos motivos, se dieron como una de las conclusiones se ha logrado un mejor rendimiento del condensador híbrido reduciendo gastos redundantes de consumo de agua.

Ayala Duarte, Ramírez Triana y Rincón Ovalle (2022): "Sistema de recirculación de agua para la bomba de vacío de un esterilizador por vapor". Tesis de titulación

para optar el título profesional de Ingeniero Biomédica. Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia. Buscan diseñar un sistema para la reutilización del agua que usa una bomba de vacío disminuyendo el consumo de éste implementando una metodología práctica de un sistema de enfriamiento de recirculación del agua de purga logrando así un ahorro del 45.45% del consumo inicial, y también se logra reducir la temperatura del agua de descarga en 2°C menos referente a la temperatura ambiente del lugar cumpliendo así con las condiciones mínimas para que el agua ingrese otra vez a la bomba de vacío de la esterilizadora. Con todos los resultados positivos descritos de esta implementación los autores señalan que se han generado un constante ahorro del agua que requiere la bomba de vacío del sistema de esterilización de una manera continua.

Por otra parte, Mayorga Ovalle (2022): “Análisis de sonido de una autoclave”. Proyecto de grado para obtener el título de Ingeniero Electrónico. Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia. Señala que el existe un problema frecuente de los ruidos emitidos por las bombas de vacío de anillo líquido usado en las instalaciones de autoclaves, para los procesos de esterilización en los centros hospitalarios y clínicos, debido a que las bombas de vacío frecuentemente de forma indeseable suelen operar sin agua cuando en las instalaciones existen cortes o desabastecimiento de agua, esto generan fallas en este tipo de bomba ocasionando paralización de la autoclave hasta que la bomba pase por mantenimiento adecuado. Se planteó un objetivo del estado de operación de la bomba de vacío con ayuda de las señales sonoras, utilizando así una metodología experimental de captación de sonidos mediante micrófonos y sistema computacional en un lugar donde pusieron en funcionamiento la bomba de vacío con agua y sin agua. Concluyendo que es posible determinar si la bomba de vacío tiene agua o no por la frecuencia del sonido generado.

Por este motivo, de acuerdo a los análisis realizados por el autor del proyecto, siendo el trabajo de la autoclave un proceso delicado e importante para la desinfección de los implementos de los trabajadores y pacientes de las instituciones de salud, no se analizó el caso con la bomba de vacío en funcionamiento con exceso de agua que también es un estado de operación

indeseable, lo recomendado por el fabricante, puesto que este recomienda que el suministro de agua sea hasta niveles del eje de la bomba para su funcionamiento, lo que significa que la bomba de vacío no debe trabajar sin agua o tampoco con exceso de agua, es decir, debe situarse en un estado intermedio de operación entre ambos extremos. Si se busca que las bombas de vacío de anillo líquido funcionen sin inconvenientes por la falta de agua, nos podemos preguntar ¿Por qué esperar a que el sistema de vacío emita sonidos para saber que la bomba de vacío funciona sin agua, pudiendo implementar un sistema de recirculación de agua garantizando un correcto funcionamiento y evitando paradas inesperadas de la bomba en caso existan cortes o desabastecimiento de agua en los edificios o sectores?

- Antecedentes nacionales

Zapana Mamani (2019): “Adecuamiento y optimización del consumo de Zinc en la etapa de Merrill Crowe de la Unidad Minera Arasi- Puno”. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero metalurgista. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

En este trabajo el autor propone un desarrollo de mejora para la producción aurífera con la dosificación ajustable de zinc junto a la infusión de acetato de plomo consumido en la torre de Merrill Crowe, etapa en la cual se recuperan de elementos preciados, como el oro a un alto porcentaje de concentración, empleando en unas de sus etapas el proceso de Desoxigenación, con uso indispensable de una bomba de vacío de anillo líquido para eliminar la mayor cantidad de oxígeno presente en la solución rica que se genera en el proceso de agitación, para así disminuir la cantidad del consumo del zinc. En este proceso de desoxigenación, la bomba de vacío requiere de una alimentación constante de líquido de servicio, proveniente de una tanque de alimentación conectado al suministro de agua de la planta; en el proceso, el funcionamiento de la bomba de vacío expulsa hacia el ambiente los gases y líquidos contaminados por los reactivos usados. En relación a esto, surge también una problemática social por el entorno ambiental, afectando a la producción de la minera. Por estos motivos, el autor busca la disminución del uso de reactivos.

Por esta razón, define como objetivo principal la demostración de mejorar la producción optimizando al consumo adecuado del polvo de zinc en la etapa de Merrill Crowe. La metodología empleada en este trabajo está dado mediante metodología experimental determinando las variables y los parámetros, realizando pruebas experimentales, determinando un control de pruebas y proponiendo la disposición del equipamiento.

Uno de los aspectos importantes, son las consideraciones del cálculo realizado para la selección de una bomba de vacío de anillo líquido, en donde indica que por motivos de los cambios de temperatura del agua de servicio se pierde la capacidad de absorción del 30% llevando esto a elegir una bomba de vacío de mayor capacidad de absorción. Analizando este punto, se está generando un consumo mayor de líquido de servicio y de energía a causa de elegir una bomba más grande, además a ello resaltar que un equipo de vacío sobredimensionado pueden producir deterioros de los componentes internos de la bomba ocasionado por la cavitación. En el proceso de Desoxigenación, la bomba de vacío tiene que generar una extracción de oxígeno de las soluciones menores a 2 ppm de oxígeno, debido a que en este rango el consumo del polvo de zinc se reduce significativamente en el proceso de Precipitación, que es el proceso continuo al primero mencionado.

Entre las conclusiones menciona que, se logra la optimización de un control eficiente de los parámetros como la concentración del oxígeno sea menor de 2 ppm en la solución y otros parámetros adicionales; además se mejora la calidad del precipitado logrando alcanzar el 99% de valores del oro y la plata.

2.1.2 Bases teóricas

- Vacío

La definición de vacío está relacionada a la ausencia de gases en un espacio dado en donde la presión es menor a la presión atmosférica.

- Bombas de vacío

Una bomba de vacío es un tipo de bomba que extrae gases de desde un recipiente, circuitos de tuberías o procesos desde una conexión de ingreso y transfiriéndolo mediante la conexión de salida, generando un vacío parcial.

- Clasificación de las bombas de vacío

Las bombas de vacío de transferencia se gas, según Bannwarth (2005) de clasifican de la siguiente manera:

- Bombas de vacío de desplazamiento positivo

En la categoría de las bombas de desplazamiento positivo tenemos las bombas de vacío de desplazamiento oscilante (Bomba de vacío de Diafragma y Bomba de vacío de Pistón) y las bombas de vacío de desplazamiento rotatorio:

- Bomba de vacío de anillo líquido

La bomba de vacío de anillo líquido tiene una construcción robusta y simple, encontrándolas de acuerdo a la capacidad en una o doble etapa, todas ellas están conformadas con las siguientes piezas:

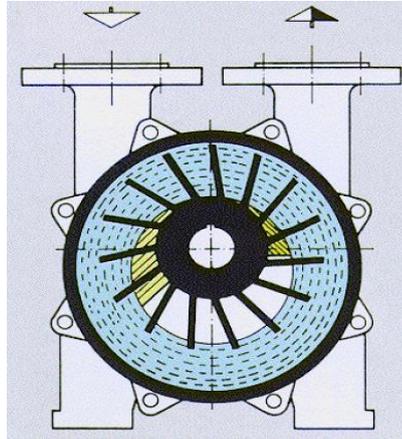
- Impulsor (01 impulsor para una etapa, mientras que para doble etapa se requiere de 02 impulsores)
- Eje
- Carcasa
- Disco de Distribución o placa intermedia
- El tipo de sellado pueden ser mediante sellos mecánicos o prensa estopas.

Esta bomba de vacío es una maquina en donde los impulsores son instalados de manera excéntrica con la carcasa, y entrega energía al líquido de servicio distribuyéndolo hacia las paredes de la carcasa formando así el anillo de líquido concéntrico a este mismo, consiguiendo generan cámaras de volumen variable junto a las aletas del rotor como se observa en la figura 2.1.

Las capacidades de absorción de gases están en el rango desde 5 m³/h hasta 10000 m³/h. El vacío generado utilizando agua como líquido de servicio llega

hasta una presión de 33 mbar absolutos, mientras que si utilizamos aceite como liquido de servicio se puede llegar hasta una presión final de 10 mbar absolutos.

Figura 2.1 Bomba de vacío de anillo líquido

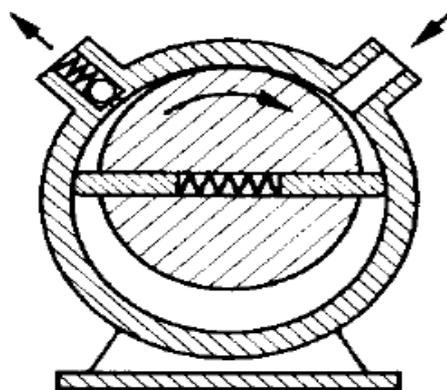


Fuente: Tecnología del Vacío de Sterarling SIHI

- Bomba de vacío de paletas deslizantes

Es una bomba de vacío de desplazamiento rotatoria en donde un rotor excéntrico a la carcasa se desliza tangencialmente por el interior como se puede observar en la figura 2.2. Compuesta por dos o más válvulas tipo compuerta, posicionadas por regla general de manera radial en las ranuras del rotor, que se deslizan por todo el interior de la carcasa formando en el interior de la bomba secciones de volumen variable. Los caudales de absorción van desde 1 m³/h hasta 1000 m³/h dando presiones de hasta 0.0001 mbar absolutos.

Figura 2.2. Bomba de vacío de Paletas deslizantes

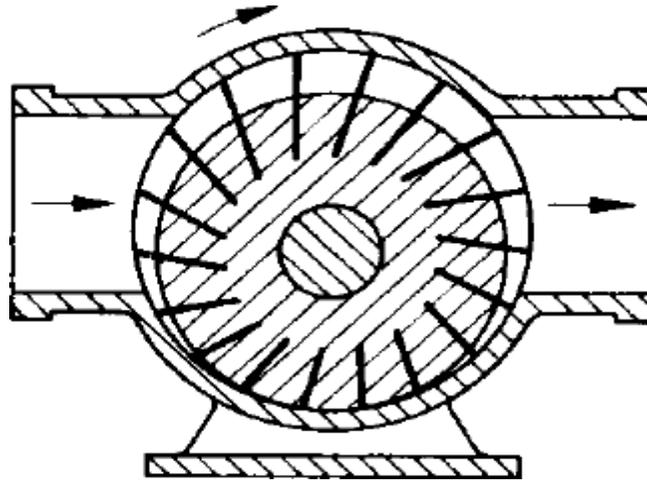


Fuente: Liquid Ring Vacuum pumps, compressors and systems (BANNWARTH, 2005)

- Bomba de vacío multicelular

Es un tipo de bomba de vacío de paletas deslizantes con más de 03 álabes deslizante. Ver figura 2.3. Estas bombas tienen capacidades de absorción desde los 100 m³/h hasta los 9000 m³/h llegando hasta presiones de 10 mbar absolutos.

Figura 2.3 Bomba de vacío Multicelular.

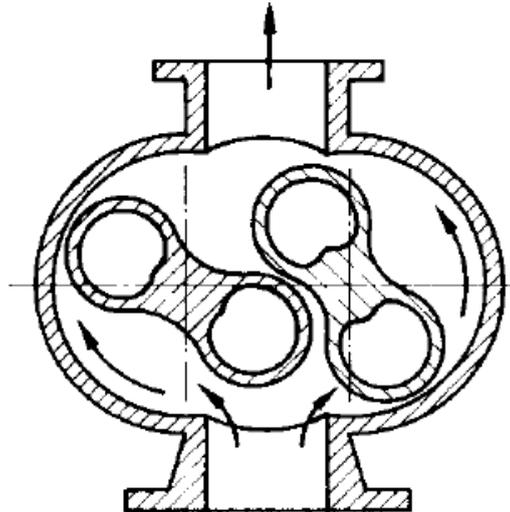


Fuente: Liquid Ring Vacuum pumps, compressors and systems (BANNWARTH, 2005)

- Bomba de vacío roots

La bomba de vacío de raíz son bombas de vacío seco de desplazamiento rotativo que está conformada por dos impulsores en forma lobular (forma de ocho) de mismas dimensiones rotan en sentido contrario sin tener contacto alguno dentro de la carcasa de la bomba, tal cual se representa en la figura 2.4 Ambos impulsores están totalmente sincronizados ya que al momento del funcionamiento de distancias de una mínima holgura. Su aplicación tiene una amplia gamma en procesos que requieren evacuar el aire bombeando a grandes velocidades. Las capacidades de absorción desde los 110 m³/h hasta 100000 m³/h llegando a presiones de vacío de 0.00007 mbar absolutos.

Figura 2.4. Bomba de vacío ROOTS

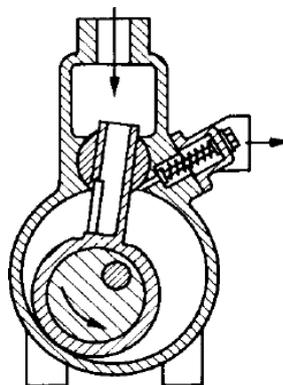


Fuente: Liquid Ring Vacuum pumps, compressors and systems (BANNWARTH, 2005)

- Bomba de vacío de embolo rotativo

La bomba de vacío de embolo o pistón rotativo (figura 2.5) tiene como característica general el uso de un pistón que se desplaza de manera excéntrica de la superficie interna de la carcasa. Presenta una conexión de válvula tipo compuerta que está directamente conectado con el rotor la cual divide en dos secciones de volumen variable al espacio interno de la carcasa. Estas bombas tienen como caudales de absorción de gases en un rango que va desde los 50 m³/h hasta los 1200 m³/h llegando a presiones de 0.0001 mbar absoluto.

Figura 2.5 Bomba de vacío de embolo rotativo.

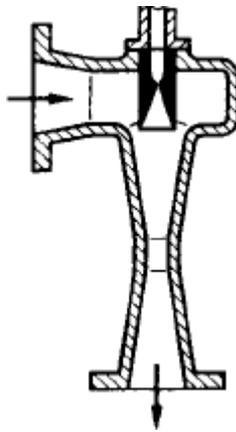


Fuente: Liquid Ring Vacuum pumps, compressors and systems (BANNWARTH, 2005)

- Bomba de vacío de chorro de líquido

Las bombas de vacío de chorro líquido utiliza al agua como fluido motriz para así generar el vacío aprovechando la caída de presión del efecto Venturi, el gas el arrastrado hasta el puerto de salida por un chorro de agua de alta velocidad. Tiene una construcción sencilla (Figura 2.6), esto lo hace ser una bomba económica. La presión de vacío máxima que pueden generar estas bombas es de 8 mbar absolutos.

Figura 2.6. Bomba de vacío de chorro líquido.



Fuente: Liquid Ring Vacuum pumps, compressors and systems (BANNWARTH, 2005)

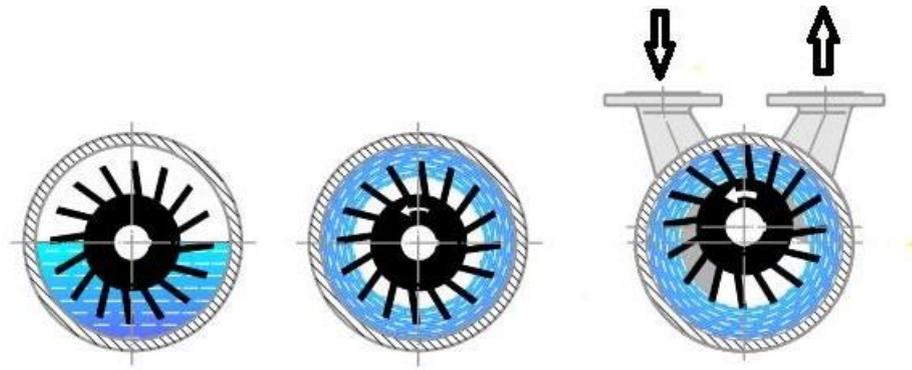
- Principio de funcionamiento de la bomba de vacío de anillo líquido.

Las bombas de vacío de anillo líquido está compuesta por un eje, carcasa, impulsor excéntrico a la carcasa, sello mecánico o prensa estopa, disco guía o placa intermedias y rodamientos.

Para poder iniciar el funcionamiento de las bombas de vacío, se requiere de un líquido de servicio por lo general a nivel del centro del eje de la bomba a una temperatura recomendada entre 15°C y 20°C. Luego de haber verificado estas condiciones, se da inicio a la función de giro del impulsor o rodete con paletas curvas, que está dispuesto en forma excéntrica a la carcasa, formando un anillo líquido concéntrico a la carcasa como se muestra en la figura 2.7. De esta manera se obtiene un sello en dirección radial en torno al rodete. Por la

disposición excéntrica del rodete se logra que en un giro de 180° el líquido escape, semejante a un pistón, de las celdas formadas por las paletas, y en el giro restante ingrese nuevamente a ellas, vale decir, se obtiene el efecto de un desplazamiento positivo.

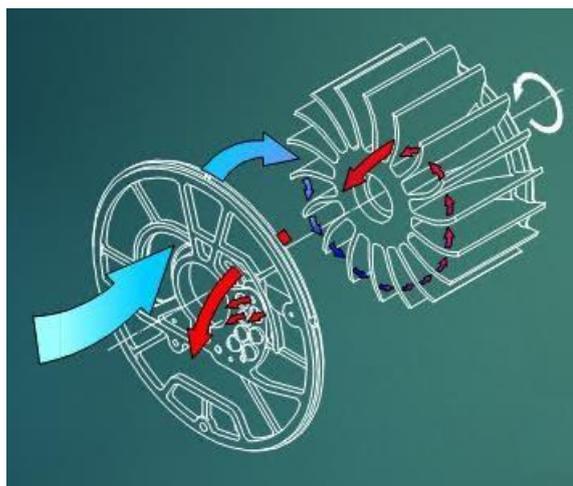
Figura 2.7. Anillo líquido formado interno en la bomba.



Fuente: Elaboración Propia

En la sección interna de la bomba (observado de izquierda a derecha) se visualizan las celdas crecientes, que es el ingreso por donde es aspirado los gases o mezcla de gas-vapor bombeados, en donde se comprimen estos fluidos que son impulsados por el impelente pasando por los orificios de las celdas crecientes hacia la descarga según se ilustra en la figura 2.8.

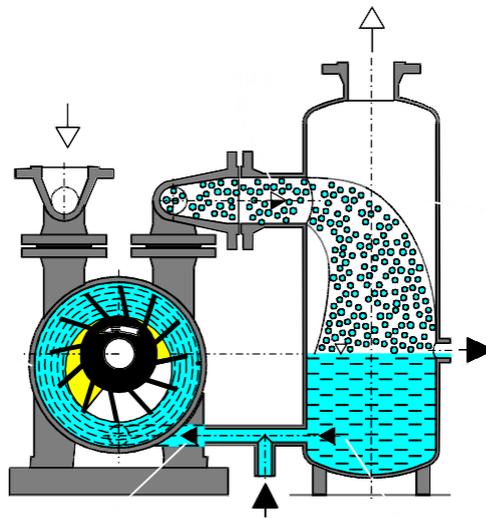
Figura 2.8. Paso de los gases en el interior de una bomba de vacío de una etapa.



Fuente: Liquid Ring Vacuum Pumps & Compressors Technical Details & Fields of Applications.
(STERLING FLUID SYSTEMS GROUP, 2002)

El anillo líquido debe ser realimentado en forma permanente (instalación recomendada según figura 2.9), debido a que una pequeña parte del líquido es impulsado con el fluido hacia el exterior de la bomba, esta formación del anillo líquido sirve para evacuar el calor generado en la compresión de los gases (o mezclas de gas-vapor), por lo que deben ser renovados. A demás, el anillo líquido cumplen con funciones de sellado evitando las fugas de los gases, remover el calor de fricción, enfriar y lubricar los componentes internos como prensa estopas y las caras de los sellos mecánicos.

Figura 2.9. Instalación de bomba de vacío con tanque separador.

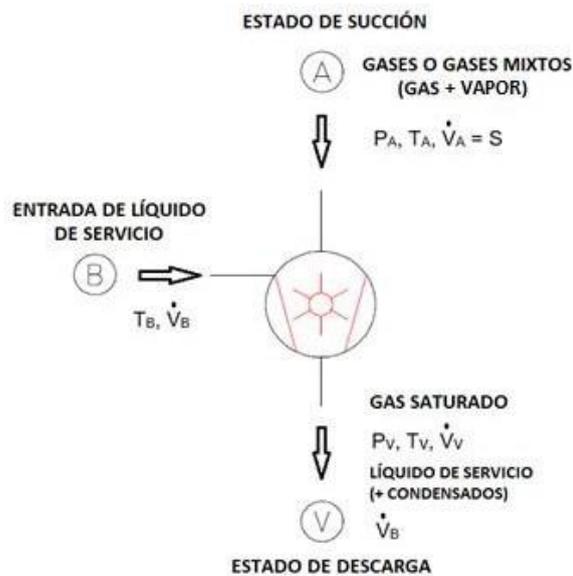


Fuente: Liquid Ring Vacuum Pumps & Compressors Technical Details & Fields of Applications.
(STERLING FLUID SYSTEMS GROUP, 2002)

- Bombeo de gases secos

Los estados de la bomba de vacío de anillo líquido detallados en la figura 2.10 son muy útiles como base para las siguientes descripciones.

Figura 2.10 Estados de la bomba de vacío



Fuente: Fuente: Liquid Ring Vacuum Pumps & Compressors Technical Details & Fields of Applications. (STERLING FLUID SYSTEMS GROUP, 2002)

Las condiciones ideales para utilizar las bombas de vacío de anillo líquido son teniendo para el medio bombeado al aire seco y al agua como líquido de servicio. Estas condiciones son esenciales para las pruebas de aceptación de las bombas. Por estos motivos, los catálogos y fichas técnicas de las bombas de vacío de anillo líquido mencionan al caudal volumétrico de entrada para aire seco y saturado de vapor de agua de $T_A = 20^\circ\text{C}$, para una temperatura de agua de servicio con $T_B = 15^\circ\text{C}$ y una compresión a la presión atmosférica $P_V = 1.013 \text{ bar}$. Si estas condiciones ideales se cumplen, se puede seleccionar directamente desde las curvas de los catálogos de las bombas de vacío de anillo líquido, debido a que la mayoría de fabricantes utilizan estas condiciones para determinar las curvas de funcionamiento de las bombas.

En otros casos será necesario realizar cálculos del caudal volumétrico de entrada de la bomba de vacío de anillo líquido:

$$S = S_L * \lambda_I * \lambda_{III}$$

Donde:

S = Flujo volumétrico de absorción corregido.

S_L = Flujo volumétrico según catálogo

λ_L = Influencia de la temperatura del líquido de servicio.

λ_{III} = Temperatura del gas que se bombea

- Influencia del líquido de servicio.

La composición de la mezcla interna que existe en la bomba de vacío se rige bajo la Ley de Dalton, que se aplica a las mezclas de gases ideales. La Ley de Dalton indica:

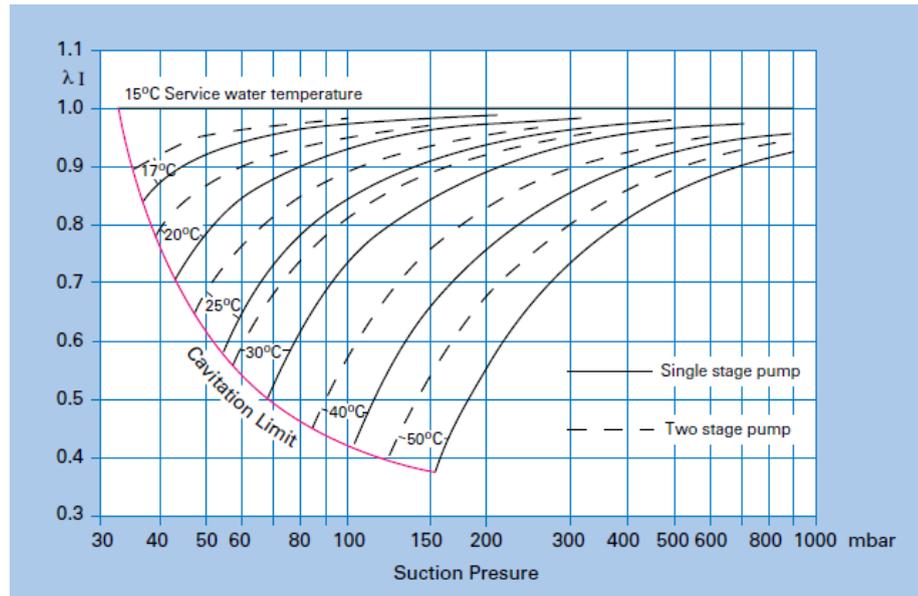
“Cada componente de la mezcla de gases ocupa el volumen total disponible para la mezcla como si los otros componentes de la mezcla no existieran”

En consecuencia, una parte del volumen de las celdas del impulsor hasta el estado de saturación se llena con el líquido de servicio que se evapora. Este componente no puede desempeñar ningún rol en el bombeo del gas.

Cuando se tienen altas temperaturas del líquido de servicio, ocasionan a que el caudal volumétrico de entrada se reduzca debido a que se forma una presión mayor en el interior de la bomba de vacío.

El factor de influencia de la temperatura del líquido de servicio que influye en el caudal volumétrico, tanto para la bomba de vacío de anillo líquido de una etapa y doble etapa, se extrae de la figura 2.11, para la determinación de las curvas se considera al agua como líquido de servicio.

Figura 2.11. Factor de influencia λ_L de bomba de vacío de anillo líquido de una etapa y doble etapa



Fuente: Fuente: Liquid Ring Vacuum Pumps & Compressors Technical Details & Fields of Applications. (STERLING FLUID SYSTEMS GROUP, 2002)

Las curvas has sido determinadas bajo las siguientes ecuaciones empíricas:

- Bombas de vacío de una etapa

$$\lambda_{1,1} = \frac{P_A^* (0.27 \cdot \ln P_A - 0.0703) - 1.05 P_{D,B}}{P_A^* (0.27 \cdot \ln P_A - 0.0703) - 1.05 \cdot 17.04}$$

- Bombas de vacío de doble etapa

$$\lambda_{1,2} = \frac{P_A^* (0.35 \cdot \ln P_A - 0.1) - P_{D,B}}{P_A^* (0.35 \cdot \ln P_A - 0.1) - 17.04}$$

Donde:

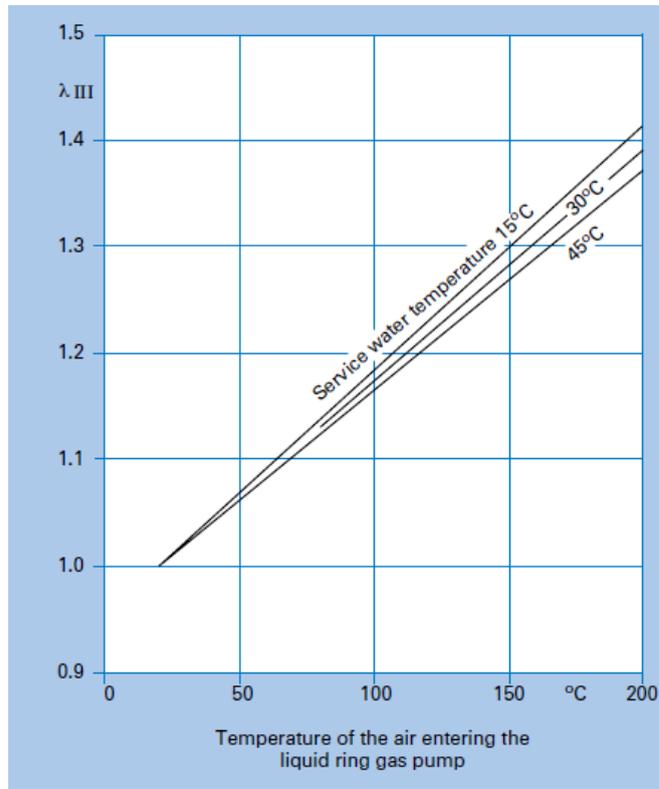
P_A = Presión en el estado de succión.

$P_{D,B}$ = Presión de vapor del líquido de servicio

- Influencia de la temperatura del medio bombeado

Este efecto se tiene en consideración para cuando la temperatura de los gases es distinta a 20°C, el factor de influencia λ_{III} va a determinar el caudal volumétrico de entrada real a partir de la gráfica que se muestra en la figura 2.12. La grafica muestra el efecto sobre el caudal volumétrico de bombear aire seco a diferentes temperaturas, como también a diferentes temperaturas de servicio.

Figura 2.12. Factor de Influencia λ_{III}



Fuente: Fuente: Liquid Ring Vacuum Pumps & Compressors Technical Details & Fields of Applications. (STERLING FLUID SYSTEMS GROUP, 2002)

Las curvas han sido determinadas bajo la siguiente ecuación empírica:

$$\lambda_{III} = 1 + \frac{0.66 * (T_A - 20)}{T_B + 273}$$

Donde:

T_A = Temperatura en el estado de succión. (°C)

T_B = Temperatura del agua de servicio. (°C)

- Propiedades de los líquidos de servicio

El líquido de servicio para las bombas de vacío de anillo líquido que tiene mayor frecuencia a emplearse en las industrias es el agua. Existen otros fluidos que se utilizan en relación a la compatibilidad de los procesos. En todas las aplicaciones hay que tener en consideración las propiedades del líquido de servicio que actúa como sellante, puesto que pueden afectar al rendimiento de la bomba de vacío.

Se deben considerar algunas de estas propiedades para los sellantes:

- Densidad
- Gravedad específica
- Viscosidad
- Presiones de Vapor
- Calor específico

Además, se debe evaluar el tipo de sistema de instalación que se optará ya sea con recirculación parcial o total, puesto que hay condiciones de la contaminación del líquido que pueden afectar a la vida de servicio de la bomba.

En la actualidad, hay muchas industrias que para sus procesos no cuentan con agua potable o tratada, por estos motivos utilizan un agua dura lo que nos llevan a seleccionar diferentes materiales de construcción para evitar el desgaste o deterioro de las partes de la bomba de vacío.

- Cantidad del líquido de servicio

La cantidad del líquido de servicio requerido para la bomba de vacío de anillo líquido para un servicio óptimo se incrementa en relación a la disminución de la presión de succión. La bomba de vacío posee una resistencia hidráulica casi constante, motivo por el cual el aumento del caudal de líquido de servicio está asociado a un aumento de la presión diferencial. En los catálogos se indican los flujos volumétricos de agua como líquido de servicio en relación a la presión de succión.

Dado que el constante contacto entre el líquido de servicio y el gas bombeado proporciona una buena transferencia de calor, la bomba de vacío de anillo líquido garantiza una de sus ventajas importantes que es la compresión isotérmica.

La potencia de accionamiento absorbida pasa como calor de compresión al líquido de servicio

$$\dot{Q}_{\text{comp}} = P * 3600$$

Donde:

$$Q_{\text{comp}} = \text{Flujo de calor de Compresión} \quad \left(\frac{\text{kJ}}{\text{h}}\right)$$

$$P = \text{Potencia de accionamiento Absorbida} \quad (\text{kW})$$

Cuando se aspira al vapor, el líquido de servicio también absorbe en calor de compresión correspondiente.

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = \dot{m}_k * r$$

Donde:

$$Q_{\text{cond}} = \text{Flujo de calor de condensación} \quad \left(\frac{\text{kJ}}{\text{h}}\right)$$

$$\dot{m}_k = \text{Flujo másico de vapor de condensación} \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)$$

$$r = \text{Calor de evaporación} \quad \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$$

Cuando se bombean gases o vapores con altas temperaturas, es importante tener en consideración la refrigeración de la temperatura del líquido de servicio.

$$\dot{Q}_{\text{frío}} = \dot{m}_A * C_P * (T_A - T_V)$$

Donde:

$$Q_{\text{frío}} = \text{Flujo de calor de refrigeración} \quad \left(\frac{\text{kJ}}{\text{h}}\right)$$

$$\dot{m}_A = \text{Flujo másico de gas aspirado} \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)$$

$$C_P = \text{Calor específico del gas} \quad \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}\right)$$

$$T_A = \text{Temperatura del gas aspirado} \quad (^\circ\text{C})$$

$$T_V = \text{Temperatura de salida del líquido de servicio} \quad (^\circ\text{C})$$

El calor del caudal de refrigeración generalmente puede ignorarse en los cálculos.

Si el gas aspirado está más frío que el líquido de servicio, $\dot{Q}_{\text{frío}}$ se vuelve negativo, es decir, se extrae calor del líquido de servicio. La situación es similar si se absorbe gas seco y se satura con el líquido de servicio, \dot{Q}_{cond} es entonces negativo. El equilibrio térmico de la bomba de vacío de anillo líquido es dado por la siguiente igualdad:

$$\dot{Q}_{\text{ingreso}} = \dot{Q}_{\text{comp}} + \dot{Q}_{\text{cond}} + \dot{Q}_{\text{frío}}$$

El flujo de calor \dot{Q}_{ingreso} se libera cuando el medio bombeado es aspirado y comprimido y debe ser descargado a través del líquido de servicio \dot{Q}_{salida} .

$$\dot{Q}_{\text{salida}} = \dot{Q}_{\text{ingreso}}$$

$$\dot{Q}_{\text{salida}} = \dot{m}_B * c_{PB} * (T_V - T_B)$$

Donde:

T_B = Temperatura de ingreso del líquido de servicio (°C)

T_V = Temperatura de salida del líquido de servicio (°C)

\dot{m}_B = Flujo másico de líquido de servicio $\left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)$

c_{PB} = Calor específico del líquido de servicio $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}\right)$

El líquido de servicio suele ingresar a la bomba bajo presión de descarga. A medida que la presión de absorción disminuye, el caudal del líquido de servicio aumenta, ya que la bomba de vacío posee una resistencia hidráulica casi constante.

Si se conoce el caudal del líquido de servicio que ingresa a través de la bomba de vacío, se puede calcular la temperatura del líquido de servicio a la salida. El medio que se bombea sale de la bomba a la misma temperatura. En las fichas técnicas de las bombas de vacío de anillo líquido, sean de una o doble etapa, se especifican los caudales para el agua como líquido de servicio en relación a la presión de absorción.

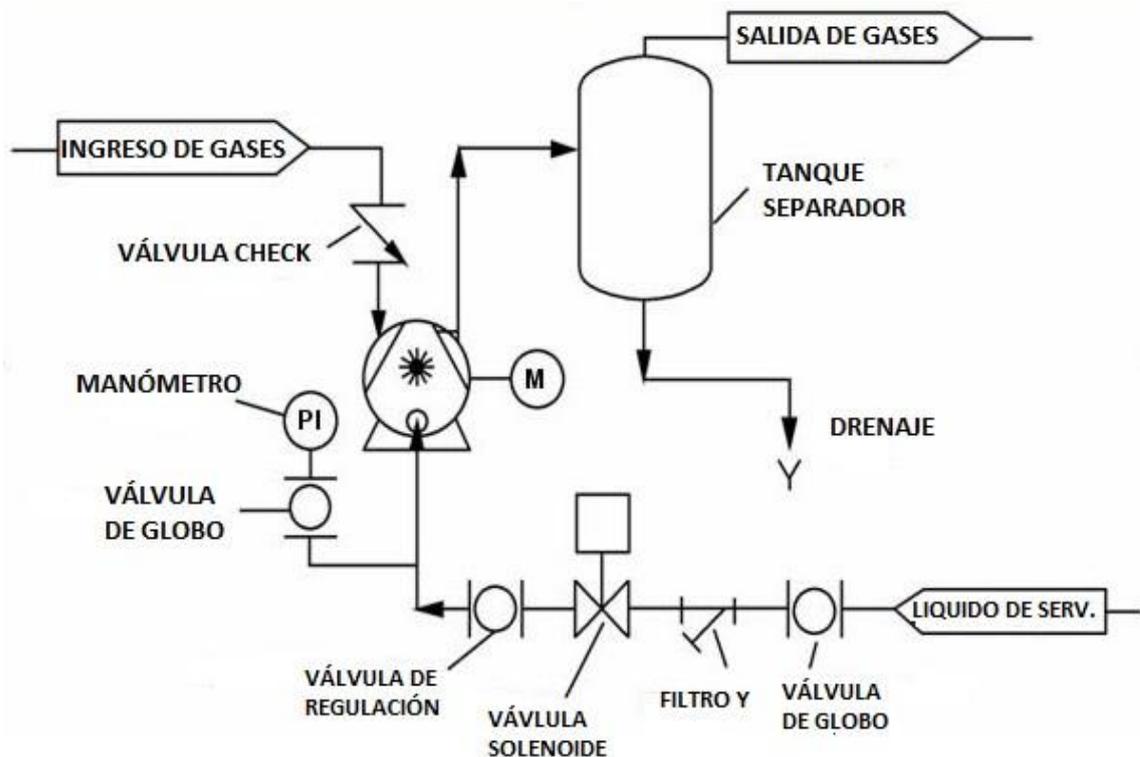
- Tipos de instalación de bombas de vacío de anillo líquido.

Las bombas de vacío de anillo líquido ofrecen varias opciones para el manejo del líquido de servicio:

- Sistema de instalación simple de bombas de vacío de anillo líquido.

Este sistema es el más simple de todos pero el más costoso de todos, donde el líquido de servicio pasa solamente una vez por la bomba y es desechada al drenaje. En la siguiente figura 2.13, se representa la instalación completa del sistema abierto sin recirculación del líquido, los componentes del esquema pueden disminuir en relación a las capacidades de las bombas de vacío, como por ejemplo, las bombas de pequeñas capacidades no requieren de la conexión a la salida de un tanque separador, sino esta conexión va directo al drenaje.

Figura 2.13. Instalación simple para bomba de vacío.

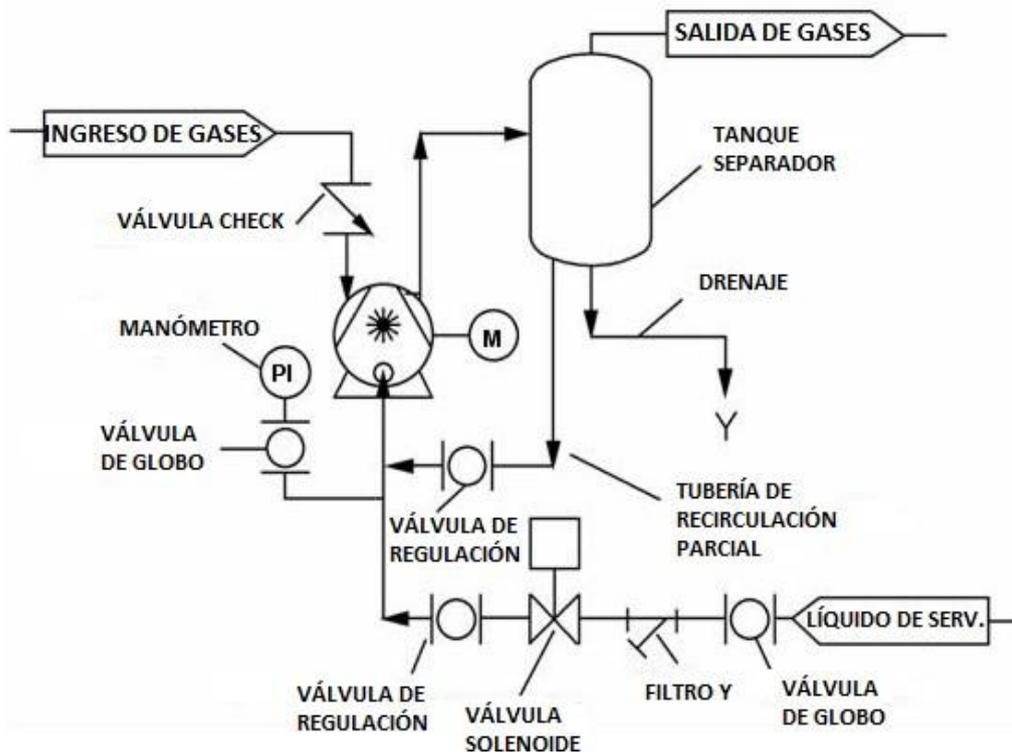


Fuente: Fuente: Liquid Ring Vacuum Pumps & Compressors Technical Details & Fields of Applications. (STERLING FLUID SYSTEMS GROUP, 2002)

- Sistema de instalación con recirculación parcial de líquido de servicio.

En este sistema (figura 2.14) parte del líquido de servicio extraído de los gases en el separador es retornado y mezclado con agua de suministro principal antes del ingreso a la bomba.

Figura 2.14 Instalación con recirculación parcial de líquido de servicio.



Fuente: Fuente: Liquid Ring Vacuum Pumps & Compressors Technical Details & Fields of Applications. (STERLING FLUID SYSTEMS GROUP, 2002)

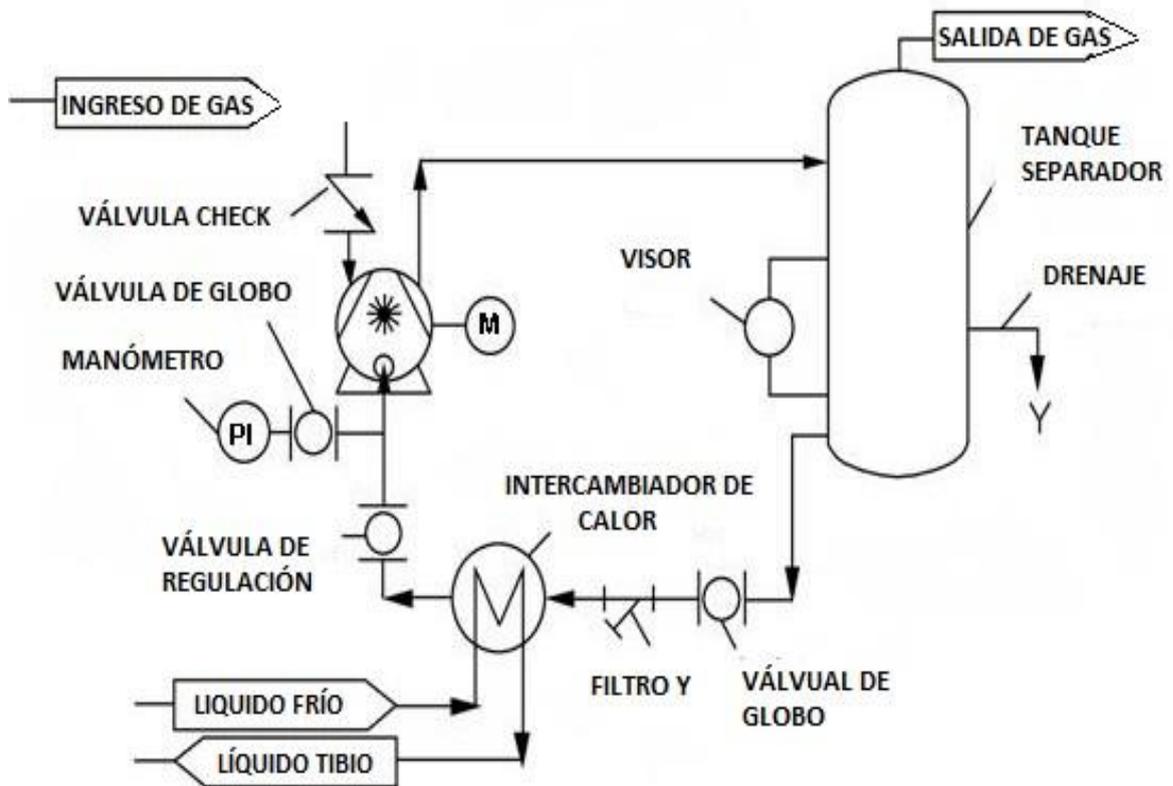
La temperatura del líquido de servicio que ingresa a la bomba es una mezcla entre las temperaturas del líquido acumulado en el tanque separador con el líquido de suministro principal. El exceso del líquido se va directo al drenaje mediante unas conexión de rebose del nivel de líquido en el tanque separador.

- Sistema de instalación con recirculación total del líquido de servicio.

En este sistema el líquido de servicio es recirculado continuamente en un circuito cerrado según se detallada en la figura 2.15. El líquido de servicio después de pasar por la bomba de vacío se acumula en el tanque separador en proporciones, de modo que el líquido de servicio acumulado cuya temperatura

se ha elevado, seguidamente pase por un intercambiador de calor para proceder a enfriarlo, para que así pueda volver a la bomba de vacío y se mantengan las óptimas condiciones de operación para llegar y mantener una presión de vacío constante.

Figura 2.15. Instalación con recirculación total del líquido de servicio.



Fuente: Liquid Ring Vacuum Pumps & Compressors Technical Details & Fields of Applications.
(STERLING FLUID SYSTEMS GROUP, 2002)

- Aplicaciones

Las bombas de vacío de anillo líquido son comúnmente muy utilizadas para la extracción de gases y vapores de recipientes cerrados o cámaras de vacío, presentes en el moldeado de plásticos y cauchos, entre otros procesos más.

En la siguiente tabla 2.1 podemos encontrar e identificar las diferentes aplicaciones en donde podemos localizar al menos una bomba de vacío de anillo líquido en funcionamiento:

Tabla 2.1. Aplicaciones de la bomba de vacío de anillo líquido

APLICACIONES DE LA BOMBA DE VACÍO DE ANILLO LÍQUIDO	
Industria Plástica	<ul style="list-style-type: none"> – Desaireación de mezcladoras y extrusoras. – Calibración al vacío. – Moldeado.
Minería	<ul style="list-style-type: none"> – Extracción de gases en los socavones. – Enriquecimiento de “solución” en minas de oro y plata. – Torre de Merrill-Crowe. – Hornos Retortas.
Industria Química y farmacéutica	<ul style="list-style-type: none"> – Destilación. – Desgasificación. – Filtración. – Refrigeración. – Cristalización. – Concentración. – Secado. – Recuperación de disolventes. – Plantas de centrales de vacío.
Producción de energía	<ul style="list-style-type: none"> – Evacuación de condensados en las turbinas. – Cebado para las torres de agua para alimentación a los condensadores. – Centrales nucleares.
Tratamiento de Agua	<ul style="list-style-type: none"> – Aireación del agua. – Lavado de filtros. – Desgasificación del agua. – Tratamiento de aguas residuales.
Petroquímica	<ul style="list-style-type: none"> – Producción de los combustibles. – Recuperación de CO₂ de los gases de combustión – Llenado y limpieza al vacío.

	<ul style="list-style-type: none"> - Filtros de vacío para el descerado. - Cebado de bombas de agua.
Industrias de arcilla y cerámica	<ul style="list-style-type: none"> - Producción de ladrillos. - Prensado de porcelana. - Secado y desgasificación del hormigón.
Industria papelera	<ul style="list-style-type: none"> - Desgasificación de la pulpa de papel. - Deshidratación
Industria de alimentos y bebidas	<ul style="list-style-type: none"> - Desgasificación del agua mineral. - Llenado de bebidas. - Desodorización. - Esterilización. - Producción de dulces. - Producción de Jamón. - Humidificación del tabaco. - Producción del azúcar. - Producción de la cerveza y vinos.
Industria textil	<ul style="list-style-type: none"> - Refinamiento textil.
Industria eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> - Tratamiento del aceite del transformador.
Industria siderúrgica	<ul style="list-style-type: none"> - Desgasificación del acero.
Medicina	<ul style="list-style-type: none"> - Desinfección en esterilizadores. - Sistemas de vacío de los hospitales.

Aceites y vegetales	<ul style="list-style-type: none"> – Desodorización al vacío. – Destilación de los aceites. – Transporte al vacío del producto. – Extracción de aire en la agitación del aceite.
Productos de vidrio	<ul style="list-style-type: none"> – Extracción de aire para el revestimiento de los espejos. – Sujeción al vacío de los vasos y botellas durante la fabricación – Elevación al vacío de las placas de vidrio. – Desgasificación de los moldes. – Fabricación de los lentes.
Industria pesquera	<ul style="list-style-type: none"> – Desodorización al vacío. – Secado al vacío de la harina de pescado. – Enfriamiento instantáneo al vacío. – Evisceración al vacío. – Traslado de peces por sistema de vacío. –
Otros	<ul style="list-style-type: none"> – Cebado de las bombas centrífugas. – Evacuación de gases y vapores en los procesos. – Reducción de las aguas subterráneas. – Vehículos de almacenamiento de la leche. – Impermeabilización y secado de la madera. – Deshidratación de placas de yeso. – Secado al vacío de las placas de baterías. – Recubrimiento al vacío del cable de aislamiento.

Fuente: Elaboración propia.

2.1.2 Aspectos normativos

- Normas internacionales.

Para la fabricación y pruebas de las bombas de vacío de anillo líquido se aplican diferentes normas internacionales dadas por la norma española UNE- EN 1012-2:1996+A1:2010 - Compresores y bombas de vacío: Requisitos de seguridad. Parte 2: Bombas de vacío.

El objeto y campo de aplicación de esta norma indica que, la norma se aplicada a todas las bomba de vacío, sistemas de bombas de vacío y combinaciones de bombas de vacío. Esta norma lista los peligros relacionados a las bombas de vacío y especifica los requisitos de seguridad que se aplican en el diseño, operación, instalación y mantenimientos de las bombas de vacío durante su vida útil y de su eliminación.

Las normas que se aplican particularmente para la bomba de vacío de anillo líquido marca SIHI son:

- EN 1127 – 1: Seguridad de máquinas. Incendio y explosión. Parte 1: protección contra incendios y explosión.
- EN ISO 12100 – 1: 2003: Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 1: Terminología básica, metodología (ISO 120100-1:2003).
- EN ISO 12100 – 2: 2003: Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: Principios técnicos. (ISO 12100-2:2003)
- EN 13463 – 1: Equipos no eléctricos destinados a atmósferas potencialmente explosivas. Parte 1: Requisitos y metodología básica.
- EN 13463 – 5: Equipos no eléctricos destinado a atmósferas potencialmente explosivas. Parte 5: Protección por seguridad constructiva “c”.
- EN 13463 – 8: Equipos no eléctricos destinado a atmósferas potencialmente explosivas. Parte 8: Protección por inmersión de líquido “k”.

En el anexo A se adjunta la declaración de conformidad de la bomba de vacío LPHX 45316 AB AGE 0K 1, bomba de vacío que se le realizó la implementación del sistema de recirculación total de líquido de servicio en la planta de plásticos.

2.1.4 Aspectos medio ambientales

En relación a los aspectos medio ambientales, la ONU (2019) define que el ruido viene a ser hoy en día considerado como contaminación acústica ya que tienen un efecto negativo tanto para la salud humana como el impacto al medio ambiente y a la conservación de la naturaleza.

Por estos motivos, las fábricas de las bombas de vacío de anillo líquido SIHI vienen regidas bajo la siguiente norma:

- EN ISO 2151 – 1: Acústica. Código de ensayo de ruido para compresores y bombas de vacío. Método de ingeniería (Clase de precisión 2). (ISO 2151:2004).

2.2 Descripción de las actividades desarrolladas

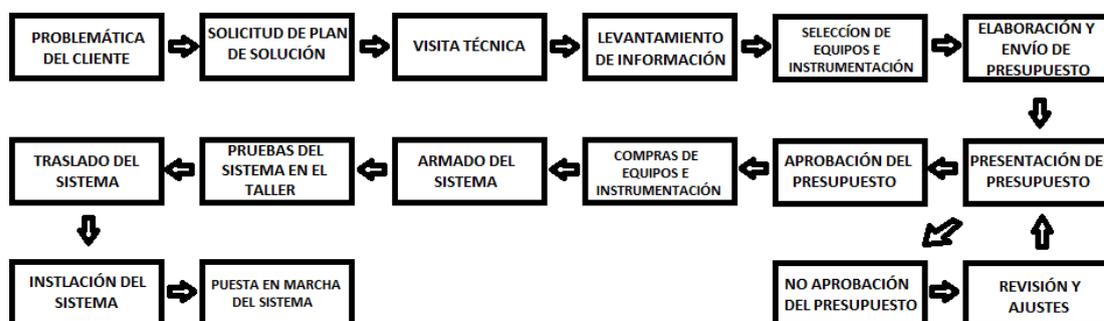
2.2.1 Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo se ejecutaron varias fases, desde la solicitud del cliente hasta la implementación y puesta en marcha del sistema de recirculación para ahorro de agua de la bomba de vacío de anillo líquido. Inicialmente se logró obtener información del proceso y los equipos que funcionan en planta. Lo siguiente, se ejecutó a seleccionar mediante catálogos y cálculos los elementos que forman todo el sistema de recirculación para que luego de esto se pueda enviar una propuesta económica al cliente. Finalmente se procede a la evaluación del cliente y aprobación para así iniciar con los armados y posterior puesta en marcha del sistema. Las fases de esta implementación se han realizado teniendo en cuenta una metodología tipo cascada, es decir cada fase se ha ejecutado de manera secuencial.

2.2.2 Flujograma de actividades

Las actividades se han realizado de acuerdo a un diagrama de flujo, ver figura 2.16, que indica paso a paso como es la secuencia de las etapas para poder implementar el sistema de recirculación.

Figura 2.16 Flujograma de actividades.



Fuente: Elaboración propia

A continuación se explican cada una de las actividades.

Problemática del cliente:

Ante una evaluación de gestión ambiental en la empresa del rubro de la industria del plástico, el cliente se enfocó principalmente en el ahorro del consumo de agua generado por el funcionamiento de las bombas de vacío de anillo líquido, de modo que se planifican a disminuir los costos por motivos del consumo agua, reducir la emisión de ruidos y minimizar el impacto de contaminación que se crea por dirigir el agua al drenaje mediante la conexión de descarga de la bomba de vacío.

Solicitud de plan de solución:

El cliente envía su problemática mediante un correo electrónico y solicita alternativas de plantear una solución para lograr cumplir sus metas enfocadas en referencia a la eliminación de la problemática, así que se procede a proponer las diferentes opciones que se puedan implementar utilizando las mismas bombas, que dependerán de las condiciones de trabajo existentes en la planta de la empresa.

Visita técnica:

Se genera un plan de comunicación mediante correo electrónico y llamadas telefónicas, con el objetivo de programar y realizar una visita técnica para levantamiento de datos de los procesos de la empresa de plásticos, puesto que la recopilación de los datos y parámetros de funcionamiento ayudan a elegir el mejor plan de solución de la problemática explicada.

Levantamiento de información:

Durante la visita técnica, se hace el recorrido de la planta para identificar en donde se ubican los equipos (bombas de vacío) en funcionamiento, se determinó cuál será la primera bomba de vacío piloto, a la cual se le realizará la implementación del sistema de recirculación de líquido de servicio. Una vez identificada en donde se iniciará la implementación, se hacen tomas de los siguientes datos:

- Ubicación de la bomba de vacío: para determinar el área que se usará para la instalación de nuevo sistema de vacío.
- Características de la bomba de vacío: modelo de la bomba de vacío, potencia de la bomba de vacío y los tipos de conexiones que se tienen a disposición.
- Datos de operación: presión de vacío que se requiere en el proceso, flujo de aspiración de gases, tipos de gases aspirantes, flujo de líquido de servicio, temperatura del líquido de servicio, características del líquido de servicio y tiempo de funcionamiento
- Detalles de funcionamiento: las condiciones de trabajo de la bomba de vacío, instalación existente, lectura de presión real de vacío en el vacuómetro, las líneas de alimentación de agua a temperatura ambiente y agua helada, y medición del amperaje del motor.

En el anexo C se verifica la planilla de los datos que se levantaron.

Selección de equipos e instrumentación.

Para poder iniciar a realizar la selección de equipos e instrumentos, primero necesitamos conocer que equipos forman parte del sistema de recirculación total de líquido de servicio, las cuales son:

- Tanque separador de líquido y gas.
- Intercambiador de calor.
- Estructura metálica.
- Accesorios: manómetros, válvulas, niples y codos

Una vez identifica la bomba de vacío de anillo líquido, de acuerdo a la capacidad de absorción y potencia de accionamiento, podemos realizar la selección del tanque separador de líquido y gas, basándonos en el catálogo de tanques separadores de Sterling SIHI del Anexo F. En la cual nos detalla las dimensiones, conexiones y capacidad del tanque.

Para la selección del intercambiador de calor, se calcula las condiciones de operación del líquido de servicio que en este caso es el agua, con los datos obtenidos en el levantamiento de información de la visita técnica. Se determina mediante las fórmulas indicadas en el texto de cantidad de líquido de servicio. Primero, gracias a los datos obtenidos del levantamiento de datos del proceso, mediante las ecuaciones de corrección generados por los factores λ_I y λ_{III} , se determina la temperatura máxima del líquido de servicio (agua, T_B) que debe ingresar a la bomba de vacío de anillo líquido para su funcionamiento y así evitar a que aumente el flujo de gases absorbidos (S), lo que generaría un mal dimensionamiento de bomba de vacío.

Luego, se calcula el flujo volumétrico de entrada extrayendo el flujo de aire saturado de vapor de agua del flujo de masa de aire, teniendo la información y utilizando tablas de vapor de agua aplicamos la Ley de Dalton para encontrar la relación entre el flujo de vapor y flujo de aire, con ello determinamos el flujo volumétrico de la mezcla (\dot{m}_{DA}). Sabemos que existe un intercambio de calor entre la temperatura de la mezcla y la temperatura del líquido de servicio, por esta razón se supondrá un valor de temperatura en la descarga de la bomba de $T_v = 35^\circ\text{C}$ para efectos de cálculos. Se calcula el flujo máximo de vapor en la descarga (\dot{m}_{DV}) para con ello determinar el flujo másico parcial de vapor restando el flujo volumétrico de la mezcla de ingreso (\dot{m}_{DA}) con el flujo máximo de vapor en la descarga (\dot{m}_{DV}).

Después de todos los cálculos anteriores, se procede a determinar el flujo de calor a la descarga (\dot{Q}_{Salida}) juntando datos reales del proceso, para así hallar el

flujo de calor de compresión (\dot{Q}_{comp}), el flujo de calor condensado (\dot{Q}_{cond}) y el flujo de calor de refrigeración ($\dot{Q}_{\text{frío}}$) cuya suma de todos estos flujos de calor se determina el flujo de calor de ingreso (\dot{Q}_{ingreso}). Este flujo de calor de ingreso se relaciona al líquido de servicio en la descarga de la bomba de vacío, lo que ocasiona un aumento de temperatura a medida que el agua fluye a través de la bomba de vacío de anillo líquido. Se sabe que el flujo de calor de ingreso tiene que ser igual al flujo de calor de la salida, y es aquí en donde se determina el incremento de la temperatura del agua en la salida de la bomba de vacío (T_v). Finalmente, con los valores encontrados se puede seleccionar el intercambiador de calor de carcasa y tubo para el sistema de recirculación total de líquido de servicio.

Para la construcción de la estructura metálica, se proporciona el peso total de los equipos seleccionados como la bomba de vacío de anillo líquido SIHI modelo LPHX 45316 acoplado al motor de 10 HP@1750 RPM, el tanque separador de líquido y gas, el intercambiador de calor y estimación de peso de accesorios.

La selección de los accesorios se realiza de acuerdo al presupuesto manejado y aprobado por el cliente, en este caso se han seleccionado los siguientes accesorios:

- 02 manómetros de 2"
- 04 válvulas de bola de 1"
- 02 filtros tipo "Y" de 1"
- 12 Niples de 1"
- 06 Codos de 1"
- 02 Tee de 1"
- 01 Nivel de agua.
- 01 Termómetro de 2"

Elaboración y envío de propuesta:

Los equipos e instrumentos seleccionados son presupuestados y sumado cada uno de los costos se determina el precio total del sistema. Se procede a generar un código interno para la realización de la documentación del presupuesto en donde se detalla cada equipo y accesorios que se dispondrá para el sistema de

recirculación total de agua, indicando características técnicas, esquema referencial del sistema, el funcionamiento del sistema, tiempos de entrega y condiciones comerciales.

Presentación del presupuesto:

En esta etapa de presentación del presupuesto al cliente, se puede efectuar de manera presencial o virtual, en este caso se realizó en una reunión presencial con la participación del encargado del presupuesto comercial y técnico de SIHI PERU junto a las áreas de mantenimiento y compras de la empresa de plásticos. La presentación se basó en detallar cada parte de la propuesta e indicando las ventajas que tiene el nuevo sistema con al sistema que se tiene instalado dentro de la planta. Se indicó las diferencias del consumo del agua, como líquido de servicio, tanto en costo y eficiencia de la bomba de vacío de anillo líquido. El cliente realiza sus dudas y consultas, las cuales son contestadas en su momento; en caso surgen observaciones fuera del rango de contestación, como por ejemplo, ajustes de precios en relación a una compra especial, estas serán evaluadas y revisadas por la Gerencia General de SIHI PERU para que así esas consultas sean emitidas al cliente en un corto plazo.

Aprobación o no aprobación del presupuesto:

Después de haber realizado la presentación del presupuesto, respondiendo todas las dudas técnicas y comerciales, se espera la aprobación del presupuesto por parte del cliente. Se presentan dos situaciones en esta etapa, la “Aprobación” y la “No Aprobación”, para el primer caso de la “aprobación” se consigue pasar a la etapa de las compras de los equipos e instrumentación del sistema, sin embargo para el segundo caso, se realizarán las respectivas revisiones y ajustes del presupuesto, explicadas a continuación.

Revisión y ajustes del presupuesto:

Ante una desaprobación del presupuesto inicial, se realizan seguimientos de cuáles son los causantes de esta decisión, puesto servirá a que realicen ajustes de presupuesto en referencia a los accesorios e instrumentaciones del sistema,

ya que es decisión del cliente los modos de lectura de datos o automatización del equipo. Una vez estudiado y reducidos costos, se da la espera nuevamente de la etapa de aprobación y No aprobación por parte del cliente. Para nuestro caso, no se realizó esta etapa, puesto el presupuesto del sistema de recirculación total de agua ha sido aprobado mediante el envío de una orden de compra por parte del cliente.

Compras de equipos e instrumentación:

Habiendo recibido la aprobación mediante una Orden de Compra emitida por el cliente, se efectúan diferentes coordinaciones tanto con el área de operaciones junto al área de almacén para separación de los equipos y accesorios, mientras que con el área gerencial, finanzas en conjunto con operaciones y almacén se coordina las compras de los demás equipos, materiales e instrumentaciones.

Armado del sistema de vacío:

Una vez obtenido cada uno de los equipos, instrumentos y accesorios, son llevados a las instalaciones del taller de SIHI PERÚ para el respectivo ensamble del sistema sobre una estructura metálica. La construcción de la estructura metálica se ejecutó de acuerdo a las dimensiones de cada uno de los equipos, para posicionar cada equipo y accesorio se requieren de orificios de anclaje, soportes necesarios para las tuberías y acondicionamiento. Una vez pre montado el sistema se procede a las pruebas respectivas.

Pruebas del sistema de vacío en el taller:

Concluido el ensamble del sistema, se continúan con los detalles finales para que quede listo el skid de vacío para operar en los procesos del cliente. En el taller se realizan pruebas de fugas de líquido de servicio del sistema de recirculación de agua, llenando de agua al circuito y examinando de manera visual si existen perdidas de líquido. En caso existan fugas de agua, se realizan ajustes dependiendo del lugar de escape de agua, por ejemplo, en caso la fuga de agua sea en una conexión roscada, se tiene que volver a colocar teflón y líquido de sellado (formador de empaquetadura) para volver a realizar los ajustes

adecuados. Finalizando las pruebas, se dan los últimos retoques de pintura para que así quede listo para la entrega al cliente.

Traslado del sistema de vacío:

En esta etapa, días previos de haber concluido con las pruebas y acondicionamiento del sistema de recirculación total de líquido de servicio, se hacen coordinaciones con el Cliente para agendar un día de cita para la entrega del Sistema de vacío. Una vez llegado el día de entrega, se verifica el estado del equipo para continuar con el proceso de traslado y posterior entrega. Luego de la entrega, se hacen nuevamente las coordinaciones con el Cliente solicitando las fechas de comisionamiento del sistema de vacío para poder apoyar con la puesta en marcha del sistema.

Instalación del sistema de vacío:

La instalación del equipo se ejecutó por parte del cliente, puesto esta etapa no fue presupuestada. Normalmente, las instalaciones se realizan en una parada de planta o línea de producción, para acondicionar el ambiente y realizar las conexiones requeridas del sistema de vacío, como son las conexiones de ingreso y salida de gases, conexión de ingreso y salida de agua fría en el intercambiador de calor y conexiones de drenaje del tanque separador de líquidos.

Puesta en marcha del sistema de vacío:

En esta última etapa, se brinda el soporte técnico por parte de SIHI PERÚ como parte del apoyo de post venta al Cliente para realizar un check-list de la instalación mediante un formato de protocolos de control en puesta en marcha según se indica en el Anexo G. Una vez verificadas las condiciones de operación, se procede al inicio de funcionamiento del Sistema de bomba de vacío de anillo líquido con Ciclo recirculante de agua.

III. APORTES DESARROLLADOS

3.1 Visita técnica y levantamiento de información.

En la visita realizada se encontró una bomba de vacío de anillo líquido de 10 HP (ver figura 3.1) instalada en su proceso de producción cuyo tiempo de operación es continuo las 18 horas con un tipo de instalación simple mediante un tanque alimentador de agua a nivel del eje de la bomba y la conexión de salida de la bomba conectada directamente al drenaje, se realizaron toma de datos e información importante del proceso mediante una planilla de datos de operación según se muestra en el Anexo B.

Figura 3.1. Instalación inicial de una bomba de vacío de anillo líquido de 10HP en la planta de plásticos.



Fuente: Fotografía en la planta de plástico (elaboración propia)

3.2 Selección de equipos e instrumentación.

Se tienen los datos obtenidos según la ficha de recolección de datos mostrada en el Anexo C. Tenemos los siguientes datos:

Flujo Volumétrico de entrada requerido: $S = 158 \text{ m}^3/\text{h}$

Presión de Succión: $P_{\text{succión}} = 50 \text{ mbar}$

Temperatura de Succión: $T_A = 30^\circ\text{C}$

Temperatura de Agua de Servicio: $T_B = 22^\circ\text{C}$

Primero calculamos el flujo volumétrico de ingreso corregido S_L bajo la influencia de los factores λ_I y λ_{III} .

– Influencia de la temperatura del agua de servicio λ_I :

Se utilizará una bomba de vacío de doble etapa. Por lo que se usará la ecuación $\lambda_{I,2}$.

La presión de vapor de agua de servicio a 20°C , indicada en las tablas del vapor de agua del Anexo J, es $P_{D,B} = 23.37 \text{ mbar}$

$$\lambda_{I,2} = \frac{P_A * (0.35 * \ln P_A - 0.1) - P_{D,B}}{P_A * (0.35 * \ln P_A - 0.1) - 17.04}$$

$$\lambda_{I,2} = \frac{50 * (0.35 * \ln 50 - 0.1) - 23.37}{50 * (0.35 * \ln 50 - 0.1) - 17.04}$$

$$\lambda_{I,2} = 0.864$$

Este valor de $\lambda_{I,2}$ también lo podemos obtener de la figura 2.11

– Influencia de la temperatura del medio bombeado λ_{III} .

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\lambda_{III} = 1 + \frac{0.66 * (T_A - 20)}{T_B + 273}$$

$$\lambda_{III} = 1 + \frac{0.66 * (30 - 20)}{20 + 273}$$

$$\lambda_{III} = 1.023$$

También el valor de λ_{III} se puede obtener de la figura 2.12.

Entonces en valor de S_L mediante la siguiente ecuación:

$$S = S_L * \lambda_I * \lambda_{III}$$

$$S_L = \frac{S}{\lambda_I * \lambda_{III}}$$

$$S_L = \frac{158}{0.864 * 1.023}$$

$$S_L = 178.76 \text{ m}^3/\text{h}$$

La bomba de vacío de anillo líquido debe permitir un caudal volumétrico de vapor saturado de al menos 178.76 m³/h a una presión de 50 mbar.

Ahora se identificará el impacto de un aumento de temperatura de agua de servicio, T_B = 22°C (P_{D,B} = 26.43 mbar). Se procede a realizar los mismos cálculos:

– Influencia de la temperatura del agua de servicio λ_I:

$$\lambda_{I,2} = \frac{P_A * (0.35 * \ln P_A - 0.1) - P_{D,B}}{P_A * (0.35 * \ln P_A - 0.1) - 17.04}$$

$$\lambda_{I,2} = \frac{50 * (0.35 * \ln 50 - 0.1) - 26.43}{50 * (0.35 * \ln 50 - 0.1) - 17.04}$$

$$\lambda_{I,2} = 0.798$$

– Influencia de la temperatura del medio bombeado λ_{III}.

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\lambda_{III} = 1 + \frac{0.66 * (T_A - 20)}{T_B + 273}$$

$$\lambda_{III} = 1 + \frac{0.66 * (30 - 20)}{22 + 273}$$

$$\lambda_{III} = 1.022$$

Entonces en valor de S_L mediante la siguiente ecuación:

$$S_L = \frac{S}{\lambda_I * \lambda_{III}}$$

$$S_L = \frac{158}{0.798 * 1.022}$$

$$S_L = 193.76 \text{ m}^3/\text{h}$$

Este valor del flujo volumétrico 193.76 m³/h se excede al valor del flujo de diseño de la bomba de vacío de 190 m³/h eso quiere decir que no debería ingresar el agua de servicio a una temperatura mayor e igual a 22°C. Para determinar otro punto de funcionamiento en caso la temperatura de agua de servicio sea T_B = 21.5°C (P_{D,B} = 25.65 mbar), entonces volvemos a calcular el nuevo flujo volumétrico para este caso:

- Influencia de la temperatura del agua de servicio λ_I:

$$\lambda_{I,2} = \frac{P_A * (0.35 * \ln P_A - 0.1) - P_{D,B}}{P_A * (0.35 * \ln P_A - 0.1) - 17.04}$$

$$\lambda_{I,2} = \frac{50 * (0.35 * \ln 50 - 0.1) - 25.65}{50 * (0.35 * \ln 50 - 0.1) - 17.04}$$

$$\lambda_{I,2} = 0.815$$

- Influencia de la temperatura del medio bombeado λ_{III}.

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\lambda_{III} = 1 + \frac{0.66 * (T_A - 20)}{T_B + 273}$$

$$\lambda_{III} = 1 + \frac{0.66 * (30 - 20)}{21.5 + 273}$$

$$\lambda_{III} = 1.022$$

Entonces en valor de S_L mediante la siguiente ecuación:

$$S_L = \frac{S}{\lambda_I * \lambda_{III}}$$

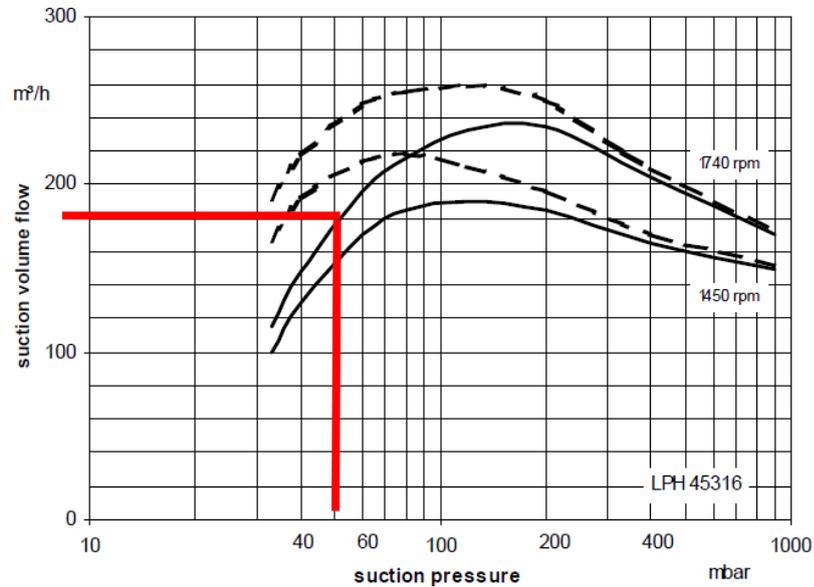
$$S_L = \frac{158}{0.815 * 1.022}$$

$$S_L = 189.69 \text{ m}^3/\text{h}$$

Entonces encontramos que la bomba de vacío LPHX 45316 puede operar con una temperatura máxima de líquido de servicio de T_B = 21.5°C absorbiendo un flujo volumétrico S_L = 189.69 m³/h y también una temperatura T_B = 21°C absorbiendo un flujo volumétrico de gas S_L = 178.76 m³/h.

Se muestra en el Anexo D la ficha técnica de la bomba de vacío Flowserve SIHI serie LPHX 45000 cuya curva de operación se puede ver en la figura 3.2.

Figura 3.2. Curva de operación de Bomba de vacío de anillo líquido LPHX 45316



Fuente: Ficha técnica de Bomba de vacío Flowserve SIHI modelo LPHX serie 45000

Ahora hacemos cálculos para encontrar el flujo de vapor en la descarga teniendo los siguientes datos:

Flujo másico de aire:	$\dot{m}_{\text{aire}} = 7 \text{ kg/h}$
Flujo másico de vapor:	$\dot{m}_{D,A} = 7.15 \text{ kg/h}$
Presión de Succión:	$P_A = 50 \text{ mbar}$
Temperatura de Succión:	$T_A = 30^\circ\text{C} (305 \text{ K})$
Presión de vapor de agua: Para T_A	$P_{D,A} = 42.43 \text{ mbar}$
Presión de descarga:	$P_V = 1013 \text{ mbar}$
Temperatura de Descarga	$T_V = 28^\circ\text{C}$
Presión de vapor de agua: Para T_V	$P_{D,V} = 37.80 \text{ mbar}$
Masa molar del aire	$M_{\text{aire}} = 28.96 \text{ kg/kmol}$
Masa molar del vapor de agua	$M_{\text{agua}} = 18.02 \text{ kg/kmol}$
Potencia de Accionamiento	$P = 5.1 \text{ Kw}$
Temperatura de líquido de servicio	$T_B = 21.5^\circ\text{C}$
Otros valores adicionales a utilizar:	

Calor de evaporación del agua a 30°C	$r = 2431 \text{ kJ/kg}$
Calor específico del vapor de agua	$C_{p,D} = 1.88 \text{ kJ/kg.K}$
Calor específico del aire	$C_{p,aire} = 1.01 \text{ kJ/kg.K}$
Calor específico del agua	$C_{p, agua} = 4.18 \text{ kJ/kg.K}$
Densidad del agua	$\rho_{agua} = 1000 \text{ kg/m}^3$

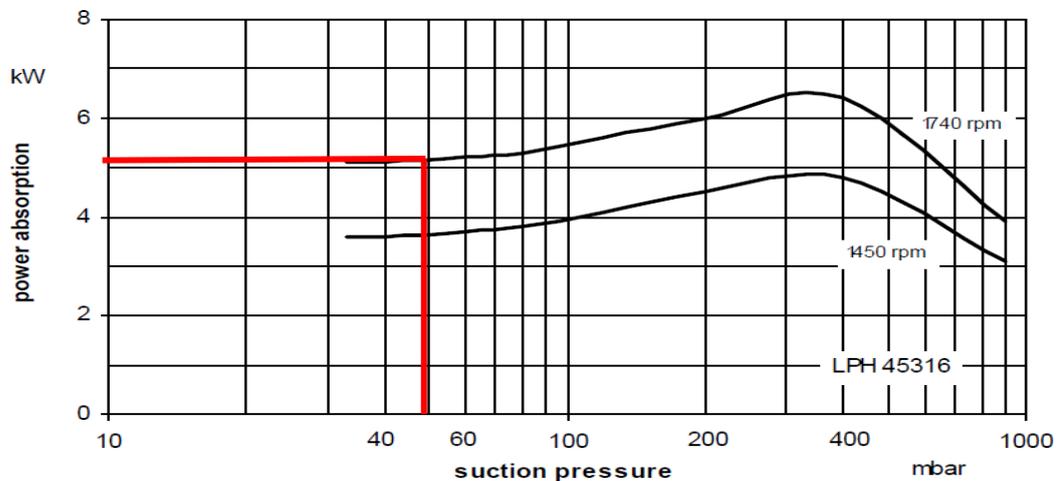
Con todos estos datos obtenidos en planta, procedemos a calcular el Flujo de calor en la descarga de la bomba de vacío de anillo líquido:

Flujo de calor de compresión:

$$\dot{Q}_{comp} = P * 3600$$

Donde la Potencia requerida (P) por la bomba de vacío de anillo de doble etapa modelo LPHX 45316 se extrae del punto de operación de la curva de funcionamiento de la bomba de vacío que está en el Anexo D, donde $P = 5.1 \text{ kW}$.

Figura 3.3. Curva de potencias de bomba de vacío LPHX 45316



Fuente: Ficha técnica de Bomba de vacío Flowserve SIHI modelo LPHX serie 45000

Tenemos entonces

$$\dot{Q}_{comp} = 5.1 * 3600$$

$$\dot{Q}_{comp} = 18360 \text{ kJ/h}$$

Flujo de calor de condensación:

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = \dot{m}_k \cdot r$$

Donde:

$$\dot{m}_k = \dot{m}_{D,A} - \dot{m}_{D,V}$$

Entonces, se calcula flujo másico de vapor en la descarga mediante la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_{D,V} = \dot{m}_{\text{aire}} \cdot \frac{M_{\text{agua}}}{M_{\text{aire}}} \cdot \frac{P_{D,V}}{P_V - P_{D,V}}$$

$$\dot{m}_{D,V} = 7 \cdot \frac{18.02}{28.96} \cdot \frac{37.80}{1013 - 37.80}$$

$$\dot{m}_{D,V} = 0.169 \text{ kg/h}$$

Luego, se tiene:

$$\dot{m}_k = \dot{m}_{D,A} - \dot{m}_{D,V}$$

$$\dot{m}_k = 7.15 - 0.169$$

$$\dot{m}_k = 6.846 \text{ kg/h}$$

Finalmente se calcula el flujo de calor de condensación:

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = \dot{m}_k \cdot r$$

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = 6.846 \cdot 2431$$

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = 16642.63 \text{ kJ/h}$$

Flujo de calor de refrigeración:

$$\dot{Q}_{\text{frío}} = \dot{m}_A \cdot C_P \cdot (T_A - T_V)$$

$$\dot{Q}_{\text{frío}} = (\dot{m}_{\text{aire}} \cdot C_{P,\text{aire}} + \dot{m}_D \cdot C_{P,D}) \cdot (T_A - T_V)$$

$$\dot{Q}_{\text{frío}} = (7 \cdot 1.01 + 7.15 \cdot 1.88) \cdot (30 - 28)$$

$$\dot{Q}_{\text{frío}} = 41.024 \text{ kJ/h}$$

Flujo de ingreso:

$$\dot{Q}_{\text{ingreso}} = \dot{Q}_{\text{comp}} + \dot{Q}_{\text{cond}} + \dot{Q}_{\text{frío}}$$

$$\dot{Q}_{\text{ingreso}} = 18360 + 16642.63 + 41.024$$

$$\dot{Q}_{\text{ingreso}} = 35043.654 \text{ kJ/h}$$

Sabemos que el Flujo de calor de salida debe ser igual al flujo de calor de ingreso, entonces con ello podemos encontrar el valor de la temperatura del agua de servicio que se descarga de la bomba de anillo líquido:

$$\dot{Q}_{\text{ingreso}} = \dot{Q}_{\text{salida}} = \dot{m}_B * c_{PB} * (T_V - T_B)$$

El flujo másico del líquido de servicio lo podemos calcular de la siguiente manera:

$$\dot{m}_B = \dot{v}_B * \rho_{\text{agua}}$$

El flujo del Líquido de servicio se extraer de las tablas que se indican en la ficha técnica de la bomba de vacío LPHX 45316 del Anexo D.

Figura 3.4. Flujo volumétrico del agua de servicio de la bomba de vacío LPHX 45316

Make-up Liquid Consumption in [m³/h] dependent upon suction pressure, speed, drive type and temperature difference.

Suction pressure in [mbar]	33					120					200					400				
	Pump Type	Speed [rpm]	KB			FB	KB			FB	KB			FB	KB			FB		
			Temperature Difference [°C]				Temperature Difference [°C]				Temperature Difference [°C]				Temperature Difference [°C]					
		10	5	2		10	5	2		10	5	2		10	5	2				
LPH 45008	1450	0.17	0.28	0.48	0.9	0.17	0.28	0.46	0.8	0.18	0.29	0.46	0.75	0.18	0.28	0.43	0.6			
	1750	0.23	0.36	0.56		0.22	0.35	0.53		0.22	0.34	0.51		0.22	0.33	0.46				
LPH 45311	1450	0.19	0.31	0.51	0.9	0.20	0.32	0.50	0.8	0.21	0.33	0.50	0.75	0.21	0.31	0.45	0.6			
	1750	0.24	0.38	0.59		0.25	0.38	0.55		0.26	0.38	0.54		0.25	0.36	0.49				
LPH 45316	1450	0.24	0.38	0.61	1.0	0.25	0.40	0.60	0.9	0.27	0.40	0.59	0.85	0.25	0.36	0.49	0.6			
	1750	0.30	0.47	0.69		0.31	0.47	0.65		0.32	0.47	0.64		0.30	0.41	0.53				

FB = Total service liquid flow rate on once-through system

KB = Flow of make-up water when combined with partial recirculation liquid at a temperature of 10°C, 5°C, 2°C, warmer than make-up water.

Fuente: Ficha técnica de Bomba de vacío Flowserve SIHI modelo LPHX serie 45000

De la tabla de líquido de servicio se tiene $\dot{v}_B = 1.0 \text{ m}^3/\text{h}$, entonces:

$$35043.654 = 1 * 1000 * 4.18 * (T_V - 21.5)$$

$$T_V = 29.88 \text{ °C}$$

Por lo tanto tenemos la temperatura del agua de servicio tiene un incremento de 21.5°C a 29.88°C. Estos datos nos servirán para poder realizar la selección del intercambiador de calor.

Enviando los datos de temperaturas y flujos a un distribuidor de intercambiadores de calor, nos seleccionaron y ofrecieron el siguiente intercambiador de calor de tipo carcasa y tubos, enviando la ficha técnica según se muestra en el Anexo I, el intercambiador adquirido se observa en la siguiente figura 3.5:

Figura 3.5 Intercambiador de calor tipo Carcasa y tubo.



Fuente: Fotografía en el taller (Elaboración propia)

El tanque separador de gas y líquido se selecciona de acuerdo tipo de instalación y tanque separador que puede ser visto en el Anexo E, primero nos dirigimos al modelo de la bomba de vacío junto a la serie: LPH 45316, tal como se muestra en la figura 3.6, seleccionado así el tipo de tanque separador de líquido modelo XBp 0413 cuyas dimensiones la encontramos en la ficha técnica del tanque separador SIHI, tal cual se indica en la figura 3.7.

Figura 3.6. Tipo de instalación y modelo de tanque separador de líquido.

Liquid ring vacuum pump b	Acc. to fig.	Order No.1) of the bend d	For the operation with one pump			For the operation with two pumps		
			Liquid separator a	Order No.1) of the liquid separator	Order No.1) of the service liquid line c	Liquid separator	Order No.1) of the liquid separator	Order No.1) of the service liquid line c
LOH 05501	D	9141.040.11.	XBp 0413	0664.004.13.	9141.008.11.	XBp 0423	0664.004.23.	
LOH 20103					9141.010.16.			
LOH 20107					9141.010.17.			
LOH 25003					9141.010.18.			
LOH.25007					9141.010.19.			
LOH 25309					9141.015.73.			
LPH 40106	C	9141.040.09.	XBp 0413	0664.004.13.	9141.015.68.	XBp 0423	0664.004.23.	
LPH 40411		9141.040.08.			9141.015.69.			
LPH 40516	A	9141.050.29.	XBp 0512	0664.005.12.	9141.015.67.	XBp 1020	0664.010.20.	
LPH 45008	C	9141.040.09.	XBp 0413	0664.004.13.	9141.015.70.	XBp 0423	0664.004.23.	
LPH 45311		9141.040.12.			9141.015.71.			
LPH 45316		9141.040.12.			9141.015.72.			
LPH 50115	A	9141.050.29.	XBp 0512	0664.005.12.	9141.025.52.	XBp 1720	0664.017.20.	
LPH 50523	A	9141.065.14.	XBp 0612	0664.006.12.	9141.025.55.	XBp 1720	0664.017.20.	

Fuente: Ficha técnica de Bomba de vacío Flowserve SIHI modelo LPHX serie 45000

Figura 3.7. Dimensiones del tanque separador de Líquido tipo XBp.

type	nom. volume l	weight abt. kg	mo- del	N1	N2	u _A	u _c	u _e	u _U	b	d	f	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅	h ₆	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	t	w	w ₁
XBp 0413	40	28		40	50	G1	G ³ / ₈	G ¹ / ₂	G ¹ / ₂	105	210	595	235	125	89	125	670	210	300	170	165	119	0	75	860	273	
XBp 0414		31	1)	50	80	32				100			620	240	130		130					200					900
XBp 0512	52	40			100		G ³ / ₄			115	12	220	640		205	95	205	710			220	220	135	220	50	950	300
XBp 0912	90	51		65		50			25	130		270	750	350	170	80	170	890	240	380	240	240	120	240		1110	350
XBp 0913		53		100	125					115			605														
XBp 2311	230	96	2)		150	80	G ³ / ₈	25		185		420	965	520	270	130	270	1180	315		315	315		315		1480	500
XBp 2312		98		125	200		-		50	175	18		835							450			0		80		
XBp 5013	500	148		150		100	G ³ / ₄			230		540	1275	680	325	110	325	1530	380		390	390		380		1870	650
XBp 5014		156		200	250		-			205										400							

Fuente: Ficha técnica de líquidos separadores SIHI

El tanque separador de líquido se solicitó con conexiones especiales, para el ingreso y salida de gas sea de tipo brida mientras para las conexiones de ingreso agua, drenaje, conexiones hacia el intercambiador y conexiones de nivel sean de tipo rosca.

Para la determinación de la estructura metálica se brindan los pesos totales de cada equipo seleccionado que se encontrarán en las fichas técnicas, las cuales podemos visualizar en la siguiente tabla 3.1.

Tabla 3.1. Pesos de equipos, accesorios y aplicación.

EQUIPO	PESO (kg)
Bomba de vacío acoplado a motor de 10 HP	169
Intercambiador de agua lleno de agua.	135

Tanque separador de líquido lleno de agua.	68
Accesorios e instrumentación.	10
Pesos adicionales de estructura	28
Peso total	410

Fuente: elaboración propia

La estructura metálica será calculada y determinada por el taller para soportar las diferentes cargas generadas por los equipos posicionados de la manera indicada por SIHI, esta estructura se fabricó de la siguiente manera según se puede ver mediante la figura 3.8:

Figura 3.8 Estructura metálica del sistema de vacío.



Fuente: Fotografía en el taller (Elaboración propia)

3.3 Elaboración y envío del presupuesto.

En esta etapa se realiza la cotización de acuerdo a los siguientes precios y tiempos de entrega indicados en la tabla 3.2:

Tabla 3.2. Precios distribuidos del Sistema de vacío.

Equipo	Cantidad	Precios	Tiempo de entrega
Bomba de vacío SIHI modelo LPHX 45316	01	US\$ 4,010.00	01 Día
Motor de 10 HP @ 1750 RPM	01	US\$ 590.00	01 Día
Acoplamiento flexible N-EUPEX	01	US\$ 60.00	01 Día

Tanque separador	01	US\$ 1,600.00	2-3 Semanas
Intercambiador de calor	01	US\$ 4,200.00	2-3 Semanas
Estructura metálica	01	US\$ 930.00	1-2 Semanas
Vacuómetro	02	US\$ 14.00	01 Día
Válvulas de bolas 1"	04	US\$ 14.00	01 Día
Filtros tipo "Y" de 1"	02	US\$ 8.00	01 Día
Codos de 1"	06	US\$ 15.00	01 Día
Niples de 1"	12	US\$ 48.00	01 Día
Tee de 1"	02	US\$ 5.00	01 Día
Union Universales	03	US\$ 21.00	01 Día
Nivel de agua	01	US\$ 55.00	01 Día
Mano de obra de armado e instalación	01	US\$ 950.00	01 Semana
Materiales adicionales	01	US\$ 100.00	01 Día
Traslado del equipo	01	US\$ 80.00	01 Día
TOTAL SIN I.G.V.		US\$ 12,700.00	
Tiempo de entrega		3-4 semanas	

Fuente: elaboración propia

Los detalles técnicos, condiciones comerciales y precios del sistema de vacío, se remiten mediante un formato de presupuesto con un código interno generado en el sistema de ventas de SIHI PERÚ según se puede ver en el Anexo K: cotización de Skid de vacío.

Para obtener la rentabilidad generada a la empresa SIHI PERU, se mide mediante porcentajes de márgenes de ganancia de cada equipo e instrumentación, teniendo así detalladamente la siguiente tabla 3.3

Tabla 3.3. Rentabilidad generada por el Sistema de vacío.

Equipo	Cantidad	Precio Base	Utilidad	Precio Final
Bomba de vacío SIHI modelo LPHX 45316	01	3,208.00	20%	US\$ 4,010.00

Motor de 10 HP @ 1750 RPM	01	513.30	13%	US\$ 590.00
Acoplamiento flexible N-EUPEX	01	48.00	20%	US\$ 60.00
Tanque separador	01	1,360.00	15%	US\$ 1,600.00
Intercambiador de calor	01	3,696.00	12%	US\$ 4,200.00
Estructura metálica	01	818.40	12%	US\$ 930.00
Vacuómetro	02	11.90	15%	US\$ 14.00
Válvulas de bolas 1"	04	11.90	15%	US\$ 14.00
Filtros tipo "Y" de 1"	02	6.80	15%	US\$ 8.00
Codos de 1"	06	12.75	15%	US\$ 15.00
Niples de 1"	12	40.80	15%	US\$ 48.00
Tee de 1"	02	4.25	15%	US\$ 5.00
Union Universales	03	17.85	15%	US\$ 21.00
Nivel de agua	01	46.75	15%	US\$ 55.00
Mano de obra de armado e instalación	01	760.00	20%	US\$ 950.00
Materiales adicionales	01	80.00	20%	US\$ 100.00
Traslado del equipo	01	68.00	15%	US\$ 80.00
TOTAL SIN I.G.V.		US\$ 10,704.70		US\$ 12,700.00

Fuente: elaboración propia

La rentabilidad ganada por la empresa SIHI PERU se calculará de la siguiente manera:

$$\% \text{ Rentabilidad} = 100\% (\text{Precio Final} - \text{Precio Base}) / \text{Precio Base}$$

$$\% \text{ Rentabilidad} = 100\% (12,700.00 - 10,704.70) / 10,704.70$$

$$\% \text{ Rentabilidad} = 18.64 \%$$

Así, SIHI PERÚ obtiene un margen de ganancia del 18.64% del presupuesto base.

3.4 Presentación de presupuesto.

Se realizó un cálculo promedio de ahorro del consumo de agua anual aproximado que resultaría si se implementaba el ciclo recirculante de agua para el sistema de vacío existente.

De acuerdo a lo comentado por el cliente, el funcionamiento de la bomba de vacío de anillo líquido opera continuamente las 18 horas diarias durante todo el año, salvo exista una percance de requerimiento de mantenimiento o paralización de línea de producción. Con estos datos, se procede a realizar el comparativo de costo anual del consumo de agua con la instalación que tiene el cliente mediante la tabla 3.3, con lo que puede ahorrar a futuro implementando el nuevo sistema de vacío mediante la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Consumo de agua con el sistema de vacío presente.

AÑO (días)	Horas de trabajo	Consumo de agua (m ³ /hora)	Consumo de agua (m ³ /mes)	Tarifa (Soles/m ³)*	
				Agua potable	Alcantarillado
360	18 h/día	1	540	6.955	3.313

Pago mensual	S/ 3,755.70	S/ 1,789.02
Pago anual	S/ 45,068.40	S/ 21,468.24
Pago total al año 01	S/ 66,536.64	

*Costo de agua según Estructura Tarifaria de SEDAPAL según Anexo LL.

Fuente: elaboración propia

Sin embargo, con el nuevo ciclo recirculante del sistema de vacío solo se utiliza un volumen contante de 150 litros entre el tanque separador, el intercambiador de calor, la bomba de vacío de anillo líquido SIHI modelo LPHX 45316 Y tuberías de conexión. Se propone un cambio de agua debido a las condiciones de operación por cada quince días. Por lo tanto:

Tabla 3.5 Consumo de agua con el sistema de ciclo recirculante a implementar.

AÑO (días)	Horas	Consumo (m ³)	Consumo mensual	Tarifa (Soles/m ³)*	
				Agua potable	Alcantarillado

	De trabajo		(m ³)		
360	18 h/día	0.15	0.30	6.955	3.313

Pago mensual	S/ 2.09	S/ 0.99
Pago anual	S/ 25.08	S/ 11.88
Pago total al año 02	S/ 36.96	

*Costo de agua según Estructura Tarifaria de SEDAPAL según Anexo LL.

Fuente: elaboración propia

Se ha planteado el ahorro del consumo de agua en forma monetaria de:

AHORRO EN SOLES (ANUAL) = PAGO TOTAL 01 – PAGO TOTAL 02

AHORRO EN SOLES (ANUAL) = S/ 66,536.64 – S/ 36.96

AHORRO EN SOLES (ANUAL)= S/ 66,499.68

También se hacen relevantes las siguientes ventajas:

Mantener un correcto ahorro energético, puesto que el motor no sufriría sobrecarga causa del exceso de agua.

Reducir los tiempos de mantenimiento de la bomba de vacío, debido a que las partes internas de la bomba de vacío estarán refrigeradas, siendo los sellos mecánicos las piezas más delicadas cuando se trata de desabastecimiento de agua o líquido de servicio.

3.5 Aprobación del presupuesto.

Con todo lo expuesto, el cliente entrega un documento denominado orden de compra, formalizando la aprobación del presupuesto y gracias a ello se continúa con las compras de equipos, accesorios e instrumentos presupuestados en la cotización. El número de orden de compra del cliente está identificada con el número 0010064634, la cual podemos encontrarla en el Anexo L.

3.6 Armado del sistema de vacío

Luego de haber recibido la orden de compra Nro. 0010064634, se procedió a la separación de equipos en stock y pedidas de importación, a su vez los accesorios e instrumentaciones se compran en una empresa distribuidora de

estos componentes. Una vez reservado y comprado lo requerido, se procede al armado de todo el equipo en el taller de operaciones de SIHI PERÚ, para con ello realizar las pruebas de fugas de agua, llenando el equipo en su totalidad de agua, teniendo como resultado un sistema con ciclo de recirculación de agua para la bomba de vacío LPHX 45316 apta y lista para ser trasladada e instalada en la planta de operaciones del cliente. En las siguientes figuras 3.9 y 3.10 se muestran el resultado del armado del sistema de vacío.

Figura 3.9 Sistema de ciclo recirculación de agua con bomba de vacío LPHX 45316 - Foto 1



Fuente: Fotografía en el taller (Elaboración propia)

Figura 3.10 Sistema de ciclo recirculación de agua con bomba de vacío LPHX 45316 - Foto 2



Fuente: Fotografía en el taller (Elaboración propia)

3.7 Traslado e instalación del sistema de vacío

El traslado del sistema de vacío se realiza, una vez listo y acondicionado, por parte de SIHI PERU junto a las coordinaciones e indicaciones del el cliente, para cumplir con las documentaciones, protocolos de ingreso y medidas de seguridad ante el COVID-19. La instalación del sistema de vacío es ejecutada por el cliente en sus instalaciones, para que después de ello, se puedan comunicar con SIHI PERU para el apoyo en la puesta en marcha del sistema de vacío. En las siguientes figuras 3.11 y 3.12 se visualizan al Sistema de vacío con recirculación total de agua instalada en la planta de operaciones de la empresa de plásticos.

Figura 3.11 Sistema de vacío instalado en la planta de operaciones de la empresa de plásticos

Foto 01



Fuente: Fotografía en la planta de plástico (elaboración propia)

Figura 3.12 Sistema de vacío instalado en la planta de operaciones de la empresa de plásticos
Foto 02



Fuente: Fotografía en la planta de plástico (elaboración propia)

3.8 Puesta en marcha del sistema de vacío.

Coordinada la fecha de puesta en marcha del sistema de vacío, se esperan todas las óptimas condiciones de instalación. Por esta razón, SIHI PERU realiza un protocolo de control de puesta en marcha antes de iniciar con el funcionamiento continuo del sistema de vacío. Finalizando así con un documentos de conformidad de las instalaciones y condiciones del sistema, resaltada en el documento adjunto del anexo H.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión.

- Implementar el nuevo sistema de vacío no generó gastos adicionales por parte de las conexiones eléctricas requeridas, pues se utilizó el mismo tablero eléctrico, los mismos componentes y accesorios eléctricos para la alimentación de energía que pertenecía al sistema de vacío instalado inicialmente. Sin embargo, para las conexiones hidráulicas, si se generó gastos en respecto al tendido de tuberías de agua fría requerido por el intercambiador de calor tipo carcasa y tubos. Todo esto permitió dar inicio a ejecutar las pruebas y correspondiente puesta en marcha del ciclo recirculante de agua del sistema de vacío para la bomba de vacío SIHI modelo LPHX 45316 que se encuentra operando hasta la actualidad.
- Al evaluar el funcionamiento del sistema de vacío con recirculación total de agua junto a la operación de la máquina extrusora de la empresa de plásticos, se puede determinar que la implementación del sistema es aceptable, reflejando una correcta selección de equipos y accesorios, lo que permite reducir los costos del consumo del agua y minimiza el drenado constante de este líquido de servicio procesado, evidenciando un ahorro del consumo de agua generado solo en este proceso para la empresa de plásticos en un 99.94%, sin considerar la pérdidas de calor generados en el intercambiador de calor, a la vez genera un menor impacto medio ambiental gracias a la reducción de cantidades de agua sucias por los drenajes.
- Para otras industrias químicas, sanitarias y de alimentos, se requieren de cálculos adicionales, ya que los vapores absorbidos son de mayor temperatura, lo cual genera un alto estado de condensación en la succión de las bombas de vacío, de modo que se tiene que determinar un dimensionamiento de condensador conectado entre la salida de gases del sistema y la succión de la bomba de vacío de anillo líquido.

4.2 Conclusiones

- Se valida la metodología empleada en este trabajo garantizando un correcto funcionamiento, obteniendo así la implementación del ciclo recirculante de líquido de servicio del sistema de bomba de vacío para ahorrar el consumo de agua, dado que en la práctica está funcionando en óptimas condiciones en la planta de plásticos, durante estos últimos 7 meses. Generando así mayores solicitudes de implementación en las diferentes líneas de producción en donde emplean bombas de vacío de anillo líquido, a su favorece a generar mayores beneficios económicos a la empresa SIHI PERU.
- El ciclo recirculante de agua en el sistema de la bomba de vacío aporta un ahorro de consumo de agua muy útil, generando un ahorro del 99.94% de agua en solo un año, de modo que es una buena inversión de implementación del sistema de recirculación con resultantes positivas tanto para minimizar los costos por el consumo de agua y energía.
- Las condiciones de operación son eficientes, ya que el líquido de servicio, el agua, logra disminuir de una temperatura de 29.88°C a 20°C dando así un funcionamiento a condiciones ideales evitando presiones de vacío no aptas para el proceso. Esto nos da por verificado uno de nuestros objetivos específico, pues se mejora las condiciones de operación de manera eficiente de la bomba de vacío de anillo líquido SIHI modelo LPHX 45316.
- Con esta metodología se puede incorporar el ciclo de recirculación de agua para los sistemas de vacío en otro tipo de industrias para determinar y seleccionar los equipos correspondientes. De acuerdo a los resultados generados durante el este tiempo de 07 meses de funcionamiento del nuevo sistema de vacío, cabe señalar que se ejecutó una aceptable selección de los equipos del sistema de ciclo recirculante de líquido de servicio para el sistema de bomba de vacío.
- Gracias al control de la temperatura y la presión o caudal de ingreso del líquido de servicio a la bomba de vacío de anillo líquido, evitamos expulsar

constantemente por el alcantarillado el agua que pasa por la bomba de vacío, debido a que esta agua se recircula y se reutiliza. Con todo ello se logra atenuar la contaminación ambiental a través de este nuevo sistema de vacío.

V. RECOMENDACIONES

- La cámara de vacío de las extrusoras contienen tanto gases y vapores como sucios (partículas de sólidos en suspensión) del mismo producto primario. Estos sucios contaminan el agua de servicio en un corto periodo de funcionamiento, sugiriendo así la instalación de una trampa de sólidos (filtros) o hidrociclones en la línea de succión de la bomba de vacío para la separación inicial entre los sucios y los gases/vapores absorbidos por la bomba de vacío de anillo líquido.
- Automatizar los sistemas de vacío, originan un mayor control automático del sistema de vacío de una maquina extrusora, pues los diferentes polímeros extruidos suelen requerir de menores o mayores presiones de vacío. Por ello la atomización de estos sistemas brindan resultados favorables en vigilar las presiones de vacío mediante el flujo volumétrico y temperatura del líquido de servicio desarrollando así los productos de buena calidad y resistencia.
- La bomba de vacío esta omnipresente en la mayoría de las industrias, a nivel nacional e internacional, por lo que se requiere que los estudiantes adquieran capacitaciones referentes al tema del vacío, mediante cursos adicionales que debería ser añadidos en la malla curricular, dando como resultado así el conocimiento global del funcionamiento y desarrollo de las bombas de vacío.

VI. BIBLIOGRAFIA

AYALA DUARTE, Angélica Julieth, RAMÍREZ TRIANA, Valentina, RINCÓN OVALLE, Daniel Felipe. *Sistema de recirculación de agua para la bomba de vacío de un esterilizador por vapor.* Tesis [Ingeniería Biomédica]. Bucaramanga: Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2022. [Fecha de consulta: 28 de Julio de 2022]. Disponible en: <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/16068>

BUSH VACUUM SOLUTIONS. 2018. BUSH VACUUM SOLUTIONS. *BUSH VACUUM SOLUTIONS.* [En línea] GRUPO BUSH, 27 de Junio de 2018. [Citado el: 18 de Julio de 2022.] <https://www.buschvacuum.com/global/es/news-media/liquid-ring-vacuum-pumps-classic-vacuum-technology-and-yet-still-state-of-the-art.html#:~:text=Una%20de%20las%20grandes%20ventajas,bombear%20vapores%20y%20gases%20explosivos>.

CONTRERAS TALLEDO, Joseluis Alberto, et al, 2021. *Instalaciones sanitarias utilizando sistemas de recirculación del agua potable.* Trabajo de investigación de grado [Bachiller en Ciencias con mención en Ingeniería Civil]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2021. [Fecha de consulta: 29 de Julio de 2022]. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/21671>

CENGEL, Yunus A. y CIMBALA, John M. 2010. *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications.* s.l. : McGraw-Hill Higher Education, 2010.

DIAZ PINEDA, Javier, 2017. *Evaluación de la operación del evaporador de múltiple efecto empleado en el procesamiento de tomates en la UEB Combinado Industrial "Heroes de Girón".* Trabajo de Diploma [Título de Ingeniero Químico]. Matanzas: Universidad de Matanzas, 2017. [Fecha de consulta: 30 de Julio de 2022]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/328562501>

FLOWSERVE. 2022. FLOWSERVE. *FLOWSERVE.* [En línea] FLOWSERVE CORPORATION, 2022. [Citado el: 20 de Julio de 2022.] <https://www.flowserve.com/es/products/brands/sihi/>.

GAULIER , Guillaume y ZIGNAGO, Soledad. 2020. Observatorio de Complejidad Económica. OEC. [En línea] Octubre de 2020. [Citado el: 18 de Julio de 2022.] <https://oec.world/es/profile/hs/vacuum-pumps?countryComparisonGeoSelector=sa&countryComparisonMeasureSelector=Percentage&countryComparisonRankSelector=Bot&yearSelector1=tradeYear1.2010-23>.

BANNWARTH, Helmut. 2005. *Liquid Ring Vacuum Pumps, Compressors and Systems.* Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2005. 9783527312498.

INDUSTRY DATA ANALYTICS. 2022. INDUSTRY DATA ANALYTICS. *INDUSTRY DATA ANALYTICS.* [En línea] INDUSTRY DATA ANALYTICS, 31 de

Marzo de 2022. [Citado el: 16 de Julio de 2022.]
<https://www.industrydataanalytics.com/reports/pumps-market>.

MAYORGA OVALLE, Jann Nikolas. *Análisis de sonido de una autoclave.* Proyecto de Grado [Título Ingeniero Electrónico]. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana - Seccional Bucaramanga, 2019. [Fecha de consulta: 28 de Julio de 2022]. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/8498>

MORDOR, Intelligence. 2021. Mordor Intelligence. *Mordor Intelligence.* [En línea] Mordor Intelligence, 31 de Mayo de 2021. [Citado el: 16 de Julio de 2022.] <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/hydraulic-pumps-market#>.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU). 2019. NACIONES UNIDAD. *NACIONES UNIDAD.* [En línea] ONU, 2019 [Citado el: 18 de Julio de 2022.] <https://www.un.org/es/global-issues/water>

POLARIS MARKET RESEARCH. 2022. Polaris Market Research. *Polaris Market Research.* [En línea] Polaris Market Research, Febrero de 2022. [Citado el: 16 de Julio de 2022.] <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/liquid-ring-vacuum-pump-market>.

SEDAPAL. 2022. SEDAPAL. Tarifas. [En línea] SEDAPAL, 07 de Mayo de 2022. [Citado el: 14 de Agosto de 2022]. <https://www.sedapal.com.pe/paginas/tarifas>

SIHI CHILE. 2007. SIHI CHILE INGENIERIA & SERVICIO. *SIHI CHILE.* [En línea] SIHI CHILE, 15 de Agosto de 2007. [Citado el: 20 de Julio de 2022.] <https://www.sihichile.cl/>.

SIHI PERÚ. 2007. SIHI PERÚ. *SIHI PERÚ.* [En línea] SIHI PERÚ, 15 de Agosto de 2007. [Citado el: 2018 de JULIO de 20.] <https://www.sihiperu.com.pe/Historia-SIHIPERU.html>.

STERLING FLUID SYSTEMS GROUP.2002. *Liquid Ring Vacuum Pumps & Compressors Technical Details & Fields of Applications.*

Uyazán, Ana María, Iván Darío Gil, J. L. Aguilar, Gerardo Rodríguez Niño, and Luis Alfonso Caicedo. *“Ethanol dehydration”.* Ingeniería e Investigación 24, no. 3, 01 de Setiembre de 2004. [Citado el: 18 de Julio de 2022.] <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingevinv/article/view/>

WETZEL, Loren; CO, GRAHAM MANUFACTURING. Proper piping for vacuum systems. *Chemical engineering*, 1996, vol 103, no 11, p. 104-110

ZAPANA MAMANI, Alex Atilio. *Adecuamiento y optimización del consumo de zinc en la etapa de Merrill Crowe de la unidad minera Arasi-Puno.* Tesis [Ingeniero Metalurgista]. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019. [Fecha de consulta: 01 de Agosto de 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12773/13075>.

ANEXOS

Anexo A: Declaración de conformidad de fábrica STEARLING SIHI GmbH.

Anexo B: Planilla de recolección de datos.

Anexo C: Planilla de recolección de datos de la visita realizada.

Anexo D: Catálogo de la Bomba de vacío Flowserve SIHI modelo LPHX serie
45000

Anexo E: Ficha de selección de tanques separadores de líquidos para bomba de
vacío de anillo líquido

Anexo F: Catálogo de tanques separadores de líquidos para bomba de vacío de
anillo líquido.

Anexo G: Ficha de protocolo de puesta en marcha.

Anexo H: Ficha de protocolo de puesta en marcha ejecutada al cliente.

Anexo I: Ficha técnica del intercambiador de calor tipo carcasa y tubos.

Anexo J: Tabla de vapor de agua (estado de saturación). Helmut Bannwarth.

Anexo K: Presupuesto presentado al cliente.

Anexo L: Orden de compra enviada por el cliente.

Anexo LL: Tarifario de agua potable y de alcantarillado - SEDAPAL

Anexo A. Declaración de conformidad de fábrica STEARLING SIHI GmbH



Sterling SIHI GmbH
 Postfach 1941, D-25509 Itzehoe
 Telefon: (04821) 771 - 01 Telefax: (04821) 771 - 274

Declaration of Conformity
 In the sense of the EU Directive 98/37/EC, Appendix II B

We herewith declare that the liquid ring vacuum pump of the series

LPHX 45316 AB AGE 0K1

In the version supplied by us complies with the following relevant regulations:

EU Machine Directive 98/37/EC, Appendix I No. 1
EU Directive 94/9/EC (ATEX), Group and category: Ex II 2 G

And that is destined for installation in a machine / assembly with other machines to form a single machine and that it may not be commissioned until it has been determined that the machine in which this pump is to be installed or with which this pump is to be assembled complies with the clauses of the EU Machine Directive in the version of 98/37/EC and 94/9/EC.

Harmonised standards used, in particular:

EN 1012 - 1+2	EN 1127 - 1	EN 13463 - 1
EN ISO 12100 - 1	EN ISO 2151 - 1	EN 13463 - 5
EN ISO 12100 - 2		EN 13463 - 8

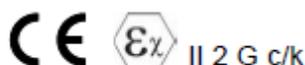
in the valid version.

National technical standards and specifications used, in particular:

BGR 500 (Operation of machines in the chemical engineering)

Unauthorised alternations of the pump unit and any use not in accordance with valid regulations and / or intended use result in a loss of validity of this declaration.

Notification of pump:



Sterling SIHI GmbH

Operation Manager

Produkt Linie Manager LRVP

Erich Mohrdieck

ppa. Ralf Mann



A member of the Sterling Fluid Systems Group

Sitz:
 25524 Itzehoe
 Lindenstraße 170
 Amtsgericht Itzehoe HRB 1593

Geschäftsführer:
 Jürgen Arnold
 Willy Hartung
 Roger McMahon

Bankverbindungen:
 Commerzbank AG, Itzehoe
 Deutsche Bank AG, Itzehoe

(BLZ 222 400 73) 80 250 25
 (BLZ 200 700 00) 77 070 03

SWIFT-Code:
 COBA DE FF 222
 DEUT DE HH 200

Anexo B. Planilla de recolección de datos

Información de Operación



Cliente:

Ubicación del proceso:

Condiciones Básica			
Presión de ingreso p_1	[mbar]		Presión de descarga [mbar]
Temperatura de gas t_1	[°C]		Temperatura de gas t_2 [°C]

Ingreso de Gases	Componentes						Total
Nombre / Fórmula							
Peso molecular	[kg/kmol]						
Flujo en condiciones	[kg/h]						
De ingreso	[m ³ /h]						
Composición (Vol.-% / Masa-%)							
Presión de vapor a	°C						
ingreso [mbar] a	°C						
capacidad calorífica a	[kJ/kgK]						
Calor de evaporación a t_1	[kJ/kg]						
Solubilidad del gas a t_3	a p_1						
En el líquido de serv.	[g/l] A p_2						
Características (tóxico, explosivo, ...):							

Líquido de servicio			
Nombre / Fórmula		Temperatura de ingreso t_3	[°C]
Presión de vapor a	°C	Capacidad calorífica	líquido
ingreso [mbar] a	°C	a t_3 [kJ/kgK]	gaseoso
Densidad	[kg/m ³]	Calor de evaporación	[kJ/kg]
Viscosidad dinámica	[mPa s]	Peso molecular	[kg/kmol]
Características (tóxico, explosivo, ...):			

Modo de operación			
Amperaje del motor:	A	Voljate del motor:	V
Sistema de básico	Autocebado:	Conexión:	Enfriamiento externo:
	Temperatura de líquido de servicio		[°C]
Sistema de recirculación parc.	Temperatura de líquido parcial		[°C]
Sistema de recirculación total	Temperatura de líquido enfriador		[°C]
	Presión del líquido de ingreso		[mbar]

Materiales de construcción			
Cuerpo central, sop.		Impulsores	
Eje		Sellos mecánicos	

Comentarios adicionales	

Jr. Baca Flor 145, Magdalena del Mar
 Teléfonos: 51-1-4217411 / 4217413 Anexo 105
 Directos: 966655569
 E-mail: drodriquez@sihiperu.com.pe
www.sihiperu.com.pe, www.sterlingsihi.com

Anexo C. Planilla de recolección de datos de la visita realizada.



Información de Operación

Cliente: *OPP-FILM*

Ubicación del proceso: *FLEJES-1 / MASTERBATCH-P2*

FECHA: *02-07-2021*

Condiciones Básica				
Presión de ingreso p ₁	[mbar]	<i>50 mbar</i>	Presión de descarga [mbar]	<i>—</i>
Temperatura de gas t ₁	[°C]	<i>30°C</i>	Temperatura de gas t ₂	[°C] <i>28°C</i>

Ingreso de Gases		Componentes		Total
Nombre / Fórmula		<i>VAPOR DE AGUA</i>	<i>AIRE</i>	
Peso molecular [kg/kmol]		<i>18.02</i>	<i>28.96</i>	
Flujo en condiciones De ingreso [kg/h]		<i>7.15</i>	<i>7</i>	
Composición (Vol.-% / Masa-%)				
Presión de vapor a [°C]		<i>30°C</i>	<i>30°C</i>	
ingreso [mbar] a <i>30 °C</i>				
capacidad calorífica a [kJ/kgK]		<i>1.88</i>	<i>1.01</i>	
Calor de evaporación a t ₁ [kJ/kg]		<i>2431</i>		
Solubilidad del gas a t ₁ a p ₁				
En el líquido de serv. [g/l] A p ₂				
Características (tóxico, explosivo, ...): <i>NO TÓXICO - NO EXPLOSIVO</i>				

Líquido de servicio			
Nombre / Fórmula	<i>AGUA</i>	Temperatura de ingreso t ₃	[°C] <i>21-22°C</i>
Presión de vapor a t ₁ [°C]	<i>24.86</i>	Capacidad calorífica	líquido <i>4.186</i>
ingreso [mbar] a <i>22 °C</i>	<i>26.93</i>	a t ₃ [kJ/kgK]	gaseoso
Densidad [kg/m³]	<i>1000</i>	Calor de evaporación	[kJ/kg] <i>2450</i>
Viscosidad dinámica [mPa s]		Peso molecular	[kg/kmol] <i>18.02</i>
Características (tóxico, explosivo, ...): <i>NO PRESENTA CARACTERÍSTICAS PELIGROSAS</i>			

Modo de operación			
Amperaje del motor:	<i>10HP</i>	A Voltaje del motor:	<i>220-4P</i>
Sistema de básico	<input checked="" type="checkbox"/>	V Conexión:	
		Autocebado:	<i>SI</i>
		Enfriamiento externo:	<i>NO</i>
Sistema de recirculación parc.		Temperatura de líquido de servicio	[°C] <i>21-22</i>
Sistema de recirculación total		Temperatura de líquido parcial	[°C] <i>—</i>
		Temperatura de líquido enfriador	[°C] <i>—</i>
		Presión del líquido de ingreso	[mbar] <i>—</i>

Materiales de construcción			
Cuerpo central, sop.	<i>ACERO INOXIDABLE</i>	Impulsores	<i>INOXIDABLE</i>
Eje	<i>INOXIDABLE</i>	Sellos mecánicos	<i>ETERNALON</i>

Comentarios adicionales	
<i>→ NO SE IDENTIFICÓ EL MODELO DE LA BOMBA. NI MARCA SOLAMENTE 10HP</i>	
<i>→ CONEXIÓN DE SUCCIÓN 1 1/2" Y DE DESCARGA 1 1/2"</i>	
<i>→ EL SISTEMA CONSUME MUCHA AGUA Y PUEDE NO EL AMPERAJE SI SE ALCANZA CON AGUA</i>	
<i>→ FRECUENCIA DE USO DE LA BOMBA DE AGUA → 24 HORAS</i>	

Jr. Baca Flor 145, Magdalena del Mar
 Teléfonos: 51-1-4217411 / 4217413 Anexo 105
 Directos: 966655569
 E-mail: drodriguez@sihiperu.com.pe
www.sihiperu.com.pe, www.sterlingsihi.com

Anexo D. Catálogo de la bomba de vacío Flowserve SIHI modelo LPHX serie 45000.

SIHI^{LPH-X} - Liquid Ring Vacuum Pump

Two Stage

LPH 45008, LPH 45311, LPH 45316



SIHI® Pumps

Pressure Range: 33 to 1013 mbar
Suction Volume: 55 to 258 m³/h

CONSTRUCTION

Sterling SIHI liquid ring vacuum pumps have a simple but robust construction with the following features and benefits:

- Near Isothermal compression
- Oil free, with no internal lubrication
- Capable of handling almost all gases and vapours
- Able to handle quantities of liquid "carry over"
- Low maintenance and safe operation
- Low noise and almost vibration free
- Available in a wide range of materials
- Broad range of applications
- O-ring sealing as standard
- Cavitation protection as standard
- Drain hole as standard
- Built-in solids drain
- Rotating metallic parts are non contacting to minimise wear
- ATEX compliance

Sterling SIHI liquid ring vacuum pumps of the range LPH 45008, LPH 45311 and LPH 45316 are two stage pumps. In addition, the LPH 45008 and LPH 45316 can be used as compressors without any modification. (see the Technical Catalogue - Liquid Ring Compressors)

APPLICATIONS

Evacuation and pumping of dry gases and saturated vapours. The pumps can also handle liquids. These units offer pressures in the range of 33...900 mbar(a) to atmospheric. Much lower pressures are available by using ancillaries such as ejectors and lobular boosting pumps. Typical application areas include:

- Chemical and pharmaceutical industry for distillation, drying and degassing
- Food and beverage industry for low temperature cooking, and bottle filling
- Electronic industry for impregnation and drying
- Plastics & Rubber industry for degassing
- Healthcare for sterilisers and general vacuum



NOTE

By continuously feeding the pump with a small amount of service liquid (usually water), the heat due to gas/vapour compression is conducted away. This also replenishes the liquid ring and ensures that it does not become saturated with process media. Recharging the pump with service liquid at ambient temperature enables the unit to condense evacuated gases / vapours. It can therefore be used for solvent recovery. The condensed gas and liquid can be separated in a liquid separator. More information is provided in the accessory catalogues.

The integrated solids drain permits the removal of any entrained solids whilst the pump is operating. The service liquid can therefore, simply be re-circulated. The rotation of the pump is clockwise when viewed from the drive end.

GENERAL TECHNICAL DATA

Pump Type	Units	LPH 45008	LPH 45311	LPH 45316
Speed	50 Hz	rpm		
	60 Hz	rpm		
Maximum overpressure on compression	bar	1.5		
Permissible pressure difference between suction and discharge side	max.	1.5	1.5	1.5
	min.	0.2	0.2	0.2
Hydraulic test pressure (Overpressure)	bar	3.0		
Moment of inertia of rotating parts of pump and water content	kg · m ²	0.05	0.063	0.09
Noise level at 80 mbar suction pressure	dB (A)	65		
Minimum permissible pulley diameter for V belt drive	mm	160		
Max. gas temperature:	dry	°C		
	saturated	°C		
Service liquid:	Maximum permissible temperature	°C		
	Minimum permissible temperature	°C		
	Maximum viscosity	mm ² /s		
	Maximum density	kg/m ³		
	Liquid capacity up to middle of shaft	litre	4.0	5.5
Maximum flow resistance of the heat exchanger	bar	0.2		

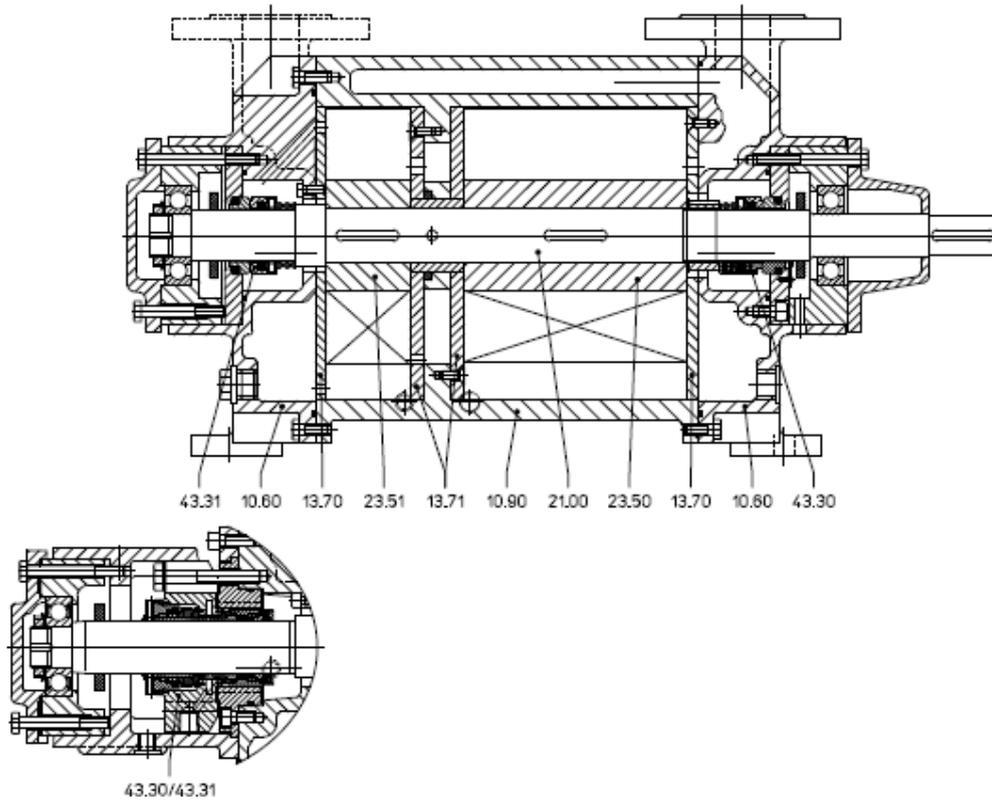
In selecting a pump, avoid choosing one which is likely to be operating at a combination of its maximum permissible limits e.g. maximum viscosity and maximum permissible pressure difference.

SIHILPH-X

Materials LPH 45008, LPH 45311, LPH 45316 with single and double mechanical seal

Position number	COMPONENT	MATERIALS	
		0K	4B
10.60	Casing	0.6025	1.4408
10.90	Central body		1.4404
13.70, 13.71	Guide disc		
21.00	Shaft	1.4021	1.4408
23.50, 23.51	Impeller	1.4308	1.4408
43.30, 43.31	Mechanical seal, Type SIHI FK (AG*)	Cr-Steel / Carbon / Butadiene rubber	Cr Ni Mo-Steel / Carbon / Viton
43.30, 43.31	Double mechanical seal	on request	

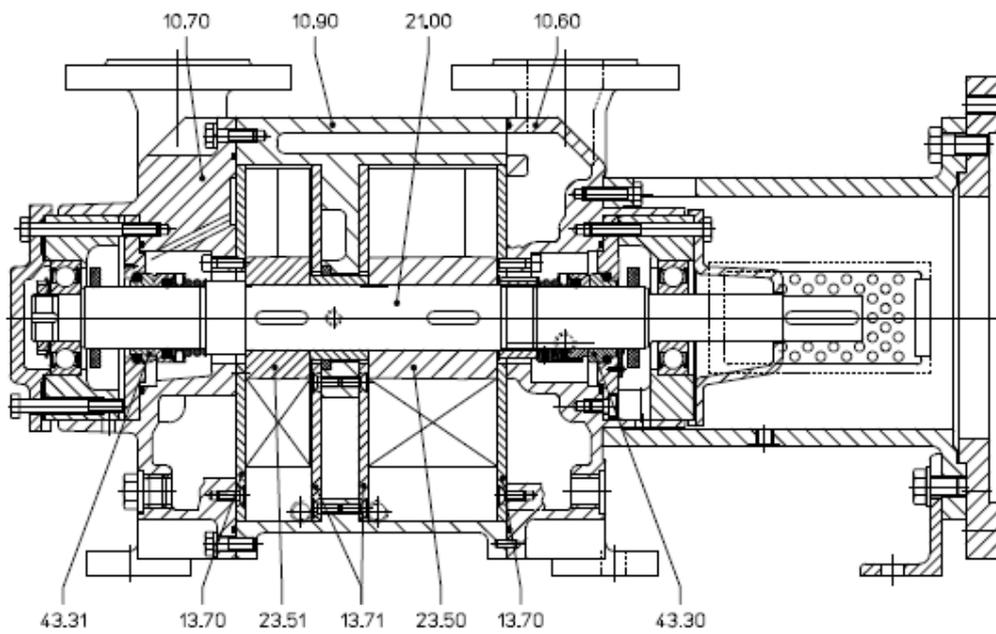
Cut-away diagram LPH 45008, LPH 45311, LPH 45316 with single and double mechanical seal



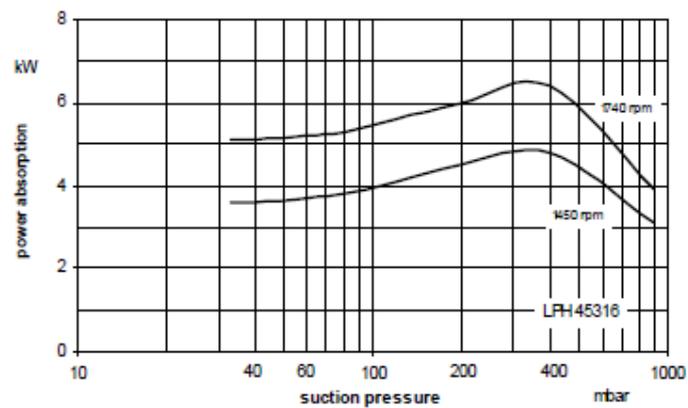
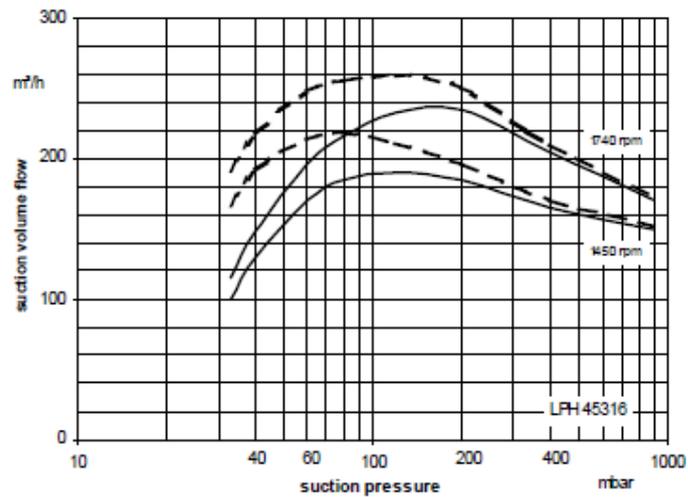
Materials LPH 45008, LPH 45311, LPH 45316 with motor carrier

Position number	COMPONENT	MATERIALS	
		DK	4B
10.60, 10.70	Casing	0.6025	1.4408
10.90	Central body		1.4404
13.70, 13.71	Guide disc		1.4408
21.00	Shaft	1.4021	1.4408
23.50, 23.51	Impeller	1.4308	1.4408
43.30, 43.31	Mechanical seal, Type SIHI FK (AG+)	Cr-Steel / Carbon / Butadiene rubber	Cr Ni Mo-Steel / Carbon / Viton

Cut-away diagram LPH 45008, LPH 45311, LPH 45316 with motor carrier



Performance Characteristics LPH 45316



The operating data is valid under the following conditions:

- Process media:
 - dry air: 20°C —————
 - steam saturated air: 20°C - - - - -
- Service liquid:
 - water: 15°C

Pressure of gas to be evacuated: 1013 mbar (Atmospheric pressure)

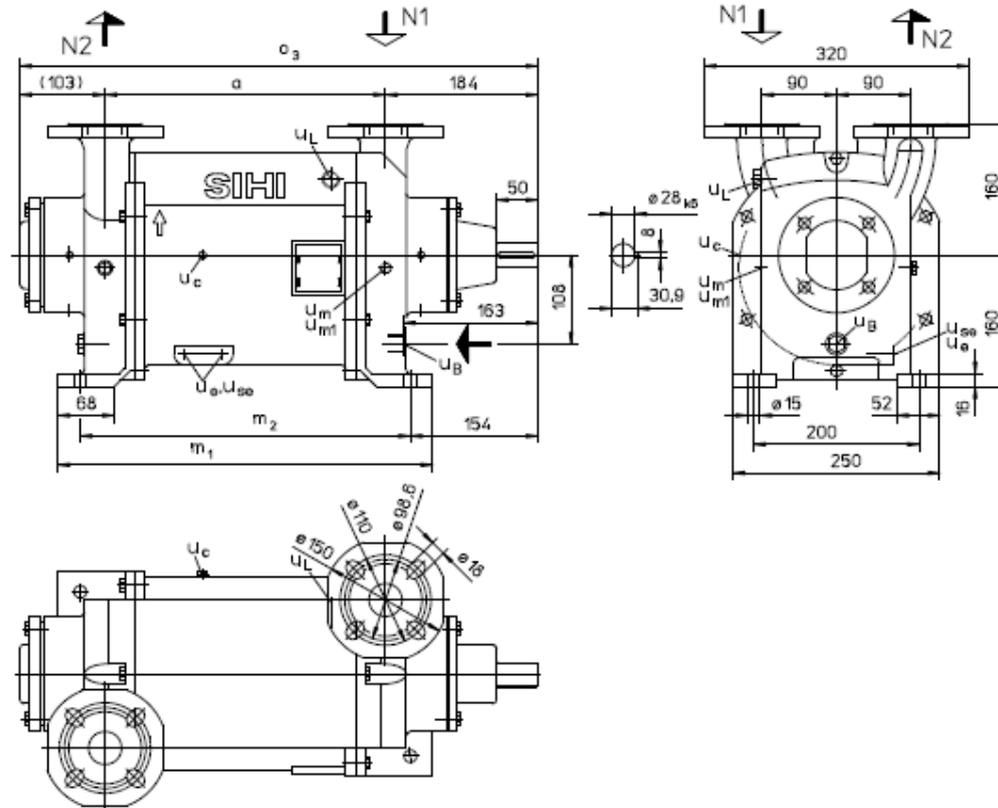
The suction volume is related to the suction pressure.

Tolerance on operating data is 10%.

Maximum consumption of make up water occurs at the lowest suction pressure.

SIHI^{LPH-X}

Dimensions LPH 45008, LPH 45311, LPH 45316 with single mechanical seal



- N 1 = Gas inlet DN 40 (according to DIN 2501 PN 10)
Gas inlet 1 1/2" (according to ANSI 150 lbs)
- N 2 = Gas outlet DN 40 (according to DIN 2501 PN 10)
Gas outlet 1 1/2" (according to ANSI 150 lbs)
- u_B = Connection for service liquid G 1/2
- u_c = Connection for cavitation protection G 1/4
- u_e = Connection for drain G 1/4
- u_{se} = Connection for dirt drain G 1/4
- u_L = Connection for air cock G 1/2
- u_m = Connection for pressure gauge G 1/4
- u_{m1} = Connection for drainage valve or liquid level sensor G 1/4

	a [mm]	m_1 [mm]	m_2 [mm]	o_3 [mm]	approx. weight [kg]
LPH 45008	239	353	299	526	68
LPH 45311	269	383	329	556	72
LPH 45316	339	453	399	626	79

SIHI^{LPH-X}

Make-up Liquid Consumption In [m³/h] dependent upon suction pressure, speed, drive type and temperature difference.

Suction pressure In [mbar]		33			120			200			400					
Pump Type	Speed [rpm]	KB			FB	KB			FB	KB			FB			
		Temperature Difference [°C]				Temperature Difference [°C]				Temperature Difference [°C]						
		10	5	2		10	5	2		10	5	2				
LPH 45008	1450	0.17	0.28	0.48	0.9	0.17	0.28	0.46	0.8	0.18	0.29	0.46	0.75	0.18	0.28	0.43
	1750	0.23	0.36	0.56		0.22	0.35	0.53		0.22	0.34	0.51		0.22	0.33	0.46
LPH 45311	1450	0.19	0.31	0.51	1.0	0.20	0.32	0.50	0.9	0.21	0.33	0.50	0.85	0.21	0.31	0.45
	1750	0.24	0.38	0.59		0.25	0.38	0.55		0.26	0.38	0.54		0.25	0.36	0.49
LPH 45316	1450	0.24	0.38	0.61	1.0	0.25	0.40	0.60	0.9	0.27	0.40	0.59	0.85	0.25	0.36	0.49
	1750	0.30	0.47	0.69		0.31	0.47	0.65		0.32	0.47	0.64		0.30	0.41	0.53

FB = Total service liquid flow rate on once-through system

KB = Flow of make-up water when combined with partial recirculation liquid at a temperature of 10°C, 5°C, 2°C, warmer than make-up water.

Product Code – order details

Range + Size	Hydraulic + Bearings	Shaft Seal	Materials	Casing Sealing	Delivery without motor : code of motor connection
	A 1. Hydraulic B Two greased roller bearings Z Two greased roller bearings, with motor carrier	AGE Mechanical seal Type SIHI FK, O-rings butadiene rubber AG1 Mechanical seal Type SIHI FK, O-rings Viton	0K Main parts out of cast iron, impellers in low alloyed steel 4B Main parts out of stainless steel	1 O-ring sealing	LS for IMB5 motor 100L resp. 112M flange Ø 250 MS for IMB5 motor 132S resp. 132M flange Ø 300
LPH 45008 45311 45316	AB	AGE AG1	0K 4B	1	-
LPH 45008 45311 45316	AZ	AGE AG1	0K 4B	1	LS LS, MS MS

Motor Selection

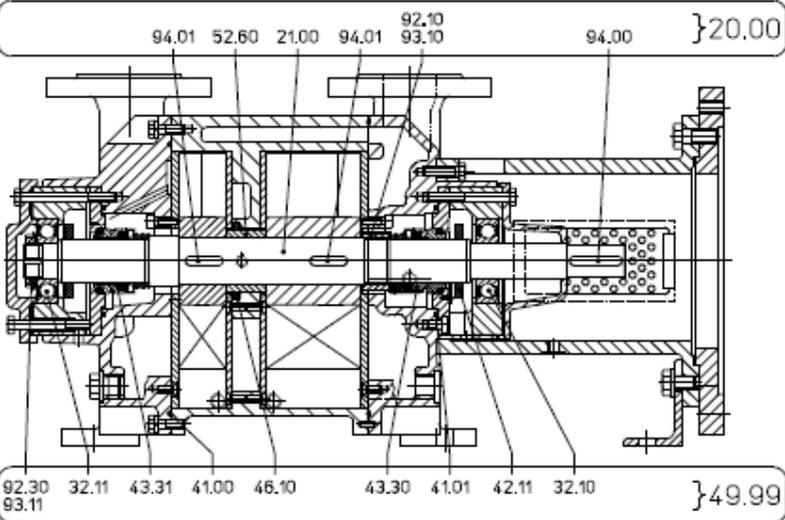
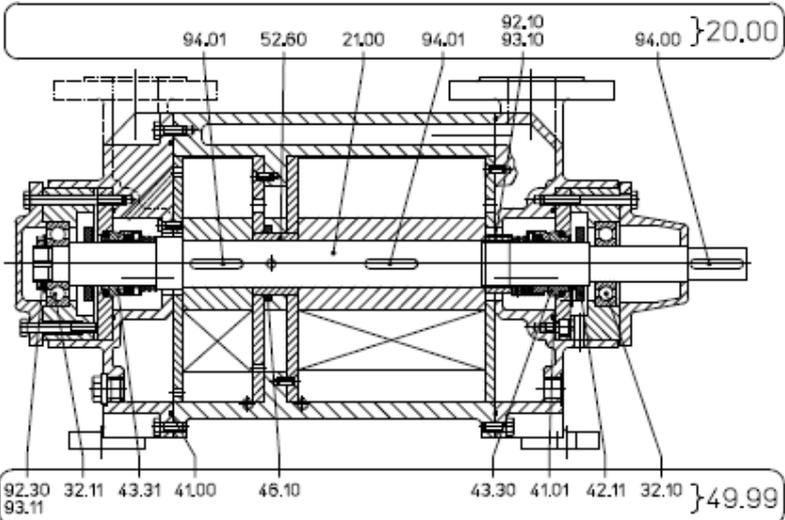
For our products we offer a lot of different motor types.

To identify the right motor please specify frequency, voltage and protection class.

Example of an Order:

LPHX 45311 AB AGE 0K 1 with 4.0 kW AC motor, 50 Hz, 400V Δ, IP55

Spare Parts Order Number

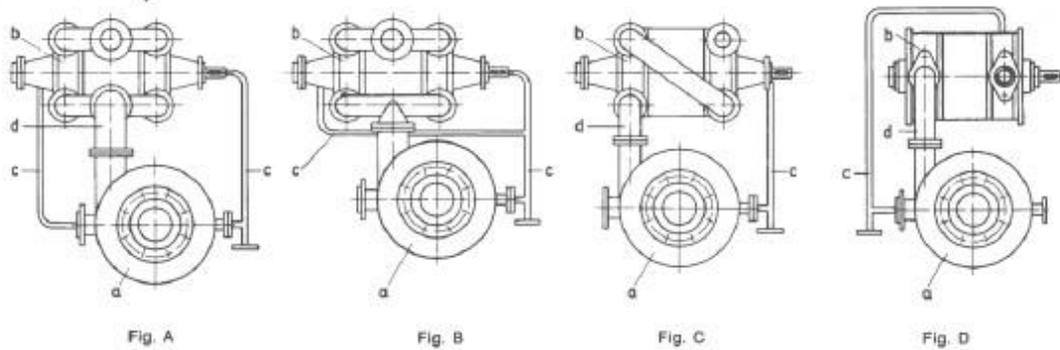


Material Design 0K				
Group	Spare Parts Kit	LPH 45008	LPH 45311	LPH 45316
20.00	Shaft	65 006 712	65 006 711	65 006 710
49.99	Basic Repair AGE	65 008 221		

Material Design 4B				
Group	Spare Parts Kit	LPH 45008	LPH 45311	LPH 45316
20.00	Shaft	65 006 757	65 006 758	65 006 759
49.99	Basic Repair AG1	65 008 223		

Anexo E. Ficha de selección de tanques separadores de líquidos para bomba de vacío de anillo líquido.

Installation Plan and Ordering Details for Liquid Separators XBp



Liquid ring vacuum pump b	Acc. to fig.	Order No. ¹⁾ of the bend d	For the operation with one pump			For the operation with two pumps		
			Liquid separator a	Order No. ¹⁾ of the liquid separator	Order No. ¹⁾ of the service liquid line c	Liquid separator	Order No. ¹⁾ of the liquid separator	Order No. ¹⁾ of the service liquid line c
LOH 05501	D	9141.040.11.	XBp 0413	0664.004.13.	9141.008.11.	XBp 0423	0664.004.23.	upon request
LOH 20103					9141.010.16.			
LOH 20107					9141.010.17.			
LOH 25003					9141.010.18.			
LOH 25007					9141.010.19.			
LOH 25309				9141.015.73.				
LPH 40106	C	9141.040.09.	XBp 0414	0664.004.14.	9141.015.68.	XBp 0424	0664.004.24.	
LPH 40411		9141.040.08.			9141.015.69.			
LPH 40516	A	9141.050.29			9141.015.67.			
LPH 45008	C	9141.040.09.	XBp 0413	0664.004.13.	9141.015.70.	XBp 0423	0664.004.23.	
LPH 45311		9141.040.12.			9141.015.71.			
LPH 45316					9141.015.72.			
LPH 50115	A	9141.050.29.	XBp 0512	0664.005.12.	9141.025.52.	XBp 1020	0664.010.20.	
LPH 50523		9141.065.14.	XBp 0912	0664.009.12.	9141.025.55.	XBp 1720	0664.017.20.	
LPH 55312	C	9141.050.29.	XBp 0512	0664.005.12.	9141.025.53.	XBp 1020	0664.010.20.	
LPH 55316					9141.025.57.			
LPH 55320					9141.025.54.			
LPH 60520	B	—	XBp 0913	0664.009.13.	9141.025.24.	XBp 1721	0664.017.21.	
LPH 60527					9141.025.25.			
LPH 65320	C	9141.065.18.	XBp 0912	0664.009.12.	9141.025.26.	XBp 1720	0664.017.20.	
LPH 65327					9141.025.34.			
LPH 70123					9141.100.03.			
LPH 70530	B	—	XBp 2312	0664.023.12.	9141.050.11.	XBp 3921	0664.039.21.	
LPH 70540					9141.050.12.			
LPH 75320	C	9141.100.03.	XBp 2311	0664.023.11.	9141.050.13.	XBp 3920	0664.039.20.	
LPH 75330					9141.050.14.			
LPH 75340					9141.050.15.			
LPH 80540	B	—	XBp 5014	0664.050.14.	9141.050.16.	XBp 11021	0664.110.21.	
LPH 80553					9141.050.17.			
LPH 85340	C	9141.150.01.	XBp 5013	0664.050.13.	9141.050.18.	XBp 11020	0664.110.20.	
LPH 85353					9141.050.19.			
LPH 90554					9141.080.07.			
LPH 90567	B	—	XBp 10212	0664.102.12.	9141.080.08.	XBp 15222	0664.152.22.	
LPH 95354					9141.200.01.			
LPH 95367	C				9141.080.10.			
LPH 10054	B	—	XBp 15212	0664.152.12.	9141.080.11.	XBp 20222	0664.202.22.	
LPH 10534	C	9141.200.01.	XBp 15112	0664.151.12.	9141.080.12.	XBp 20122	0664.201.22.	
LPH 11055	B	—	XBp 20212	0664.202.12.	9141.100.01.	XBp 30222	0664.302.22.	
LPH 11535	C	9141.250.01.	XBp 20112	0664.201.12.	9141.100.02.	XBp 30122	0664.301.22.	

¹⁾ Additional number for material design see last page.

Anexo F. Catálogo de tanques separadores de líquidos para bomba de vacío de anillo líquido.

Liquid separators for liquid ring vacuum pumps



During the operation of a liquid ring vacuum pump, a part of service liquid is discharged through the discharge connection together with the process gas or vapour. In most cases it is therefore necessary to fit a liquid separator to the discharge line of the pump which separates the service liquid from the process gas. Sterling SIHI supplies a range of liquid separators for this purpose, and for connection to the discharge side of the liquid ring vacuum pumps. After the separation the gas contains only the parts of the vapour corresponding to the saturated vapour pressure of the liquid in the separator. The size of the liquid separators depends on the pumped out gas flow, i.e. on the suction capacity of the connected liquid ring vacuum pump and on the service liquid flow rate.

Sterling SIHI liquid separators for liquid ring vacuum pumps are supplied in various designs:

Liquid separator type XBP as (vertical) separator;
Liquid separator type XBA as overhead separator
(overhead liquid separator);

Type XBP upright liquid separators are installed close to the corresponding liquid ring vacuum pumps and connected to it by pipelines. Two or more liquid ring vacuum pumps can be connected to a single liquid separator if the correct rating is used.

Type XBA overhead liquid separators are mounted directly on the discharge connection of the liquid ring vacuum pump, so making possible a space saving installation of the pump.

The liquid ring vacuum pumps are operated with different connections of the liquid separators, depending on the course of the gas and the service liquid. Figs. 1 to 6 on the next page show schematically the most common methods of operation.

a) Operation with once through service liquid (if the service liquid shall not be re-used)

The entire liquid flow needed for the operation of the liquid ring vacuum pump is taken from a liquid system (e.g. water mains).

A liquid separator can be renounced if it is not necessary to discharge gas and liquid separately.

If the pressure of the make-up liquid (e.g. the water pressure in the mains) varies considerably, in this case the liquid should not be conducted directly into the liquid ring vacuum pump. It is advisable to conduct the make-up liquid into the pump through a pressure reducer with interposed solenoid valve, especially if using smaller liquid ring vacuum pumps (up to size LPH.40000 resp. LPH.45000) (see fig. 1).

If using liquid ring vacuum pumps with greater need of make-up liquid (more than 1,5 m³/h) it is advisable to conduct the make-up liquid firstly into a separator (type XBP) with float valve (type XC); out of it the connected liquid ring vacuum pump sucks the make-up liquid. It is advisable to install a separator into the discharge line of such a pump, so that gas and service liquid can be drained separately (fig. 2 and 3).



Upright liquid separator
(vertical separator)
Type XBP

b) Operation with partial recirculation of the service liquid (normal operation)

The service liquid consists of a mixture of make-up liquid, taken from a liquid system (e.g. water mains), and the circulating liquid taken from the liquid separator.

A liquid flow similar to the quantity of make-up liquid leaves the separator as discharge liquid through the outlet (see. figs. 4 to 5).

c) Operation with total recirculation of the service liquid

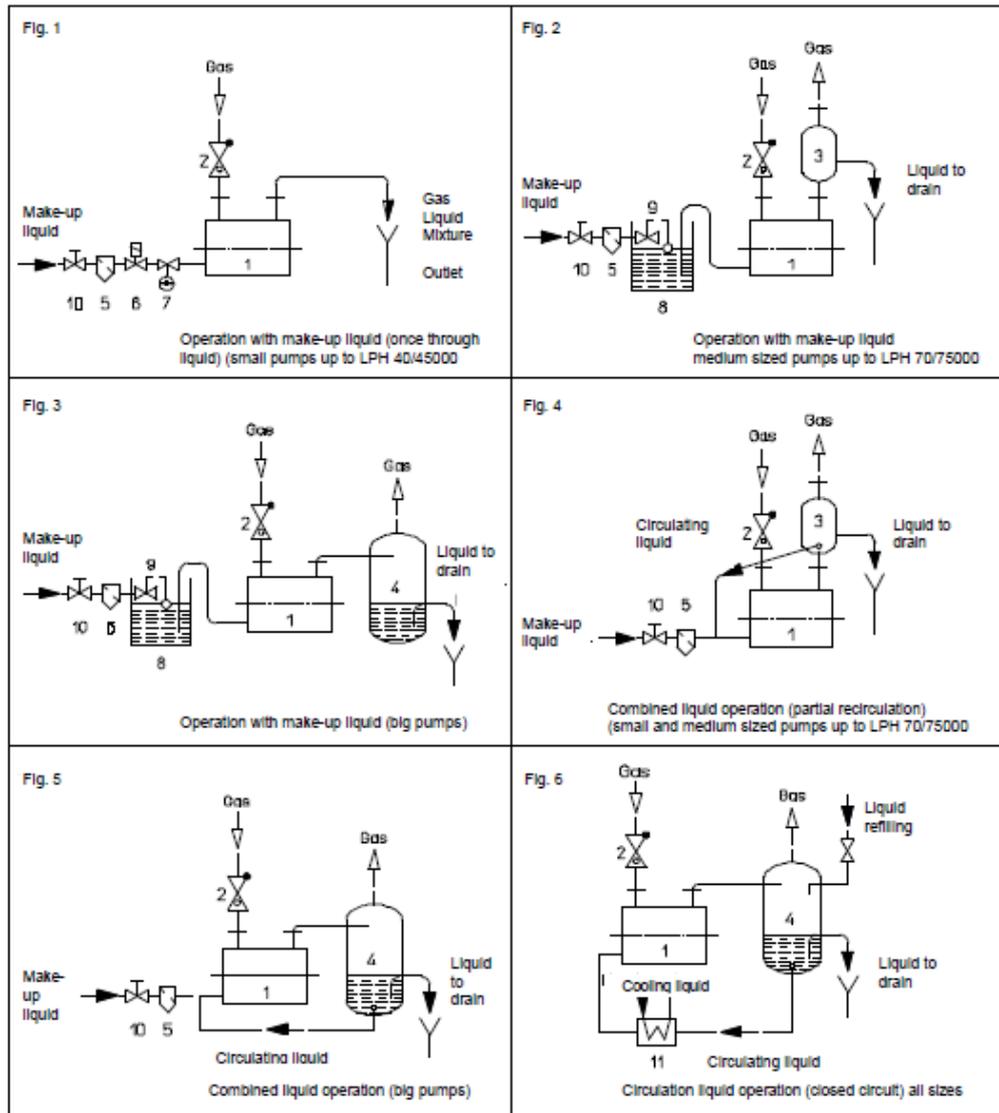
During this operation the entire liquid, separated from the gas (resp. vapour) in the separator, is re-used as service liquid. In case of continuous operation it is necessary to interpose a heat exchanger for the cooling of the service liquid, warmed up in the pump (see fig. 6).



Upon request each liquid ring vacuum pump will be delivered complete with liquid separator or mounted ready for use.

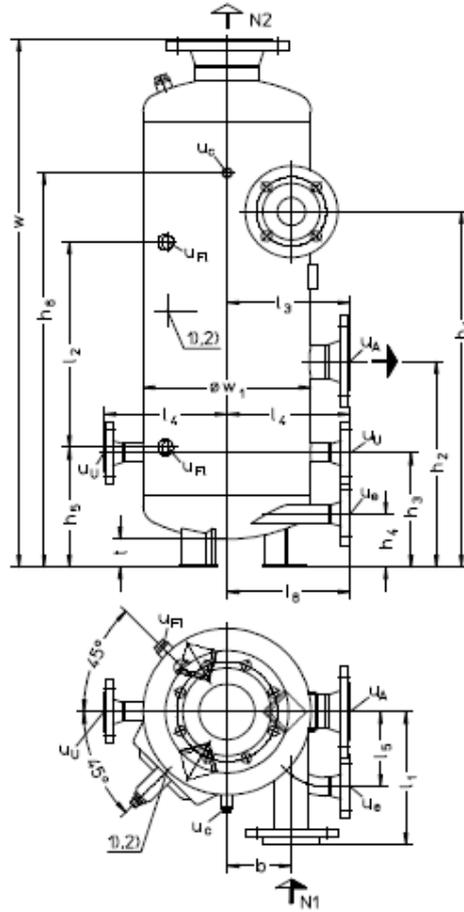
Overhead liquid separator
type XBA

Typical modes of operation of liquid ring vacuum pumps



- 1 Liquid ring vacuum pump
- 2 Ball type non-return valve
- 3 Overhead liquid separator type XBa
- 4 Liquid separator (vertical separator) type XBP
- 5 Strainer
- 6 Solenoid valve
- 7 Pressure reducer with pressure gauge
- 8 Make-up liquid tank type XBw
- 9 Float valve type XCs
- 10 Shut-off valve
- 11 Heat exchanger

Dimension table



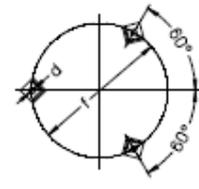
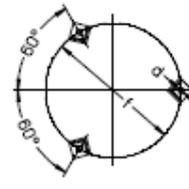
Upright liquid separator XBp

Operating over pressure 0,5 bar
Hydraulic test (overpressure) 1,0 bar

- 1) = without special sighthole
- 2) = handhole lock 100 x 150

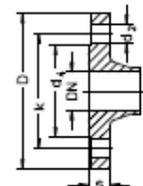
- N1 = gas inlet
- N2 = gas outlet
- u_A = liquid drain
- u_c = connection for protection cavitation
- u_e = drain
- u_F = connection for liquid level indicator G 1/2
- u_U = connection for circulating liquid

Contrary to the figures u_A, u_U and u_e at the separator XBp 413 and u_U and u_e at the separator XBp 414 are executed as threaded sleeves.



type	nom. volume l	weight est. kg	mo- del	N1	N2	u _A	u _c	u _e	u _U	b	d	f	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅	h ₆	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	t	w	w ₁	
XBp 0413	40	28	1)	40	50	G1	G1/2	G1/2		105		210	595	235	125	89	125	670	210	300	170	165	119	0	75	860	273	
XBp 0414	31	31		50	80	32					100			620	240	130		130						200				900
XBp 0512	52	40	2)			100		G1/4		115	12	220	640		205	95	205	710				220	220	135	220	50	950	300
XBp 0912	90	51		65		50				25	130		270	750	350	170	80	170	890	240	380	240	240	120	240		1110	350
XBp 0913	53	53		100	125					115			605															
XBp 2311	230	96		150	80	G1/2		25		185	420	965	520	270	130	270		1180	315			315	315	0	315	1480	500	
XBp 2312	98	98		125	200				50	175	18	835								450			0	80				
XBp 5013	500	148		150		100	G1/2			230	540	1275	680	325	110	325		1530	380			390	390		380	1870	650	
XBp 5014	156	156		200	250					205										400								

flange connections to DIN 2501 PN 10																
DN	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250					
k	85	100	110	125	145	160	180	210	240	295	350					
D	115	140	150	165	185	200	220	250	285	340	395					
number x d ₂	4x14	4x18	4x18	4x18	4x18	8x18	8x18	8x18	8x22	8x22	12x22					
d ₄	68	78	88	102	122	138	158	188	212	268	320					
s	16	16	16	18	18	20	20	22	22	24	26					

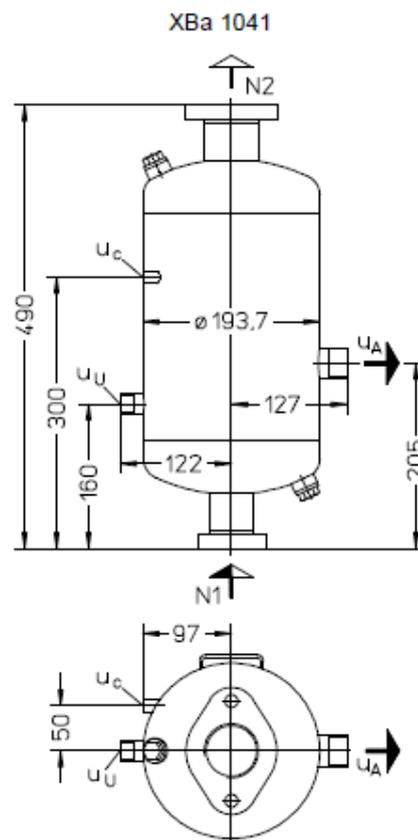
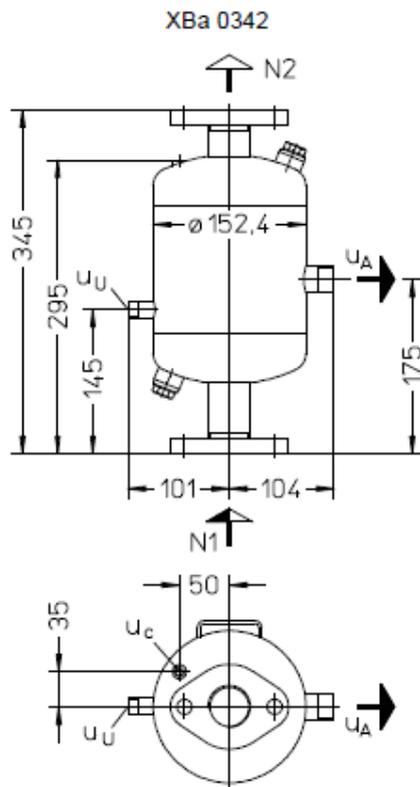


Dimension table

Overhead liquid separator XBa

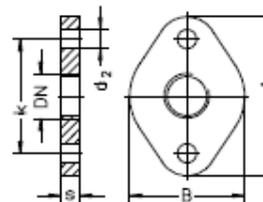
Operating overpressure 0,5 bar
Hydraulic test (overpressure) 1,0 bar

N1 = gas inlet
N2 = gas outlet
u_A = liquid drain
u_c = connection for protection cavitation
u_u = connection for circulating liquid



type	nominal volume l	weight abt. kg	N1	N2	u _A	u _c	u _u
XBa 0342	3	5	32	32	R 3/4	G 1/6	R 3/8
XBa 1041	10	10	32	50	R 1		R 1/2

flange connections to DIN 2558 PN 6		
DN	32	50
k	90	110
A	118	140
B	85	100
number x d ₂	2 x 14	2 x 14
s	16	16



Dimension table

Overhead liquid separator XBa

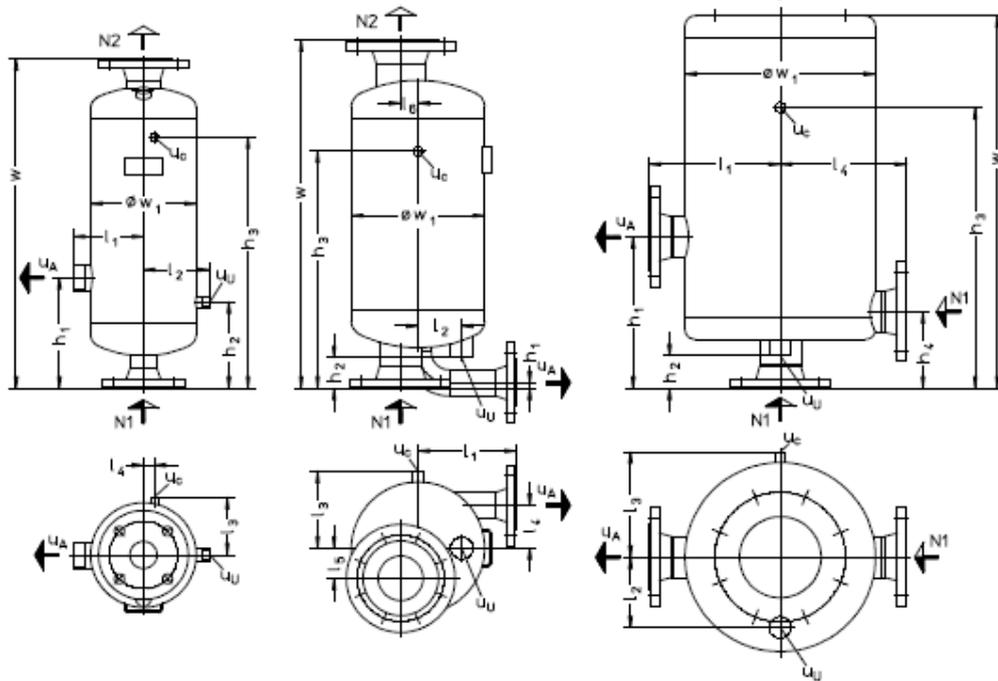
Operating overpressure 0,5 bar
Hydraulic test (overpressure) 1,0 bar

N1 = gas inlet
N2 = gas outlet
u_A = liquid drain
u_c = connection for protection cavitation
u_U = connection for circulating liquid

XBa 1040, 1340, 1341

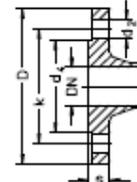
XBa 1140, 2040, 2041

XBa 5540, 10040



type	nom. volume l	weight est. kg	N1	N2	u _A	u _c	u _U	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	W	W ₁
XBa 1040	10	9,7	40	50	R 1	G 1/8	R 1/8	205	160	395	-	127	122	105	0	-	-	490	194
XBa 1140	11	16	50	65	40	-	G 1	10	59	-	-	160	70	-	60	52	30	500	219
XBa 1340	15	14	40	50	R 1 1/2	G 1/8	R 1/8	205	160	465	-	129	122	107	20	-	-	610	194
XBa 1341		15	50	65		-					-								
XBa 2040	20	24	65	80	40			10	56,5	439	-	180	80	142	75	56	32	645	245
XBa 2041		23	50	65		G 1/4	G 1				-								
XBa 5540	55	35	65	150	65			280	60	520	142	240	130	196	232	-	-	690	350
XBa 10040	100	70	100	200	80		G 2		55	650	230	290	160	250	300	-	-	850	450

flange connections to DIN 2501 PN 10							
DN	40	50	65	80	100	150	200
k	110	125	145	160	180	240	295
D	150	165	185	200	220	285	340
Anzahl x d ₂	4 x 18	4 x 18	4 x 18	8 x 18	8 x 18	8 x 22	8 x 22
d ₁	88	102	122	138	158	212	268
s	16	18	18	20	20	22	24



Material design:

	SIHI-material-No.	
	130	172
Overhead liquid separator	steel painted	1.4571
Upright liquid separator		

Any changes in the interest of the technical development are reserved.

Sterling SIHI GmbH
Lindenstraße 170, D-25524 Itzehoe, Germany, Telephone +49 (0)48 21 / 7 71 - 01, Fax +49 (0)48 21 / 7 71 - 274

Anexo G. Ficha de protocolo de puesta en marcha.

		 SIHI PERU <small>Industria para todo tipo de aplicaciones</small>
Documento N°	PROTOCOLO	
Procedimiento de Instalación	CONTROL PUESTA EN MARCHA	
Fecha		
Revisión		
Página	1 de 2	

Procedimiento: <u>Puesta en Marcha y Parada de la Bomba</u>	
Documento Referencia : _____	
Fecha de ejecución: _____	Realizado por: _____ Empresa: _____

Generales de la Instalación	Ejecutado	
	SI	No
1.- Cimentación, tipo _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.- Montaje, tipo _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.- Alineamiento, tolerancias _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.- Verificación de acoplamientos		
Engrase	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aseguramiento de torques	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Guardacoples	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.- Verificación de giro del motor		
Amperaje _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Giro libre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dirección de giro: ubicar flechas de sentido de giro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.- Conexiones		
Tuberías soportadas por sus anclajes y no transmiten carga a la bomba	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Retiro de protecciones de suciedad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tuberías lado de succión limpias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Instalación de filtro temporal en lado succión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Díam. de tubería succión mayor o igual a díam. succión de bomba	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Díam. de tubería descarg. mayor o igual a díam. descarga de bomba	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cota de tubería de descarga respecto a la brida de la bomba _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.- Línea de agua de servicio		
Díam. de línea de agua mayor o igual a díam. conexión agua de bomba	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Presión de agua de suministro no excede presión atmosférica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nivel de agua de tanque alimentador igual al nivel del eje de bomba	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Panel eléctrico (suministrado por el usuario)	Ejecutado	
	SI	No
1.- Electricista calificado y autorizado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.- Bloqueos eléctricos activados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.- Conexiones en caja de terminales de motor compatibles con voltaje de trabajo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.- Conexiones en caja de terminales de motor compatibles con conexiones del panel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.- Voltaje de val. Solenoide compatible con voltaje de control.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.- Val. Solenoide se activa con el arranque del motor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Instrumentos de medición: manovacúómetros y vacúómetros		
1.- Remoción de precintos de seguridad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.- Verificación de buen estado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.- Apertura de válvulas de aislamiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES CONTROL PUESTA EN MARCHA

ACEPTACIÓN DE CONTROL PUESTA EN MARCHA SI No

Firma

Anexo H. Ficha de protocolo de puesta en marcha ejecutada al cliente.

		 SIHI PERU Bombas para todo tipo de aplicaciones
Documento N°	PROTOCOLO	
Procedimiento de instalación	CONTROL PUESTA EN MARCHA	
Fecha	03-02-22	
Revisión	1	
Página	1 de 2	

Procedimiento:	Puesta en Marcha y Parada de la Bomba	
Documento Referencia:	SIHI - DIOZ DE	
Fecha de ejecución:	03-02-22	Realizado por: <u>Diego Rodríguez</u> Empresa: XXXXXXXXXX

Generales de la instalación	Ejecutado	
	SI	No
1.- Cimentación, tipo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<u>CEMENTO, MISMO NIVEL DE MARCAJAS</u>		
2.- Montaje, tipo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<u>ANCLAJE A SUELO</u>		
2.- Alineamiento, tolerancias	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<u>ALINEAMIENTO CON NIVEL COMPARADOR</u>		
3.- Verificación de acoplamientos		
Engrase	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aseguramiento de torques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Guardacoples	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.- Verificación de giro del motor		
Amperaje	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Giro libre	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dirección de giro: ubicar flechas de sentido de giro	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<u>NO MEDIRSE SIN ACCESO</u>		
4.- Conexiones		
Tuberías soportadas por sus anclajes y no transmiten carga a la bomba	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Retiro de protecciones de suciedad	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tuberías lado de succión limpias	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Instalación de filtro temporal en lado succión	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diám. de tubería succión mayor o igual a diám. succión de bomba	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diám. de tubería descarg. mayor o igual a diám. descarga de bomba	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cota de tubería de descarga respecto a la brida de la bomba	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<u>5cm</u>		
5.- Línea de agua de servicio		
Diám. de línea de agua mayor o igual a diám. conexión agua de bomba	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Presión de agua de suministro no excede presión atmosférica	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nivel de agua de tanque alimentador igual al nivel del eje de bomba	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Panel eléctrico (suministrado por el usuario)	Ejecutado	
	SI	No
1.- Electricista calificado y autorizado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<u>→ Por parte del cliente</u>		
2.- Bloques eléctricos activados	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.- Conexiones en caja de terminales de motor compatibles con voltaje de trabajo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.- Conexiones en caja de terminales de motor compatibles con conexiones del panel	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.- Voltaje de vál. Solenoide compatible con voltaje de control	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.- Vál. Solenoide se activa con el arranque del motor	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<u>→ NO CUENTA CON SOLENOIDE</u>		

Instrumentos de medición: manovacuómetros y vacuómetros		
1.- Remoción de precintos de seguridad	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.- Verificación de buen estado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.- Apertura de válvulas de aislamiento	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES CONTROL PUESTA EN MARCHA

El cliente instaló la línea de agua helada sin soporte, verificar

LE REQUIERE DE LOS FILTROS A LA BOMBAS DE LA BOMBA, CRISTALIZADOR DE PRESIONES SUJAS

ACEPTACIÓN DE CONTROL PUESTA EN MARCHA SI No

[Firma]
Firma

Anexo I. Ficha técnica del intercambiador de calor tipo carcasa y tubos.

Ficha Técnica de Intercambiador de Calor										
1	Cliente: SIHI-PERU									
2	Referencia: Circuito de refrigeración									
3	Unidad de Servicio: Agua Helada	Numero de referencia: DR-005			Numero de referencia del cliente.:					
4	Item: Liq-Liq HX	Modelo: Casco y Tubo								
5	Fecha: 11 de Julio de 2021 Numero de Revisión.: 1									
6	Tamaño: 1500 mm	Tipo: A		Horizontal		Conexiones: 1 1/2" paralelo				
7	Superficie: 0.3 m ²	Material: AISI 304								
8	Rendimiento de la Unidad									
9	Asignación de fluidos			Carcasa			Tubos			
10	Nombre del Fluido			Agua			Agua			
11	Cantidad total del fluido:			2253.24 (4.5)			4005.76 (8)			
12	Vapor (Ingreso/Salida)			0.0			0.0			
13	Líquido			2253.3			2248.5			
14	Temperatura (Ingreso/Salida)			30			21			
15	Punto de Rocío									
16	Densidad(Vap / Liq)			60.86			61.18			
17	Viscosidad			0.79			0.98			
18	Peso Molecular, Vap			18.02			18.02			
19	Peso Molecular, NC									
20	Calor específico			1.00			1.00			
21	Conductividad térmica			0.35			0.34			
22	Calor Latente									
23	Presión (abs)			50.00			48.52			
24	Velocidad			0.72			1.5			
25	Perdidas de carga (permitida/calculada)			10			1.48			
26	Resistencia a la suciedad (mínimo)			0.00025			0.00025			
27	Intercambio de calor			36973.012 BTU/h			MTD Factor de corrección 0.917			
28	Tasa de Transferencia, Servicio			91.62			Sucios 36.47			
29	Construcción del intercambiador						Dibujo			
30				Carcasa			Tubo			
31	Diseño/prueba de presión			psi 100 / 110			100 / 110			
32	Temperatura de Diseño			F -20 / 200			-20 / 200			
33	Numero de pasos			1			1			
34	Corrosión permitida			in 0			0			
35	Conexiones			Ingreso in 01 1.00 / NPTF			01 1.50 / NPTF			
36	Tamaño/conexión			Salida in 01 1.00 / NPTF			01 1.50 / NPTF			
37	NPS / lb									
38	Nro. Tubos			76			D.E. 0.625 Tks- Avg 0.049 (Bajo la aleta) in Longitud 4.1 ft Paso 0.5 in			
39	Tipo del tubo:			Con Aletas altas y bajas			Material del Tubo AISI 304 Patrón del tubo 30			
40	Carcasa			SS304 D.I. 7.94 D.E. 8.625 in			Cubierta de carcasa no			
41	Canales			SS304			Cubierta de canal no			
42	Tubos estacionarios			SA240-304			Tubos flotantes -			
43	Cubierta de tapa flotante			-			Protección impregnada -			
44	Baffles			Polipropileno						
45	Longitud de Baffles			-						
46	Soporte de tuberías									
47	Junta de By-pass						Junta de tuberías Resistencia soldada			
48	Junta de expansión			-			Tipo			
49	RhoV2- Boquilla de entrada			Entrada			Salida lb/(ft*s2)			
50	Empaquetaduras			-			Tamaño del tubo Fibra comprimida			
51	Cabeza flotante			-						
52	Norma de Requerimiento			ASME sec VIII Div. 1			Clase TEMA No TEMA, solo código			
53	Peso/carcasa			220 lb			Lleno de agua 297 lb			
54	Observaciones: 1. Diseñado con exeso del área superficial									
55	2.									
56	3.									
57	4.									
58	5.									
59	6.									

Anexo J. Tabla de vapor de agua (estado de saturación). Helmut Bannwarth

Table 10-31a. Continued

θ °C	ρ mbar	v'' m ³ /kg	h'' kJ/kg	Δh_v kJ/kg
-10	2.601	467.1	2480.2	2834.1
-9	2.841	429.3	2482.1	2833.9
-8	3.101	394.8	2484.0	2833.7
-7	3.383	363.3	2485.9	2833.5
-6	3.688	334.5	2487.8	2833.3
-5	4.017	308.2	2489.7	2833.1
-4	4.373	284.2	2491.6	2832.9
-3	4.758	262.1	2493.5	2832.7
-2	5.173	242.0	2495.4	2832.5
-1	5.622	223.5	2497.3	2832.4
0	6.105	206.6	2501.6	2501.6
1	6.566	192.6	2503.4	2499.2
2	7.054	179.9	2505.2	2496.8
3	7.574	168.2	2507.1	2494.5
4	8.128	157.3	2508.9	2492.1
5	8.718	147.2	2510.7	2489.7
6	9.345	137.8	2512.6	2487.4
7	10.01	129.1	2514.4	2485.0
8	10.71	121.0	2516.2	2482.6
9	11.47	113.4	2518.1	2480.3
10	12.27	106.4	2519.9	2477.9
11	13.11	99.91	2521.7	2475.5
12	14.01	93.84	2523.6	2473.2
13	14.96	88.18	2525.4	2470.8
14	15.97	82.90	2527.2	2468.5
15	17.03	77.98	2529.1	2466.1
16	18.16	73.38	2530.9	2463.8
17	19.36	69.09	2532.7	2461.4
18	20.62	65.09	2534.5	2459.0
19	21.95	61.34	2536.4	2456.7
20	23.36	57.84	2538.2	2454.3
21	24.85	54.56	2540.0	2452.0
22	26.41	51.49	2541.8	2449.6
23	28.07	48.62	2543.6	2447.2
24	29.82	45.93	2545.5	2444.9
25	31.65	43.40	2547.3	2442.5
26	33.59	41.03	2549.1	2440.2
27	35.63	38.81	2550.9	2437.8
28	37.78	36.73	2552.7	2435.4
29	40.04	34.77	2554.5	2433.1
30	42.41	32.93	2556.4	2430.7
31	44.91	31.20	2558.2	2428.3
32	47.53	29.57	2560.0	2425.9
33	50.28	28.04	2561.8	2423.6

Anexo K. Presupuesto presentado al cliente.

Tecnología de Bombas
Tecnología de Vacío
Tecnología Térmica
Tratamientos de agua



RUC: 20289405136

Señores

[Redacted] Urb. S Vicente, Lurín

Lurín.-

[Redacted]

Analista de Compras

Fecha
03.11.2021

Referencia

Nuestra oferta N° SIHI – 0102DR

Estimados Señores:

Por medio de la presente nos es grato hacer llegar a Uds., nuestra cotización por lo siguiente:

ITEM 01:

Bomba de vacío de anillo líquido SIHI + SKID COMPLETO

Bomba de vacío de anillo líquido marca **STERLING SIHI**, modelo **LPHX .45316.AB.AGE.OK.0**, acoplada elásticamente mediante un acoplamiento flexible, a motor eléctrico trifásico, con grado de protección IP55, aislamiento tipo F, factor de servicio 1.15, 220/380/440V/60Hz, con una potencia de **10 HP**, velocidad = 1750 rpm, todo montado sobre una placabase metálica común. Bomba de fabricación Alemana.

Datos técnicos

(Para aire con vapor saturado 20°C - C y líquido de servicio a 15°C)

Volumen de succión : 190 - 260 m³/h
Presión de succión : 50 mbar (28" de Hg.)
Velocidad : 1750 rpm
Potencia absorbida : 6.5 kw
Motor recomendado : 10 HP

Materiales

Carcaza : Hierro Fundido GG 25
Disco guía : Hierro Fundido GG 25
Impulsor : Acero Inoxidable
Eje : Acero inoxidable AISI 431
Cierre del eje : Sello mecánico



Dimensiones

Succión/Descarga : 40 mm DIN 2501 PN 10

**ITEM 1.2: SKID COMPLETO PARA BOMBA DE VACÍO DE ANILLO LÍQUIDO
STERLING SIHI LPHX 45316**

INCLUYE:

1.2.1 INTERCAMBIADOR

Intercambiador de Calor todo en Acero Inoxidable Calidad AISI 304 incluyendo la tubería interna de 5/8" también en Acero inoxidable AISI 304, de 200 mm de diámetro con un largo de 1,500 mm de brida a brida, con tapas bombeadas con 4 conexiones, unión simple de 1 1/2" de Ingreso y retorno a la bomba y purga, 02 conexiones de 1" bridada en la entrada y retorno de la línea de agua.

1.2.2 TANQUE SEPARADOR DE LÍQUIDO -

Un tanque separador de líquido de 300 mm x 600 mm para trabajar en con la bomba de vacío SIHI, modelo **LPHX.45316.AB.AGE.OK.0** con visor de vidrio de 5/8" de diámetro y con una válvula flotador de 1/2" con boya en acero inoxidable para control entrada del suministro de agua al tanque, rebose de 2" un válvula de purga en la parte inferior, incluye manómetros y termómetro circular de 2" de diámetro con un acabado mediante una pintura epóxica anticorrosiva esmalte de color Azul.

**1.2.3 SKID PARA INSTALACION DE LA BOMBA DE VACIO LPHX 45316
INCLUYENDO ACCESORIOS**

El skid consiste en una base de acero estructural, donde será instalada la bomba de vacío con su motor, el intercambiador de calor y el tanque liquido separador, en la cual se incluirá también la instalación de todos los accesorios, tanto para succión como para la descarga del agua como se muestra en la foto referencial:

Además se incluye todas las tuberías y bridas las cuales se instalaran según el diagrama mostrado por nosotros, entregando este Skid llave en mano, solamente para ser anclada en el piso o en una base y poder conectar las tuberías de alimentación de agua y la succión.

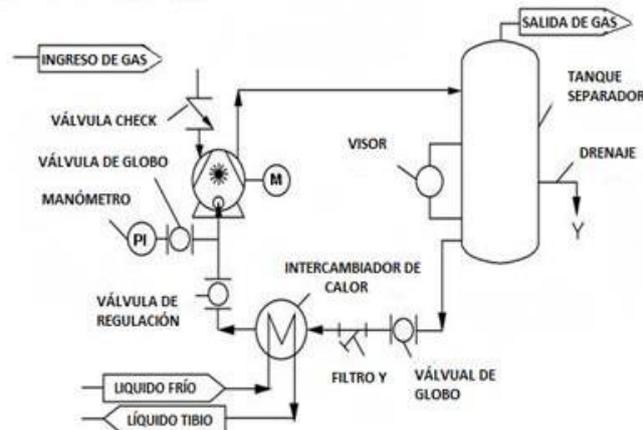
Además, se está incluyendo en el precio del Skid el pintado de la misma con pintura de base epóxica y acabado con pintura epóxica anticorrosiva.

VALOR UNITARIO ELECTROBOMBA + SKID COMPLETO :

ITEM 1: US\$.- 12,700. 00 + I.G.V



ESQUEMA DEL SISTEMA DE CICLO DE RECIRCULACIÓN TOTAL DE LÍQUIDO DE SERVICIO:



CONDICIONES COMERCIALES

Precio Total del Proyecto	
c/descuento	: US\$.- 25,400.00 + IGV
Moneda	: Dólares Americanos
Plazo de entrega	: 03 a 04 SEMANAS
Forma de pago	: FACTURA 60 DIAS
Garantía	: 12 meses
Validez de la oferta	: 30 días
Lugar de entrega	: En sus almacenes en Lima.

Esperando que nuestra oferta sea de su agrado, se despide de Uds., muy atte.

Diego Rodriguez Monzón

SIHI PERU

CEL 966655569

E-mail: ventas@sihiperu.com.pe / droduiguez@sihiperu.com.pe



Anexo L. Orden de compra enviada por el cliente.

Dirección: [Redacted] Urb. San Vicente - Lurin - Lima Teléfono: [Redacted] Fax: [Redacted] RUC: [Redacted]		Orden de Compra Nro. 0010064634 Fecha: 02/11/2021
Proveedor: IMPORTADORA SIHI CHILE LTDA. SUC. PERU Dirección: CARLOS BACA FLOR, ORRANTIA -145 Distrito: Magdalena del Mar Provincia: Lima Departamento: Lima País: Peru	Condiciones: FACTURA 60 DIAS Aprobaciones electrónicas Ite: [Redacted] 2da: [Redacted] Fecha: 04/11/2021 Fecha: 08/11/2021 Notas De Despacho: [Redacted]	
Dirección de Envío: Dirección: [Redacted] Urb. San Vicente - Lurin - Lima Teléfono: [Redacted] Anexo: 300/301/302 Contacto: Xiomara [Redacted] E-Mail: [Redacted]	Dirección de Facturación: Dirección: [Redacted] Urb. San Vicente - Lurin - Lima Teléfono: [Redacted] Anexo: 314 Contacto: Pilar [Redacted] E-Mail: recepciondefacturas@[Redacted]	

Naturaleza Gasto / Ingreso : 88885 - Mantenimiento: Repuestos / Servicios

Kardex	Código	Descripción	Centro de Costos	Unidad	Cantidad	Precio	Desc%	Importe
91389	AA91389	BOMBA DE VACIO DE ANILLO LIQUIDO, POTENCIA: 10HP, VOLUMEN DE SUCCION 190-260 M3/H RPM 1750,6.5KW INC.	Flejes 1 - P2	Unidad	1.00	12,800.0000	0.78	12,700.01
91389	AA91389	BOMBA DE VACIO DE ANILLO LIQUIDO, POTENCIA: 10HP, VOLUMEN DE SUCCION 190-260 M3/H RPM 1750,6.5KW INC.	Masterfitch - P2	Unidad	1.00	12,800.0000	0.78	12,700.01

Son: VEINTINUEVE MIL NOVECIENTOS SETENTIDOS Y 02/100 Dolares Americanos

Neto	Descuento	Sub-Total	I.G.V	US\$	Total
25,600.00	199.99	25,400.01	4,572.00		29,972.02

Observaciones:

02 cada litro de vacío de anillo líquido de 10HP, volúmenes de succión 190-260 M3/H, RPM 1750,6.5KW incluye SDCD COMPLETO, MODELO LPHX 43316 AB AGE OK 0 / MARCA: STERLING SIHI. SC 72951/72952. Cel: 210432200, 210437000 T. Empresa 3-4 semanas
 Usuario Creación: [Redacted]

IMPORTANTE: Para realizar trabajos en nuestras instalaciones el personal asignado debe contar con el seguro complementario de trabajo de riesgo, equipos de protección personal (EPP) en buen estado, herramientas y equipos en óptimas condiciones; así como, realizar charlas de 5 minutos por cada día de trabajo. Para consultas sobre nuestros procedimientos de seguridad y salud ocupacional al mail [Redacted]

Todo valor en este documento incluye costos de cargo, costos de transporte y otros costos aplicables similares, salvo que se especifique en la descripción del artículo o se acuerde mutuamente por escrito.

ORDEN DE COMPRA CONFORME A TERMINOS Y CONDICIONES DE [Redacted] PARA LA COMPRA DE PRODUCTOS [Redacted] TERMS AND CONDITIONS FOR PURCHASE OF PRODUCTS) Y/O ACUERDO PARA LA COMPRA DE SERVICIOS

Anexo LL. Tarifario de agua potable y de alcantarillado - SEDAPAL



ESTRUCTURA TARIFARIA			
Por los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado			
1. CARGO FIJO (S/ / Mes)		6,011	
2. CARGO POR VOLUMEN			
CLASE CATEGORIA	RANGOS DE CONSUMOS m ³ /mes	TARIFA (S/ / m ³)	
		Agua Potable	Alcantarillado ⁽¹⁾
RESIDENCIAL			
Social	0 a más	1,518	0,711
Doméstico No Beneficiario	0 a 20	1,786	1,115
	20 a 50	2,537	1,560
	50 a más	6,483	3,090
Doméstico Beneficiario	0 a 10	1,518	0,711
	10 a 20	1,694	0,826
	20 a 50	1,786	1,115
	50 a más	6,483	3,090
NO RESIDENCIAL			
Comercial y Otros	0 a 1000	6,483	3,090
	1000 a más	6,955	3,313
Industrial	0 a más	6,955	3,313
Estatat	0 a más	4,262	1,967

⁽¹⁾Incluye los servicios de recolección y tratamiento de aguas residuales.

Notas:

A.- No incluye I.G.V.

B.- En aplicación a lo dispuesto en:

- Artículo 73° del Texto Único Ordenado de la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 005-2020-VIVIENDA.
- Anexo N° 04 de la Resolución de Consejo Directivo N° 079-2021-SUNASS-CD.
- Capítulo I del Título III del Reglamento General de Tarifas de los Servicios de Saneamiento brindados por Empresas Prestadoras, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 028-2021-SUNASS-CD.

C.- La presente Estructura Tarifaria se aplicará a partir del primer ciclo de facturación inmediatamente posterior a su publicación.

005-2064782-1

Gerencia de Desarrollo e Investigación

Publicada en el diario El Peruano 07.05.2022