

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**SELECCIÓN DE UNA BOMBA BAJO LA NORMA API 610 PARA EL DESPACHO DE
JET FUEL EN LA AEROPLANTA VIRU VIRU**

**TRABAJO EN OPCIÓN A DIPLOMADO EN TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO
Y DISTRIBUCIÓN DE HIDROCARBUROS**

JUAN PABLO VARGAS URZAGASTE

Sucre – Bolivia

2023

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diplomado en Transporte, Almacenamiento y Distribución de Hidrocarburos de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Juan Pablo Vargas Urzagaste

Sucre, 07 de diciembre de 2023

DEDICATORIA

Dedico esta monografía a mi madre Erlinda Urzagaste, por ser el pilar más importante, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional, y por haberme guiado por el buen camino y por todo el sacrificio que hiciste para mi formación profesional.

A mi padre Williams Vargas, por apoyo que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mis hermanos que siempre ha estado junto a mí y brindándome su apoyo muchas veces, principalmente a mi hermano Cristian. Por último, a mi abuelo Sergio, aunque no se encuentre conmigo, ha estado siempre cuidándome y guiándome desde el cielo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos. A mi padre, que estuvo presente en mis momentos difíciles a pesar de nuestras diferencias. Y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido. A mis hermanos, que con sus consejos y apoyo me ha ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida. Agradezco mis tíos quienes con su ayuda, cariño y comprensión han sido parte fundamental de mi vida.

A si también a la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, a la Facultad de Ciencias y Tecnología, a los docentes de la carrera de Ingeniería en Petróleo y Gas Natural por inculcarnos y brindarnos toda su enseñanza, por la paciencia y dedicación para formar excelentes profesionales de esta prestigiosa institución académica.

Finalmente, a mis amigos y compañeros quienes con sus valiosas aportaciones hicieron posible este proyecto y por la gran calidad humana que me han demostrado con su amistad.

RESUMEN

La aeroplanta cuenta con tres bombas, de las cuales dos son de la marca Gould Pump y están diseñadas y construidas por la norma API 610, la tercera bomba es de la marca KSB y fue construida mediante la norma ISO 2858; esto último significa que no cumple con las especificaciones requeridas dentro del “reglamento de diseño, construcción y operación de plantas de almacenamiento de combustibles líquidos” publicado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), el cual manifiesta que las bombas de recepción y/o despacho de combustible deben ser API/ANSI.

En el presente proyecto, el objetivo principal fue el de seleccionar una bomba API en reemplazo de la bomba ISO 2858; por tal motivo, de manera inicial se decidió mantener la marca KSB debido a que dicha marca tiene bastante aceptación por parte de los operadores de planta en la actualidad; por ende, el modelo seleccionado de la familia KSB que cumple con la API 610 es el modelo RPH.

Teniendo el modelo RPH definido, se procedió a ingresar a las curvas características generales del modelo y con los puntos de operación, se procedió a seleccionar dos tamaños que si cumplieran con lo requerido. Posteriormente se hizo uso de la curva de cada tamaño de la bomba, para verificar el comportamiento con el punto de operación requerido, se tabuló la eficiencia de dicha bomba, posteriormente se calculó la potencia del motor requerido y se calculó el costo por unidad de bombeo; finalmente, se realizó un análisis técnico comercial para seleccionar cuál de los dos tamaños es de mejor conveniencia, para lo cual obtuvimos en modelo KSB RPH 80-360.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el modelo KSB RPH 80-360 cumple con la norma API 610, por ende, satisface los requerimientos de la ANH. La potencia del motor calculada fue igual a 60 HP, lo que significa que podría ser reutilizado el motor con el que actualmente cuenta la bomba KSB que fue diseñada por la norma ISO, este análisis nos permitirá reducir costos significativos por la implementación del presente proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3.1 Justificación Practica.....	3
1.3.2 Justificación Teórica.....	3
1.4 METODOLOGÍA.....	3
1.4.1 Técnicas de Investigación.....	4
1.4.2 Instrumentos de Investigación.....	4
CAPÍTULO II: DESARROLLO.....	5
2.1 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.1 Marco Conceptual.....	5
2.1.1.1 Propiedades de los combustibles de aviación.....	5

2.1.1.1.1	Gasolina de Aviación (AV GAS).....	5
2.1.1.1.2	Jet Fuel A1	6
2.1.1.2	Componentes de una Aeroplanta	7
2.1.1.2.1	Sistema de Recepción	7
2.1.1.2.2	Sistema de Almacenaje	9
2.1.1.2.3	Sistema de Despacho	10
2.1.1.3	Bomba centrifugas para combustibles	11
2.1.1.3.1	Clasificación de bombas de Fluidos.....	11
2.1.1.3.2	Bombas Centrifugas en la industria Oil & Gas.....	12
2.1.1.3.3	Selección de Bombas Centrifugas.....	17
2.1.2	Marco Contextual.....	20
2.1.2.1	Información General de la Planta.....	20
2.1.2.2	Reglamento para Construcción y Operación de Plantas de Almacenaje de Combustibles Líquidos.....	21
2.1.2.3	Descripción de la Aeroplanta.....	23
2.1.2.3.1	Área de Recepción	23
2.1.2.3.2	Área de Almacenamiento.....	25
2.1.2.3.3	Área de Despacho de combustibles	27
2.1.2.3.4	Área de Servicios Auxiliares.....	28
2.1.2.3.5	Área de Bombas y Sistema contra incendios	30
2.1.2.4	Detalle de los combustibles manejados en la aeroplanta Viru Viru	33
2.1.2.5	Diagnóstico	34
2.1.2.5.1	Sistema de Recepción	34
2.1.2.5.2	Sistema de Almacenamiento.....	34

2.1.2.5.3 Sistema de Bombeo.....	35
2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS	35
2.2.1 Selección de la Bomba	36
2.2.2 Estimación de costos para el recambio y adecuación de la bomba	44
2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	45
2.3.1 Análisis de resultados	46
2.3.2 Discusión de resultados	46
CAPÍTULO III: CONCLUSIONES.....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Esquema general de recepción en aeroplanta</i>	8
Figura 2: <i>Sistema de recepción en aeroplanta</i>	9
Figura 3: <i>Sistema de almacenamiento en aeroplanta</i>	9
Figura 4: <i>Camiones de despacho de combustible</i>	10
Figura 5: <i>Clasificación de las bombas centrifugas</i>	12
Figura 6: <i>Clasificación de las bombas centrifugas</i>	13
Figura 7: <i>Clasificación de las bombas centrifugas</i>	16
Figura 8: <i>Clasificación de las bombas centrifugas</i>	17
Figura 9: <i>Curva característica de una bomba centrifuga</i>	18
Figura 10: <i>Curva característica de una bomba centrifuga</i>	19
Figura 11: <i>Ubicación de la aeroplanta Viru Viru</i>	21
Figura 12: <i>Tanques de almacenamiento atmosférico verticales</i>	25
Figura 13: <i>Tanques de almacenamiento atmosférico horizontales</i>	26
Figura 14: <i>Tanque de almacenamiento de agua para el SCI</i>	27
Figura 15: <i>Carguío de combustible de aviación a los refuellers</i>	27
Figura 16: <i>Diagrama de procesos de la aeroplanta Viru Viru</i>	29
Figura 17: <i>Bombas del proceso recepción/descarga</i>	30
Figura 18: <i>Bomba de la marca KSB</i>	32
Figura 19: <i>Sistema de protección contra incendios</i>	32
Figura 20: <i>Cartas de curvas generales</i>	37
Figura 21: <i>Curvas características de la bomba RPH 80 – 360</i>	38
Figura 22: <i>Curva característica de la bomba RPH 50 – 360</i>	41
Figura 23: <i>Imagen ilustrativa del modelo RPH</i>	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Análisis Típicos del AV GAS</i>	6
Tabla 2: <i>Análisis típicos del Jet Fuel-A1</i>	7
Tabla 3: <i>Normas de diseño en bombas centrifugas</i>	11
Tabla 5: <i>Tipo de bombas centrifugas horizontales según la norma API 610</i>	14
Tabla 6: <i>Tipo de bombas centrifugas verticales según la norma API 610</i>	15
Tabla 7: <i>Datos de recepción del Jet Fuel</i>	23
Tabla 8: <i>Características físicas del poliducto</i>	24
Tabla 9: <i>Características de diseño del PPVV</i>	24
Tabla 10: <i>Características de operación del PPVV</i>	24
Tabla 11: <i>Capacidad de Almacenamiento de los tanques verticales</i>	25
Tabla 12: <i>Capacidad de almacenamiento del tanque de agua</i>	26
Tabla 13: <i>Detalle de las bombas de la aeroplanta Viru Viru</i>	31
Tabla 14: <i>Análisis fisicoquímico al Jet Fuel A-1</i>	33
Tabla 15: <i>Modelos de la marca KSB según el tipo de fluido</i>	36
Tabla 16: <i>Potencias comerciales de motores eléctricos</i>	40
Tabla 17: <i>Cotización de la bomba KSB RPH 80-360 (Eje libre)</i>	44
Tabla 18: <i>Trabajos para la adecuación del Piping</i>	45
Tabla 19: <i>Cronograma de actividades</i>	45

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En la actualidad hay bastante información académica básica sobre la selección de bombas centrífugas para sistemas de riego o para algún proceso industrial, lo cual implica hacer el cálculo de pérdida de carga en tuberías y/o accesorios, estimación del caudal requerido por el proceso en cuestión; pero no hay trabajos específicos que se enfoquen en la selección de unidades de bombeo para la impulsión de petróleo, combustibles u otro hidrocarburo líquido de acuerdo a estándares internacionales (API, ANSI e ISO).

En este sentido no hay trabajos de investigación publicados recientemente en Bolivia y Latinoamérica referentes a este tema, es decir, un estudio específico y puntual para la selección de una bomba bajo una norma específica exigida en alguna planta petrolera. Las investigaciones actuales se limitan a seleccionar una bomba sin tomar en cuenta algún estándar específico, por ende, para poder realizar un caso puntual, se deberá netamente analizar el reglamento específico de operación de la empresa operadora que administra la planta.

Toda esta situación motiva a desarrollar el presente trabajo, la cual podría ser un referente para otros investigadores que busquen incursionar en el apasionante mundo de la ingeniería de impulsión de líquidos para productos catalogados como peligrosos, como ser: petróleo y sus derivados.

“En la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se realizó un estudio sobre la “Manual selección e integración de bombas centrífugas ANSI en aplicaciones para la industria química”, cuya finalidad fue elaborar una guía que pueda servir como material didáctico auxiliar en la asignatura de “Mecánica de fluidos” en la carrera de Ingeniería química. Entre sus resultados se tuvo una recopilación de varios casos aplicativos donde se realizó la selección de bombas ANSI en la industria química, de igual manera, se dio a conocer la importancia de este tipo de unidades dentro del campo de acción del ingeniero químico”. (Chávez Alcántara , 2021)

“En la Universidad Veracruzana, se realizó un estudio sobre “Manual de Selección de bombas para la industria química”, cuya finalidad fue el de proporcionar a los ingenieros y técnicos un

entendimiento general de las bombas y proveer herramientas que les permitan seleccionar y dimensionar adecuadamente las bombas. Entre sus resultados, básicamente se reunieron medios y datos disponibles desde el punto de vista analítico para la selección de bombas, los cuales son aplicables para cualquier planta industrial”. (Reyes Salazar , 1999)

1.1.1 Planteamiento del Problema

La aeroplanta Viru Viru cuenta con tres bombas para realizar el cargado de Jet Fuel de los tanques de almacenamiento hacia los refuellers, dos de la marca Gould Pump (norma constructiva API OH2) y una bomba de la marca KSB modelo Megachem (norma constructiva ISO 2858).

Actualmente la bomba de la marca KSB fue observado por la entidad reguladora (ANH) la cual les conminó para realizar el cambio por un equipo que cumpla las especificaciones técnicas según lo que especifica el reglamento de Construcción y Operación de Plantas de Almacenaje de Combustibles Líquidos que rige en Bolivia y que manifiesta que las bombas para el trasvase y recepción de combustibles deben cumplir la norma API o ANSI B73.1.

El no cumplimiento con los puntos descritos en el reglamento descrito líneas arriba, genera observaciones y sanciones emitidas por el ente regulador fiscal ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos) y pone en riesgo la cobertura del seguro con la empresa aseguradora en caso de existir alguna contingencia.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Seleccionar una bomba bajo la norma API 610 para el despacho de Jet Fuel en la aeroplanta Viru Viru.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Establecer los lineamientos principales del reglamento de operación de plantas de combustibles líquidos publicado por la ANH para su posterior cumplimiento.

- Realizar una descripción de la aeroplanta Viru Viru y un diagnóstico al sistema de bombeo actual con el que cuenta la planta.
- Seleccionar la bomba de reemplazo tomando en cuenta criterios técnicos.
- Estimar los costos de inversión para el desarrollo del presente proyecto.

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Justificación Practica

Realizando la selección de la bomba centrífuga bajo el estándar API 610, la empresa operadora de la aeroplanta (YPFB Aviación) contará con una nueva unidad de bombeo, la cual garantizará sus operaciones ininterrumpidas, ya que la nueva bomba estará diseñada bajo altos estándares de calidad. Practica

Se podrá actualizar la bitácora técnica con la empresa aseguradora, garantizando de esta manera el pago o resarcimiento de daños en caso de contingencia que llegara a suscitarse en la aeroplanta Viru Viru.

Al contar con todas las unidades de bombeo de acuerdo al estándar requerido, la aeroplanta Viru Viru, ya no estará sujeto a observaciones realizadas por la ANH, por lo tanto, ya no habrá sanciones económicas realizadas a dicha aeroplanta.

1.3.2 Justificación Teórica

La presente investigación se pondrá en práctica lo aprendido en los módulos de Transporte y Almacenamiento de Hidrocarburos, Ingeniería Económica, Elaboración y Evaluación de Proyectos y se consideró las teorías referentes a bombas centrífugas, propiedades de combustible de aviación (AV GAS y Jet Fuel A1), componentes de una aeroplanta.

1.4 METODOLOGÍA

La presente monografía es una investigación propositiva, con un enfoque cuantitativo. (Sampieri R. H., 2014)

1.4.1 Técnicas de Investigación

Para la presente monografía se recopiló la información necesaria proporcionada a través de YPFB Aviación Santa Cruz mediante informes, además se realizó una entrevista al jefe de operaciones de la aeroplanta Viru Viru y también a la encargada de ventas y proyectos de Multisteel con lo cual se obtuvo información mediante informes y planillas. Por otra parte, se realizó la investigación de fuentes secundarias mediante la página de la ANH, donde se muestra en el Reglamento para Construcción y Operación de Plantas de Almacenaje de Combustibles Líquidos.

1.4.2 Instrumentos de Investigación

La información recopilada para su posterior análisis, mediante fichas técnicas y reportes de mantenimiento de las bombas con la que operan en la actualidad, con las cuales se realizará la homologación del nuevo referente a los puntos de operación.

CAPÍTULO II: DESARROLLO

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Marco Conceptual

2.1.1.1 Propiedades de los combustibles de aviación

Dependiendo de si es de un tipo u otro, las propiedades del combustible de aviones serán distintas. No es lo mismo hablar del AV GAS 100LL que del Jet A1.

La gasolina AVGAS 100LL es una gasolina de 100 octanos, un octanaje de la gasolina de los más altos que existen. Además, es de color azul y baja en plomo. No es una gasolina sin plomo como tal, pero el porcentaje de este aditivo es bastante escaso. Es un combustible bastante limpio, ya que apenas genera residuos y su peso es inferior a otros tipos de gasolina.

Por otro lado, el combustible de los aviones Jet A1 tiene otras características. El color de la gasolina es prácticamente transparente, es bastante más eficiente que otros tipos de combustible y su punto de combustión llega a los 38°C, mientras que el de congelación es de -47°C. Esta temperatura tan baja es fundamental para un correcto funcionamiento del motor del avión, que, al volar a una gran altura, necesita que el combustible aguante las bajas temperaturas que se alcanzan en los vuelos. (Zoilo Ríos, S.A, 2022)

2.1.1.1.1 Gasolina de Aviación (AV GAS)

Son combustible para motores de ciclo otto, empleado en aeronaves. Utilizado en aviones monomotores y bimotores livianos de corta autonomía de vuelo, en aviones de transporte de carga y aviones militares de gran potencia. (PEMEX, 2010)

Entre los atributos principales del AV GAS 100LL, se tiene que el bajo contenido de plomo de este producto permite mejorar la vida útil de los motores al reducir los depósitos en cilindros y válvulas, así como el ensuciamiento de bujías. (YPFB Aviación , 2021)

Respecto al cumplimiento normativo, se cumple con los estándares internacionales: ASTM D-910; DEF STAN 91-90.

Tabla 1: *Análisis Típicos del AV GAS*

Ensayos	Unidad	Método	AVGAS 100 LL
Destilación	°C	ASTM D-86	--
10 %	--	--	72
50 %	--	--	100
Pto. Final	--	--	160
Punto de Congelación	°C	ASTM D-2386	-60
Tensión de Vapor	lb/pulg ²	ASTM D-323	6,0
Azufre	% peso	ASTM D-1266 /5453	0,02
Corrosión s/Cu (2 h a 100 °C)	--	ASTM D-130	1
Número de Octano Motor	--	ASTM D-2700	102
Número de Octano Sobrealimentado	--	ASTM D-909	132
Color	--	Visual/IP 17	Azul
Plomo	g/l	ASTM D-2599	0,56

Fuente: Extraído de YPFB ficha técnica N.º 8

Se detallan datos precedentes de análisis típicos no conforman una especificación, los mismos son representativos sobre valores estadísticos de comercialización del AV GAS 100LL.

2.1.1.1.2 Jet Fuel A1

Son combustible exclusivamente para uso aeronáutico para aviones a turbinas. Este producto es además el combustible para turbinas más usado en el mundo. (PEMEX, 2010)

Entre los atributos principales del JET-A1 se tiene que está elaborado para cumplir las exigentes propiedades requeridas para un óptimo funcionamiento de las turbinas de aviación.

Respecto al cumplimiento normativo, cumple con las versiones vigentes de las normas internacionales: ASTM D-1655, DEF. STAN 91-91 y con las especificaciones de la AFQRJOS (Aviation Fuel Quality Requirements for Jointly Operated Systems). (YPFB Aviación , 2021)

Tabla 2: *Análisis típicos del Jet Fuel-A1*

Ensayos	Unidad	Método	Jet-A1
Densidad a 15 °C	g/cm ³	ASTM D-1298 / 4052	0,80
Destilación	°C	ASTM D-86	--
1era gota	--	--	181
Punto Final	--	--	265
Punto de Congelación	°C	ASTM D-2386	-52
Punto de Inflamación	°C	ASTM D-56 / 3828	41
Azufre Total	% peso	ASTM D-4294 / 1266	0,1
Viscosidad a -20 °C	cSt	ASTM D-445 / IP-342	4,5
Punto de humeo	mm	ASTM D-1322	26
Contaminantes Sólidos	mg/l	ASTM D-2276 / 5452	0,4
Corrosión s/Cu	--	ASTM D-130	1
Reacción al agua	--	ASTM D-1094	--
Interfase	--	--	1
Separación	--	--	2

Fuente: Extraído de YPFB ficha técnica N.º 7

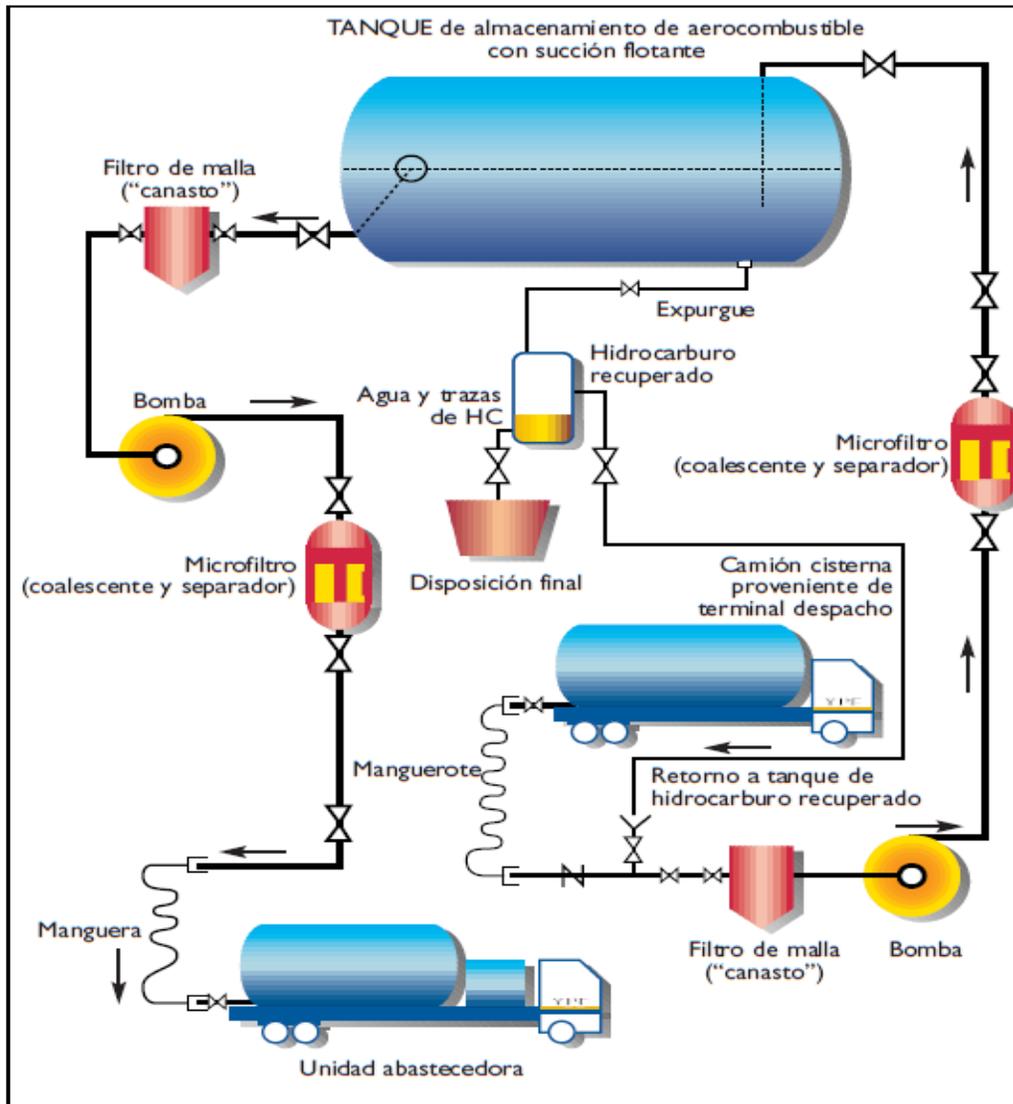
Se detallan datos precedentes de análisis típicos no conforman una especificación, los mismos son representativos sobre valores estadísticos de comercialización del Jet Fuel A-1.

2.1.1.2 Componentes de una Aeroplanta

2.1.1.2.1 Sistema de Recepción

Comprende la zona donde se realiza la recepción de combustibles desde el camión cisterna o por el ducto. La forma más frecuente de transportar el combustible desde la terminal correspondiente hasta la Aeroplanta es mediante camiones cisterna. Pero hay otros medios de transporte, como el bombeo a través de ductos o mediante vagón-tanque. Cada uno de estos métodos de transporte tiene distintos requerimientos de descarga y deben ser considerados por cada operador de las instalaciones, a fin de asegurar la calidad y la seguridad del combustible. (YPF, 2001)

Figura 1: Esquema general de recepción en aeroplanta



Fuente: Extraído de REPSOL, 2011

En la figura 1 se puede apreciar el sistema general de recepción en aeroplanta la cual puede ser recepcionado por camión cisterna, el cual cuenta con una línea de retorno, posteriormente pasa por un filtro de malla y es bombeado hacia un microfiltro (coalescente - separador) y es recepcionado por un tanque de almacenamiento con succión flotante la cual cuenta con dos salidas una para recuperar combustible y la otra línea pasa por un filtro malla, y finalmente es bombeado hacia un microfiltro (coalescente - separador) para su posterior transvase hacia una unidad receptora.

Figura 2: Sistema de recepción en aeroplanta



Fuente: Extraído de REPSOL, 2011

2.1.1.2.2 Sistema de Almacenaje

Compuesto por un recinto de tanques de almacenamiento construidos y diseñados por la norma API 650, filtros para retención de impurezas, valvulería, etc. (YPFB AVIACION , 2019)

Figura 3: Sistema de almacenamiento en aeroplanta



Fuente: Extraído de YPFB, 2020

Luego de completar la recepción del combustible, se debe verificar los tanques de recepción y otros elementos de las instalaciones. Por ejemplo: efectuar medición, registrar por escrito los resultados de la purga en tanques y filtros, posicionar correctamente las válvulas de entrada y salida, etc.

2.1.1.2.3 Sistema de Despacho

Es la zona donde se realiza la descarga del combustible de aviación a las unidades abastecedoras de combustible, este compuesto por bombas centrífugas, valvulería industrial, elementos de control y medición, etc. (YPF, 2001)

Figura 4: *Camiones de despacho de combustible*



Fuente: Extraído de REPSOL, 2011

Cada cisterna se utiliza para un mismo aerocombustible, sólo está permitido que las cisternas de las unidades abastecedoras sean empleadas para transportar aerocombustibles. Las unidades abastecedoras no llevan más de un tipo de aerocombustible por vez y no se permiten excepciones a esta regla, por otro lado, la unidad abastecedora tiene identificado sobre su cisterna un cartel que indica el tipo de aerocombustible y peligrosidad al que está asignada.

2.1.1.3 Bomba centrífugas para combustibles

Las bombas centrífugas son equipos hidráulicos que transforman energía mecánica en energía cinética de presión a un fluido, dichos equipos aumentan la velocidad de los fluidos para que estos puedan desplazarse grandes distancias. (API , 2021)

El funcionamiento sencillo de las bombas centrífugas las convierten en la elección perfecta para una amplia gama de aplicaciones industriales como: Gas & Oil, construcciones civiles, Agricultura, industria química, generación de energía, tratamiento de aguas residuales, refinerías de petróleo, etc. Las bombas centrífugas se utilizan en industrias donde se requiere poca o ninguna elevación de succión. (API , 2021)

2.1.1.3.1 Clasificación de bombas de Fluidos

Siendo tan variado los tipos de bombas que existen, es muy conveniente hacer una adecuada clasificación, la realizada por el “Hydraulic Institute”, en la norma ANSI/HI 9.1-9.5 (Pumps – General Guidelines) es considerada como la más completa. (Pump Bombas, 2022)

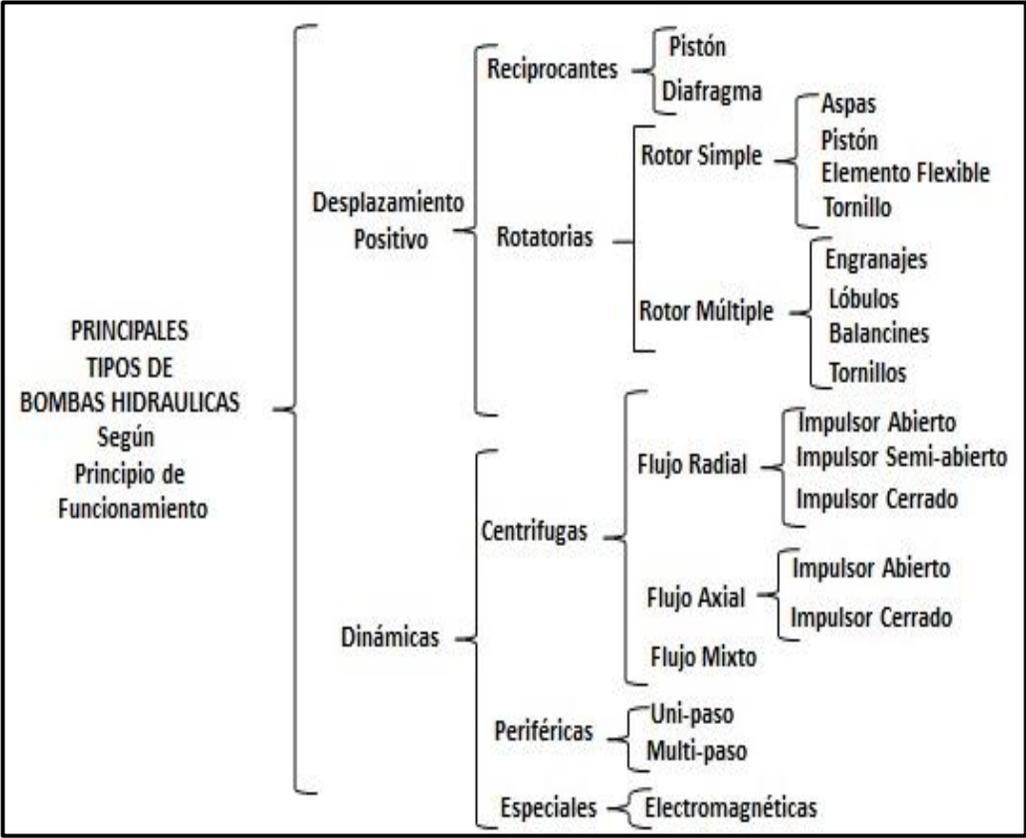
Tabla 3: Normas de diseño en bombas centrífugas

Tipo de Bomba	Normativa de diseño
API 610	API 610 (ISO 13709) – Bombas centrífugas para la industria del petróleo, petroquímica y gas natural.
ANSI/ ASME B73.1	ANSI/ ASME B73.1 – Especificaciones de bombas centrífugas horizontales en la industria química.
ISO	ISO 2858 – Bombas centrífugas de aspiración axial (16 bar). ISO 5199 – Especificaciones técnicas para bombas centrífugas.
DIN EN 733	DIN EN 733 - Bombas centrífugas de aspiración axial (10 bar) con soporte de cojinetes
SISTEMAS CONTRA INCENDIOS	NFPA 20 – Estándar de diseño para bombas en instalaciones contra incendio.
ANSI/ HI	Grupo de normas dirigidas a facilitar el entendimiento entre comprador, usuario y fabricante.

Fuente: Extraído de Pumps Bombas, 2022

La clasificación del Hydraulic Institute permite apreciar la gran diversidad de tipos de bombas que existen y si a ello se agrega el material de construcción, tamaños diferentes para manejo de gasto y presiones diferentes sumamente variables y los diferentes líquidos a manejar. (Pump Bombas, 2022)

Figura 5: Clasificación de las bombas centrífugas



Fuente: Extraído de Pumps Bombas, 2022

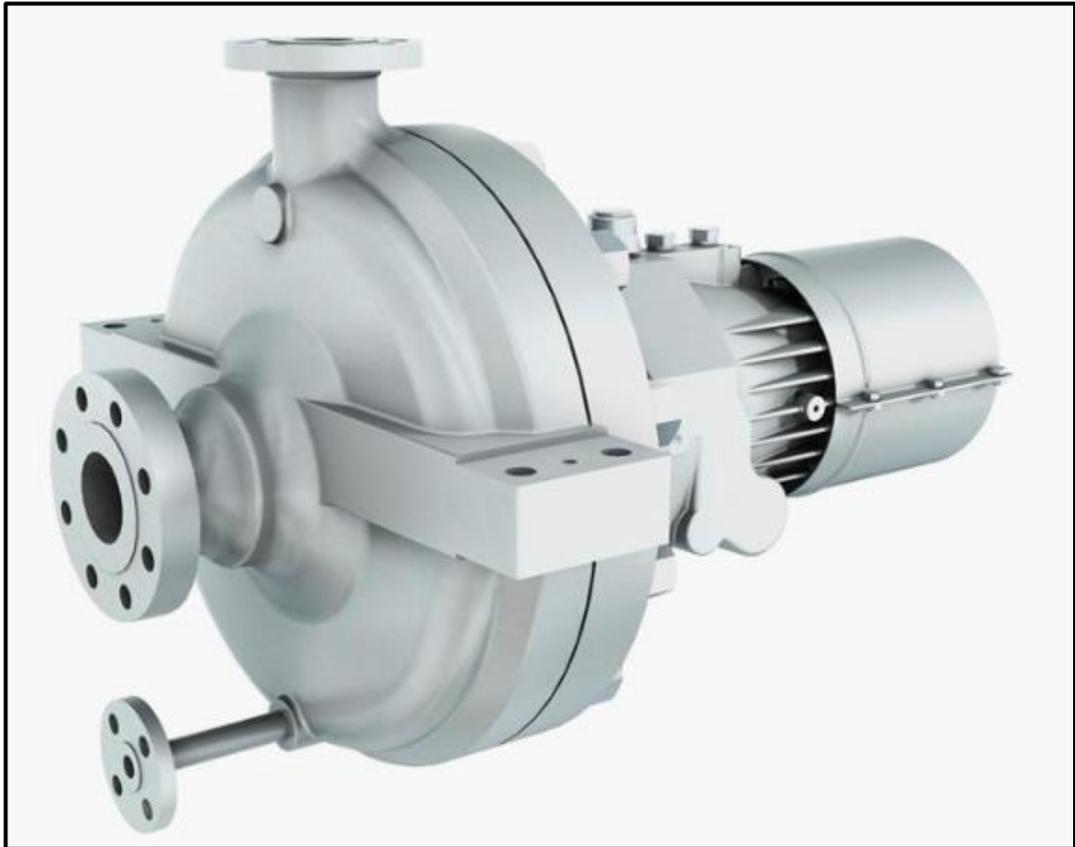
2.1.1.3.2 Bombas Centrífugas en la industria Oil & Gas

En la industria hidrocarburífera, las bombas centrífugas son uno de los equipos más utilizados, se estima que, en una planta típica de procesamiento de petróleo y/o gas, casi el 80-90% son bombas de este tipo.

- **Bombas centrífugas API 610**

La norma internacional API 610 / ISO 13709 establece los requisitos para las bombas centrífugas en voladizo, entre cojinetes y suspendidas verticalmente que trabajan en servicios de proceso de la industria de petróleo, petroquímica y gas. (Flores, 2021)

Figura 6: *Clasificación de las bombas centrífugas*

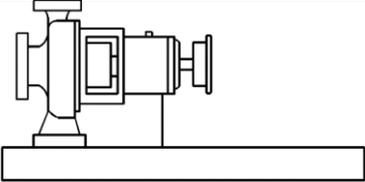
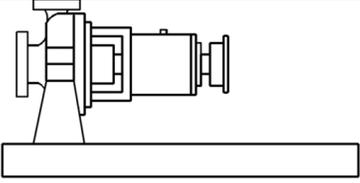
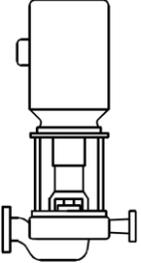
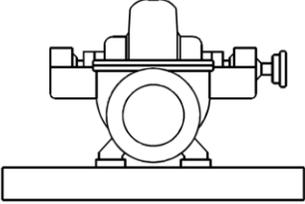
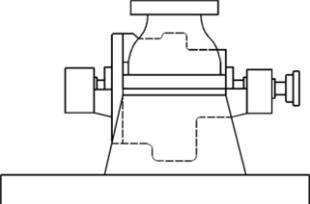
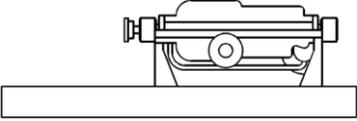


Fuente: Extraído de Sulzer, 2021

Bombas centrífugas según API, bombas en voladizo (OH), entre cojinetes (BB) y suspendidos verticales (VS). Primeramente, mencionaremos los 18 tipos de bombas que reconoce API 610, es decir la norma de bombas centrífugas que se usa en la industria petroquímica. Luego describiremos en tres videos separados, cada uno de los tipos de bombas API. Es decir, los 6 tipos de bombas OH, los 5 tipos de bombas BB y los 7 tipos de bombas VS. (Pumps Bombas, 2023)

La clasificación API de las bombas centrífugas en voladizo, entre cojinetes y suspendidas verticalmente, para la industria de petróleo, petroquímica y gas. (API , 2021)

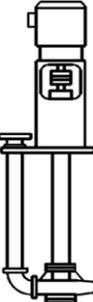
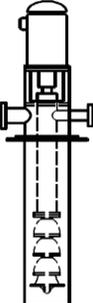
Tabla 4: Tipo de bombas centrífugas horizontales según la norma API 610

	Bomba tipo OH1	Caudales hasta 1022 m ³ /h Carga hasta 222 m.c.a.
	Bomba tipo OH2	Caudales hasta 1580 m ³ /h Carga hasta 305 m.c.a.
	Bomba tipo OH3	Caudales hasta 363 m ³ /h Carga hasta 289 m.c.a.
	Bomba tipo BB1	Caudales hasta 1,590 m ³ /h Carga hasta 152 m.c.a.
	Bomba tipo BB2	Caudales hasta 1090 m ³ /h Carga hasta 204 m.c.a.
	Bomba tipo BB3	Caudales hasta 565 m ³ /h Carga hasta 1520 m.c.a.

Fuente: Extraído de API 610, 2022

Dentro del catálogo de bombas centrifugas horizontales más renombradas aplicadas en la industria petrolera y petroquímica mostrada en la tabla 5. (API , 2021)

Tabla 5: Tipo de bombas centrifugas verticales según la norma API 610

	<p>Bomba tipo VS1</p>	<p>Caudales hasta 1136 m³/h Carga hasta 1067 m.c.a.</p>
	<p>Bomba tipo VS5</p>	<p>Caudales hasta 296 m³/h Altura hasta 61 m.c.a.</p>
	<p>Bomba tipo VS6</p>	<p>Caudales hasta 1136 m³/h Altura hasta 1067 m.c.a.</p>

Fuente: Extraído de API 610, 2022

Dentro del catálogo de bombas centrifugas verticales más renombradas aplicadas en la industria petrolera y petroquímica mostrada en la tabla 6. (API , 2021)

- **Bombas centrifugas ANSI B73.1**

En 1977, el American National Standards Institute (ANSI), estableció un criterio de bombas centrífugas que dimensionalmente, en cuanto a composición química de los materiales y especificaciones de seguridad, cubriesen las necesidades de la industria de proceso químico. (Sulzer Pump, 2023)

Se establecieron características de diseño, tales como ser autoventilable, con montaje al pie, descarga en línea de centros y desensamblable hacia atrás. La bomba ANSI gira en torno a una hidráulica básica y un concepto de diseño mecánico que aseguren la mejor eficiencia en el rango de operación, una aplicación flexible y una intercambiabilidad superior. (Sulzer Pump, 2023)

Figura 7: Clasificación de las bombas centrífugas



Fuente: Extraído de ANSI, 2002

- **B73.1 “Bombas Horizontales”**

Esfuerzos iniciados en 1955 mediante un eventual desarrollo del American Voluntary Estándar (AVS) en 1962, seguido de un estándar provisional HI similar en 1965. Tanto el estándar AVS como el HI fueron reemplazados por ANSI B123.1, aprobado en 1968. La norma B73.1 reemplazó a B123.1 en 1974, comenzando con 15 tamaños de bombas.

- **B73.3 “Sin sello”**

Los esfuerzos se iniciaron formalmente en 1986, con la primera edición aprobada en 1997. Contenido y alcance ampliados con cada edición, edición actual 2015.

- **B73.5 “No metálicos”**

Esfuerzos iniciados formalmente en 1986, con la primera edición publicada en 1995, retirado en 2012. (Sulzer Pump, 2023)

Figura 8: *Clasificación de las bombas centrifugas*



Fuente: Extraído de ANSI, 2002

2.1.1.3.3 Selección de Bombas Centrifugas

Se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

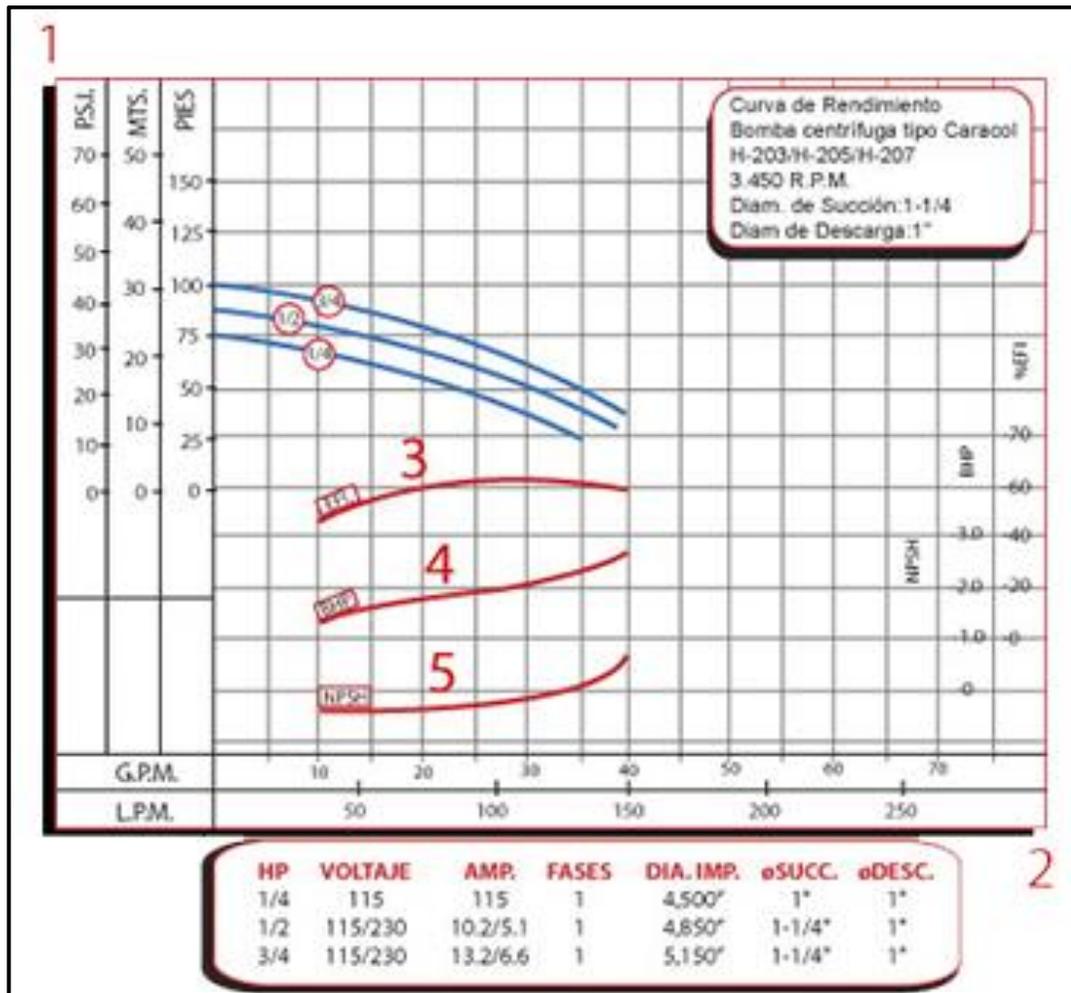
- **Curvas Características para seleccionar una bomba**

Las curvas de las bombas son presentaciones gráficas que relacionan la presión, el caudal y el rendimiento de las mismas, en algunos casos se agrega información sobre la potencia requerida y la altura de succión. (Pump Bombas, 2022)

- **Curva Presión- Caudal**

En esta curva se representa en las ordenadas, la presión total que genera la bomba y en el eje de las abscisas el gasto. Las unidades de presión generalmente son metros de columna de agua como libra por pulgada² (psi) y las de caudal, litros por minuto (l/mn), galones por minuto (gpm) y metros cúbicos por minuto (m³/min). Esta curva tiene pendiente negativa, indicando la relación inversa que existe entre presión y caudal. Estas curvas se presentan para diferentes diámetros de impulsor.

Figura 9: Curva característica de una bomba centrífuga



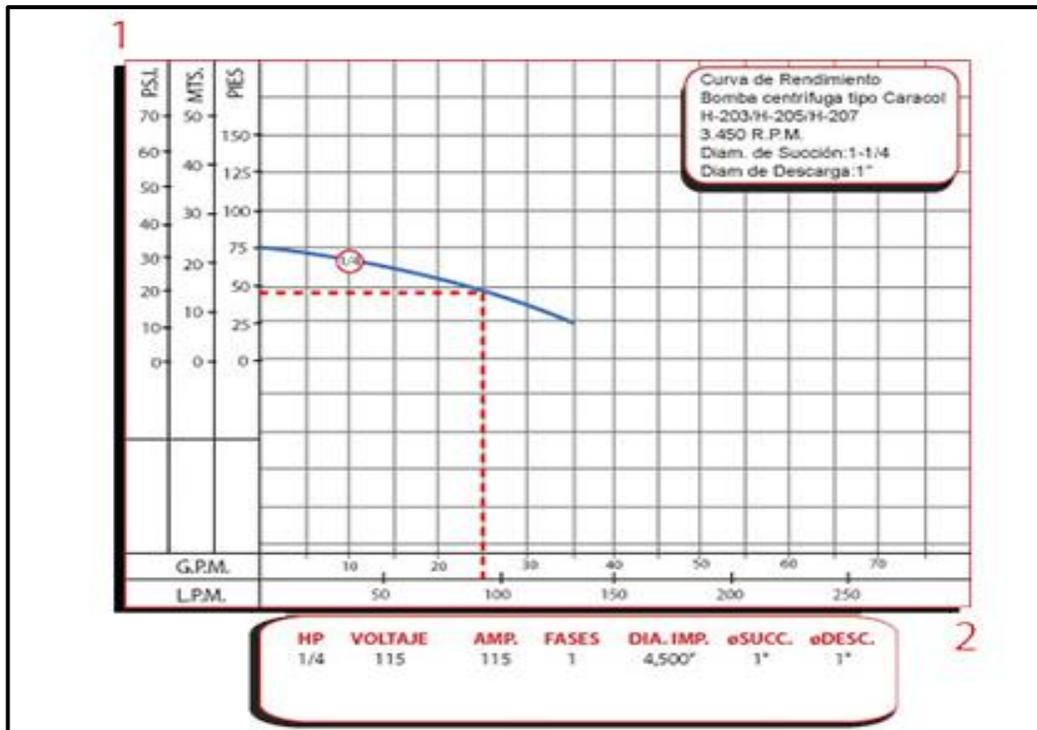
Fuente: Extraído de Hidro Enviroment, 2022

En esta gráfica te mostramos que en el número (1) se encuentran las alturas y presión en la que trabajan las bombas, en el número (2) los gastos por litro o galones por minuto, en el (3) la eficiencia, en el (4) la potencia al freno y en el (5) la aspiración de la bomba.

Los conceptos de las curvas antes mencionadas nos ayudarán a determinar qué bomba es la que necesitamos, ya que nos muestran el gasto máximo y sus presiones, como su eficiencia para reducción de costos, regularmente se estipulan pérdidas y otros factores que tienen que ver con el diseño, en este caso nos enfocaremos solo en el número de emisores (goteros, cintilla, aspersores y nebulizadores) el gasto que tienen y la presión en la que trabajan, se debe a que son sistemas pequeños de mínimos requerimientos un ejemplo:

Un nebulizador HYD de 3 galones por minuto (GPH) debemos recordar que un galón son 3.8 litros, por 3 nos da la capacidad de liberación en litros que son 11.4 litros en una hora y en un minuto. 19 litros si necesitamos 50 nebulizadores, la demanda sería 9.5 litros por minuto (l/min) donde necesitamos un volumen de un litro por nebulizador, dejará de funcionar durante 6 minutos, teniendo un volumen total de 50 litros en 6 minutos, por lo cual necesitamos un equipo que mueva este volumen y nos dé la presión funcional, le daremos solución mediante las gráficas y después por medio de una fórmula para realizar una buena selección de una bomba.

Figura 10: Curva característica de una bomba centrífuga



Fuente: Extraído de Hidro Enviroment, 2022

En esta gráfica lo que hacemos es hacer una intercepción, partiendo del gasto que ocupamos para poder determinar la bomba que necesitamos.

Como se muestra en la gráfica, con el dato generado anteriormente y la intercepción realizada que se presenta en el gráfico con líneas punteadas arrojando la capacidad de la bomba que necesitamos.

La otra forma es determinarlo mediante la siguiente fórmula (MULTISTEEL, 2023):

$$Potencia = \frac{Q * H * \gamma}{270 * \mu}$$

Donde:

Potencia: Potencia del motor eléctrico (HP)

H: Altura manométrica (m)

Q: Caudal de la bomba (m³/h)

μ: Eficiencia

γ: Gravedad específica del fluido

2.1.2 Marco Contextual

2.1.2.1 Información General de la Planta

La aeroplanta de Viru Viru es considerado como la aeroplanta más importante del país, debido a que, en los últimos registros de operación, en dicha planta se maneja el 66 % del consumo de Jet Fuel del país, debido a que abastece de combustible al Aeropuerto Internacional Viru Viru, el cual es el más grande e importante y transitado de Bolivia. (YPFB Aviación , 2023)

Figura 11: *Ubicación de la aeroplanta Viru Viru*



Fuente: Extraído de Google Maps, 2023

En la presente figura se aprecia la ubicación de la aeroplanta Viru Viru la cual se encuentra ubicada en el aeropuerto internacional del mismo nombre, situado a 17 km de la ciudad de Santa Cruz y el ingreso a la aeroplanta Viru Viru es por la avenida G -77.

2.1.2.2 Reglamento para Construcción y Operación de Plantas de Almacenaje de Combustibles Líquidos

En Bolivia, la actividad de Almacenaje de combustibles líquidos, es un servicio público, que debe ser prestado de manera regular y continua para satisfacer las necesidades energéticas de la población y de la industria orientada al desarrollo del país, por ende, para regular las operaciones normales desde la construcción hasta la operación, se cuenta con un reglamento, el cual tiene por objeto establecer las condiciones técnicas para el Diseño, Construcción y Operación de Plantas de Almacenaje de Hidrocarburos Líquidos. (ANH , 2012)

Dentro del capítulo III “Infraestructura básica y normas técnicas para el diseño de plantas de almacenaje de hidrocarburos líquidos” se fijan los lineamientos de cumplimiento mínimo referente a la infraestructura. Lastimosamente en Bolivia no se cuenta con un recopilado propio adecuado a un contexto nacional, sin embargo, se hace una referencia a la norma “API STD

2610 Design, Construction, Operation, Maintenance & Inspection of Terminal and Tank Facilities”. (ANH , 2012)

Respecto al estándar API STD 2610, se constituye como una guía para la gestión operativa de las terminales de almacenamiento de combustibles líquidos, el cual se estructura de la siguiente manera:

- **Sección 1.-** Generalidades
- **Sección 2.-** Selección del sitio y espacios requeridos.
- **Sección 3.-** Prevención de la contaminación y gestión de residuos.
- **Sección 4.-** Operaciones seguras
- **Sección 5.-** Prevención y protección contra incendios.
- **Sección 6.-** Tanques de almacenamiento.
- **Sección 7.-** Diques y Bermas.
- **Sección 8.-** Tuberías, Válvulas, Bombas y sistemas de Tuberías.
- **Sección 9.-** Sistemas de recepción y despacho de combustibles.
- **Sección 10.-** Control de la corrosión.

En el capítulo de Bombas, se sugiere el uso de equipos centrífugos y de desplazamiento positivo dependiendo del tipo de producto a bombear, los cuales deben cumplir los siguientes estándares:

- **Bombas Centrifugas.** - Deberán estar de acuerdo al estándar ANSI/ASME B73.1 o al API 610.
- **Bombas de Desplazamiento Positivo.** - Deberán estar conforme al estándar API 674, API 675 y API 676.

Las bombas deben ser seleccionadas según con el mejor rendimiento, el cual deberá ser compatible con la aplicación del servicio y los trabajos de mantenimiento. Las bombas y el motor seleccionados deben ser revisados para asegurar de que la curva de la potencia del motor, cumpla todos los puntos operativos de la curva de comportamiento. (API, 2011)

2.1.2.3 Descripción de la Aeroplanta

La aeroplanta está conformada por las siguientes áreas:

- Área de Recepción de combustibles
- Área de Almacenamiento
- Área de despacho de combustibles
- Área de Servicios Auxiliares
- Área de Bombas y Sistema contra incendios
- Área de Mantenimiento

2.1.2.3.1 Área de Recepción

La aeroplanta recepciona el Jet Fuel proveniente de la refinería Guillermo Elder Bell por medio del poliducto Palmasola – Viru Viru (PPVV). (COLQUE, 2023)

Tabla 6: *Datos de recepción del Jet Fuel*

Presión de recepción	22 – 30 psi
Caudal	14,58 m ³ /h (350.000,00 lt/día)
Temperatura de recepción	20 a 25 °C
Promedio de despacho	330.000 Lt/día

Fuente: Extraído de YPFB Aviación, 2023

La recepción del Jef Fuel A-1 bombeado desde la refinería Guillermo Elder Bell por medio del poliducto Palmasola – Viru Viru hasta la recepción en la aeroplanta Viru Viru.

Los datos constructivos del poliducto son:

Tabla 7: *Características físicas del poliducto*

TRAMO	AÑO DE OPERACION	DIAMETRO EXTERIOR (pulg)	ESPESOR (pulg)	API ESPECIFICA	LONGITUD (km)
Palmasola – Viru Viru	1984	3 ½	0,216	5L-GR-B	33

Fuente: Extraído de YPF B Aviación, 2023

En la presente tabla 7 se detalla las características físicas constructivas del poliducto Palmasola – Viru Viru y una capacidad nominal de 2,5 M BPD.

Tabla 8: *Características de diseño del PPVV*

TRAMO	CAPACIDAD BPD	GRAVEDAD ESPECIFICA	PRESION DE SUCCION (psig)	PRESION DE DESCARGA (psig)	TEMPERATURA (°F)
Palmasola – Viru Viru	1984	3 ½	0,216	5L-GR-B	33

Fuente: Extraído de YPF B Aviación, 2023

En la presente tabla 8 se detalla las características constructivas de diseño del poliducto Palmasola – Viru Viru.

Tabla 9: *Características de operación del PPVV*

TRAMO	CAPACIDAD BPD	GRAVEDAD ESPECIFICA	PRESION DE SUCCION (psig)	PRESION DE DESCARGA (psig)	TEMPERATURA (°F)
Palmasola – Viru Viru	2200	0,77	30	370	50 - 90

Fuente: Extraído de YPF B Aviación, 2023

En la tabla 9 se detalla los datos característicos de operación del poliducto Palmasola – Viru Viru.

2.1.2.3.2 Área de Almacenamiento

La aeroplanta, está conformada por una central de almacenamiento formada por tres tanques de almacenamiento atmosféricos verticales de techo fijo y cinco tanques horizontales atmosféricos, posteriormente, paralelamente a la operación de los tanques de combustible, se cuenta con un tanque de agua, cuya finalidad es la de almacenar la cantidad de agua recomendable según normas de seguridad. (TAPIA, 2023)

Tabla 10: *Capacidad de Almacenamiento de los tanques verticales*

TAG	Fluido Almacenado	CAPACIDAD (Litros)
TK 1	Jet Fuel	50.000,00
TK 2	Jet Fuel	60.000,00
TK 3	Jet Fuel	70.000,00
TOTAL (Litros)		180.000,00

Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por YPFB Aviación, 2023

La capacidad de almacenamiento de la planta, es de 340.000,00 litros, la cual es descrita en la tabla 11, cabe mencionar que los tanque operan con un volumen de trabajo al 90 %.

Figura 12: *Tanques de almacenamiento atmosférico verticales*



Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por YPFB Aviación, 2023

De los tres tanques horizontales con los que cuenta la aeroplanta, 1 de recepción, 1 de operación y 1 de bombeo. Todos los tanques operan a un 90% de la capacidad total del tanque. El tanque N°3 fue construido después de la puesta en marcha de la aeroplanta, este tanque es único que cuenta con succión flotante, por ende, es el que se utiliza mayormente para el proceso de decantación, ya que el tiempo de decantación en los tanques con succión flotante es de 2 horas (tanques horizontales de Jet A-1). (COLQUE, 2023)

Figura 13: *Tanques de almacenamiento atmosférico horizontales*



Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada YPFB Aviación, 2023

Con respecto a los tanques de almacenamiento horizontal atmosféricos de Jet Fuel A-1 se cuenta con 5 tanques de los cuales las capacidades de almacenamiento de los tanques son 40.000,00 litros por cada tanque dándonos una capacidad total de los 5 tanques de 160.000,00 litros.

Tabla 11: *Capacidad de almacenamiento del tanque de agua*

TANQUE DE AGUA	
TAG	CAPACIDAD (Litros)
TK 1	45.000,00
TOTAL (Litros)	45.000,00

Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por YPFB Aviación, 2023

En la tabla 13 se muestra la capacidad del tanque de almacenamiento de agua para el sistema contra incendio siendo el único tanque para este sistema.

Figura 14: *Tanque de almacenamiento de agua para el SCI*



Fuente: Extraído de YPFB Aviación, 2023

2.1.2.3.3 Área de Despacho de combustibles

Para el reabastecimiento de combustible eficiente y seguro en cualquier lugar de la pista aérea, se cuenta con cinco Refuellers, que son equipos conformados por un sistema de bombeo, filtro y sistemas de medición, donde los horarios de atención son de 24 horas. (TAPIA, 2023)

Figura 15: *Carguío de combustible de aviación a los refuellers*



Fuente: Extraído de YPFB Aviación, 2023

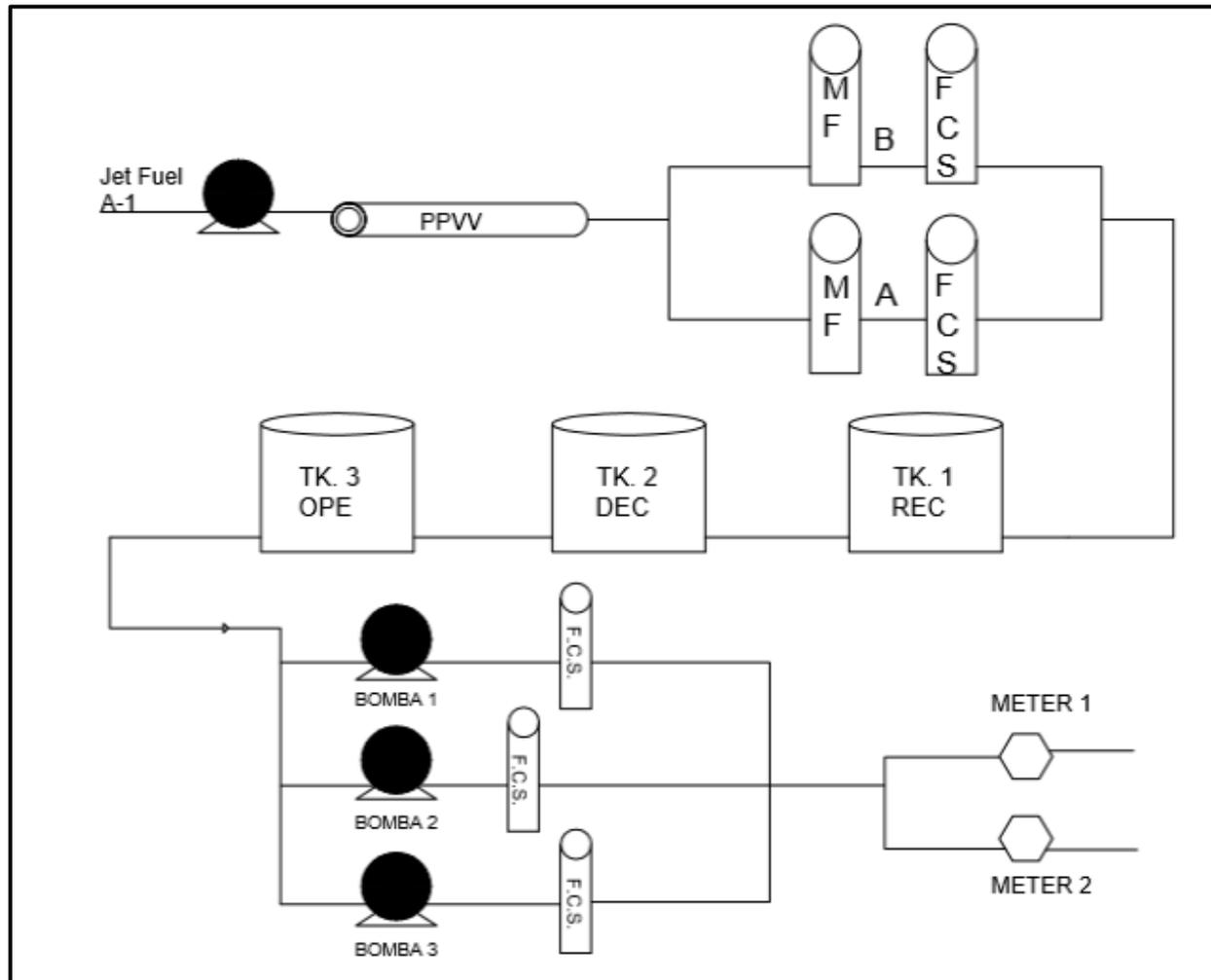
Los refuellers de aeronaves que constan con unidades de chasis rígidas que tienen compartimentos individuales o dobles para tanques de productos que van desde 2.600,00 lt a 17.000,00 lt. Las unidades articuladas también están disponibles para los requisitos del tanque sobre 17.000,00 lt. Diseñadas específicamente para el combustible Jet Fuel-A1 o AVGAS, las unidades están típicamente equipadas con una bomba que suministra una manguera y una boquilla de submarino y de rebasamiento a través del recipiente del filtro y del medidor. (TAPIA, 2023)

2.1.2.3.4 Área de Servicios Auxiliares

Como componentes auxiliares, la planta cuenta con los siguientes equipos:

- **Filtros:** La calidad y pureza del jet fuel es lo más importante, no puede quedar agua libre en suspensión, ya que las catástrofes que causaría en un avión durante un vuelo serían lamentables. Por eso la planta cuenta con filtros de recepción y filtros de despacho. Al momento de recibir el combustible se cuenta con 2 líneas de filtros (una en Stand By), son filtros Coalescente – Separador, y un Micro filtro, al momento de despacho se cuenta en la planta con un filtro Coalescente – Separador y en el Refueller hay un Filtro monitor, para poder vender el jet fuel libre de impurezas. Estos filtros tienen un caudal máximo de 1172 Lt/min.
- **Meter:** Los meter son contadores volumétricos que miden el volumen que se ha despachado, estos meter se encuentran al final de la línea, justo antes de ingresar al refueller el combustible. El máximo caudal que puede pasar por estos meter es de 1325 Lt/ min.

Figura 16: Diagrama de procesos de la aeroplanta Viru Viru



Fuente: Información proporcionada por YPFB Aviación, 2023

En la figura 16 se describe el diagrama de procesos de la aeroplanta Viru Viru en cuan es bombeado desde la refinería Guillermo Elder Bell por medio del poliducto Palmasola – Viru Viru (PPVV) y recepcionado en la aeroplanta Viru Viru, posteriormente pasa hacia dos líneas de filtros (línea A y línea B) luego pasa por tres tanques, el tanque 1 recepción, el tanque 2 decanta y el tanque 3 opera hasta que llega a las 3 bombas y es bombeado hacia filtros (coalescente - separador) finalmente enviado hacia los meter.

2.1.2.3.5 Área de Bombas y Sistema contra incendios

La aeroplanta cuenta con 3 bombas centrifugas, 2 de ellas son de la marca Goulds Pump de 150 HP de potencia y 180 m³/h, estas bombas actualmente están en stand by, ya que se utiliza la 3er bomba de la marca KSB, que es más pequeña y trabaja con un variador de frecuencia, el cual regula la presión y el caudal (a diferencia de las otras que tiene que estar la línea de retorno abierta, porque el caudal de la bomba es mayor que la capacidad del meter). (COLQUE, 2023)

La bomba KSB, tiene una potencia de 60 HP y bombea 72 m³/h. Otra razón por la cual se utiliza la 3er bombas es que las otras dos al momento de operar producen un gran consumo de energía.

Figura 17: *Bombas del proceso recepción/descarga*



Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por YPFB
Aviación, 2023

Tabla 12: *Detalle de las bombas de la aeroplanta Viru Viru*

TAG	MARCA	MODELO	POTENCIA (HP)
P 101	GOULDS PUMP	OH2 3700	150
P 102	GOULDS PUMP	OH2 3700	150
P 103	KSB	MEGACHEM 65-315	60

Fuente: Extraído de YPFB Aviación, 2023

Las bombas de la marca Goulds Pump, tienen las siguientes características:

- Marca: Goulds pump
- Modelo: 3700
- RPM: 2900
- Etapa: 1
- Tamaño: 4 x 3 pulg
- Capacidad de Flujo: 660 GPM
- TDH (altura máxima de cabeza de bombeo): 250 ft
- Marca del motor: Siemens
- Potencia el motor: 150 HP

Respecto a la bomba de la marca KSB, se tiene las siguientes características:

- Marca: KSB
- Modelo: Megachem
- RPM: 2950
- Etapa: 1
- Tamaño: 3 x 2 ½ pulg
- Capacidad de Flujo: 263 GPM
- TDH (altura máxima de cabeza de bombeo): 117 m
- Marca del motor: WEG
- Potencia el motor: 60 HP

Figura 18: *Bomba de la marca KSB*



Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada YPFB Aviación, 2023

La aeroplanta cuenta con un sistema de protección contra incendios con una capacidad de bombeo de 1500 GPM, el cual puede despachar el agua hasta una presión de 170 psi de descarga. (YPFB Aviación , 2023)

Figura 19: *Sistema de protección contra incendios*



Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por YPFB Aviación, 2023

2.1.2.4 Detalle de los combustibles manejados en la aeroplanta Viru Viru

Tomando en cuenta un ensayo realizado al Jet Fuel, se tiene lo siguiente:

Tabla 13: Análisis fisicoquímico al Jet Fuel A-1

PRODUCTO: JET - FUEL A – 1					
PROCEDENCIA TK-2920					
FECHA DE MUESTREO 23.05.2017					
SOLICITANTE RSCZ/PRO					
LOTE N° 890000073642					
MODO DE TRANSPORTE					
No	PRUEBA	MÉTODO	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
1	Gravedad Especifica a 15,6/15,6°C	D 1298		0,7750 - 0,8400	0,7783
2	Corrosión Lámina de Cobre (2h/100°C)	D 130		N° 1 MÁX	1A
3	Gomas existentes (na)	D 381	mg/100 ml	7.0 MÁX.	0,5
4	Azufre total (na)	D 1266	% peso	0.30 MÁX.	0,00
5	Azufre mercaptan (na)	D 3227	% peso	0.003 MÁX.	0,000
6	Calor Neto de Combustión (na)	D 3338	MJ/kg	42.8 MÍN.	43,5
7	Punto de Congelamiento	D 2386	°C	-47.0 MÁX.	-54,0
8	Punto de inflamación	D 56	°F	100 MÍN.	104,0
9	Punto de humeo	D 1322	mm	25 MÍN.	30,0
10	Acidez total (na)	D 3242	mg KOH/g	0.1 MÁX.	0,0
11	Aromáticos (na)	D 1319	% vol.	20.0 MÁX.	12,1
12	Viscosidad cinemática a - 20°C (na)	D 445	Cst	8.0 MÁX.	3,0
13	Reacción al Agua, Separación (na)	D 1094		+2 MÁX.	1
14	Reacción al Agua, Interfase (na)	D 1094		1-B MÁX.	1
15	WSIM (*) (na)	D 3948		85 MÍN.	100
16	Caída de presión en el filtro (na)	D 3241	mmHg	25 MÁX.	0
17	Depósitos en Precalentador (na)	D 3241	Código	INF. A 3	0
18	Partículas contamin. (millipore) (na)	D 2276	mg/L	1 MÁX.	0,3

No	PRUEBA	MÉTODO	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
19	Dest. Engler (760 mm Hg) 10% vol.	D 86	°F	400 MÁX.	333
20	50% vol.	D 86	°F	INFORMAR	364
21	90% vol.	D 86	°F	INFORMAR	407
22	Punto Final	D 86	°F	572 MÁX.	474

Fuente: Información proporcionada por YPFB Aviación, 2023

En la tabla mostrada se evidenciar un ensayo fisicoquímico realizado al Jef Fuel A-1 mediante pruebas realizadas en laboratorio.

2.1.2.5 Diagnóstico

2.1.2.5.1 Sistema de Recepción

Haciendo un análisis actual de la planta, se puede verificar se necesitan cambios, para poder abastecer las necesidades futuras y satisfacer a un aeropuerto cuya función principal es la de distribuidor de carga y transportar pasajeros.

Primeramente, el ducto que conecta la refinería con la Aeroplanta (PPVV), tiene una capacidad máxima de 396.000 litros/día. Porque tiene un diámetro nominal de 3". Si las necesidades futuras son 600.000 litros. Es necesario realizar un cambio de tubería, una tubería paralela o loops. Si bien la aeroplanta tiene equipos que son adecuados para trabajar con mayores volúmenes, se tienen otros que deben ser cambiados.

2.1.2.5.2 Sistema de Almacenamiento

El número adecuado de tanque va conjunto de dos fundamentos.

- Primero el tipo de operación que se tiene, la operación en la aeroplanta de Viru es de la siguiente manera:
 - Tanque recepción
 - Tanque decanta
 - Tanque opera

Esto quiere decir que se necesitan 3 tanques para este sistema.

- Pero existe otro factor que determine el número de tanques a utilizar, este es el Contrato Maestro que lo impone AASANA ahora NAABOL a la empresa que se encarga de abastecer combustible en los aeropuertos, en este caso YPFB Aviación S.A. Este contrato indica que la aeroplanta debe contar con un stock de combustible por si falla el bombeo desde la refinería, o cualquier causa natural, etc. Impide la llegada del combustible a la aeroplanta. La cantidad de combustible con la que debe contar la aeroplanta mínimamente es de su promedio de venta diario, multiplicado por 3 días. Para la demanda futura de acuerdo con los requerimientos de un aeropuerto HUB Distribuidor de carga y pasajeros, se estima que la cantidad de combustible aumentaría en un 70 %, ya que se espera la incorporación de aerolíneas internacionales que realizan vuelos de carga como ser Lufthansa, Qatar Airways.

2.1.2.5.3 Sistema de Bombeo

Haciendo una revisión y análisis sobre las normas de diseño y constructivas de las bombas con las que cuentan en la aeroplanta, se tiene lo siguiente:

- **Bombas Goulds Pump**

La serie 3700 fue diseñada mediante la norma API 610 11th Edition / ISO 13709 2nd Edition y corresponde a una bomba API de la serie OH2 Overhung, Single Stage, Radially Split. (ANEXO 1)

- **Bomba KSB**

La serie Megachem fue diseñada mediante la norma ISO 2858/DIN 24256 y mecánicamente según ASME B 73.1. (ANEXO 2)

Por lo tanto, la bomba KSB no cumple con el reglamento de diseño, operación y mantenimiento de plantas de almacenamiento de combustibles.

2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

Para dar cumplimiento al Reglamento para Construcción y Operación de Plantas de Almacenaje de Combustibles Líquidos que regula la ANH, se procederá a seleccionar una bomba API 610 en reemplazo de la bomba que tiene norma constructiva ISO 2858. Se tomará como referencia

la marca KSB, debido a que, según los operadores de la planta, es la que mejor resultado operativo les dio hasta el momento.

2.2.1 Selección de la Bomba

La selección se la realizará tomando en cuenta la siguiente secuencia de pasos:

- a) Definir los puntos de operación, tomando en cuenta las condiciones operativas de la bomba KSB:
 - Caudal: 80 m³/h
 - Altura de bombeo: 120 m
 - Fluido: Jet Fuel (SG = 0,78)
 - Altura de operación: 400 msnm

- b) Seleccionamos el modelo indicado de la bomba, tomando en cuenta la siguiente tabla que recomienda el fabricante:

Tabla 14: Modelos de la marca KSB según el tipo de fluido

Tipo / Aplicación	Modelo
Bombas normalizadas / monobloc	Meganorm, Megabloc, Etanorm
Bombas de agua caliente	HPK-L, HPH, HPK
Bombas de agua caliente / aceite térmico	Etanorm SYT / RSY, Etabloc SYT, Etaline SYT
Bombas químicas normalizadas	MegaCPK, CPKN
Bombas de procesos petroquímicos	RPH, RPH-LF, RPH-V
Equipos de presión	Hyamat V, Hyamat SVP, Hyamat SVP ECO
Bombas autoaspirantes	Etaprime L, Etaprime B, EZ B/L, AU Monobloc
Bombas de alta presión	Movitec H(S)I, Movitec, Multitec
Bombas de cámara partida	Omega, RDLO, RDLP

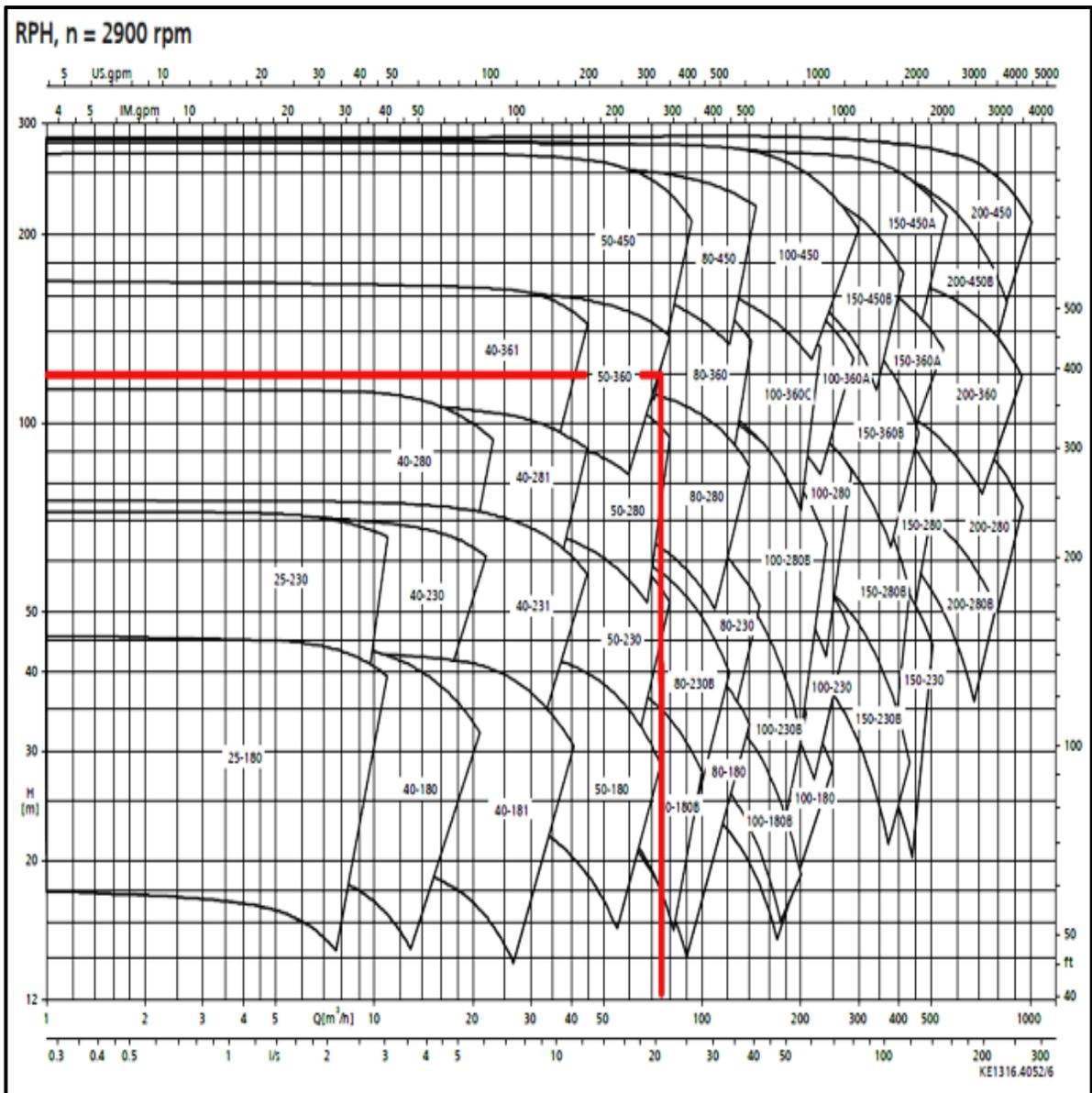
Fuente: Extraído de KSB pump, 2023

De todo el detalle descrito anteriormente, se seleccionará el modelo RPH, debido a que ese modelo tiene las siguientes características, cabe mencionar que los modelos RPH-LF y RPH-V no son bombas centrífugas por lo tanto no aplica para la selección (ANEXO 3):

- Modelo: RPH
- Características: Bomba de proceso
- Norma de diseño: OH2 de tipo heavy duty según norma API 610 / ISO 13709
- Campos de aplicación: Petróleo y gas, petroquímica, centrales eléctricas

c) Dimensionar la bomba adecuada tomando en cuenta la curva general de la bomba RPH:

Figura 20: *Cartas de curvas generales*

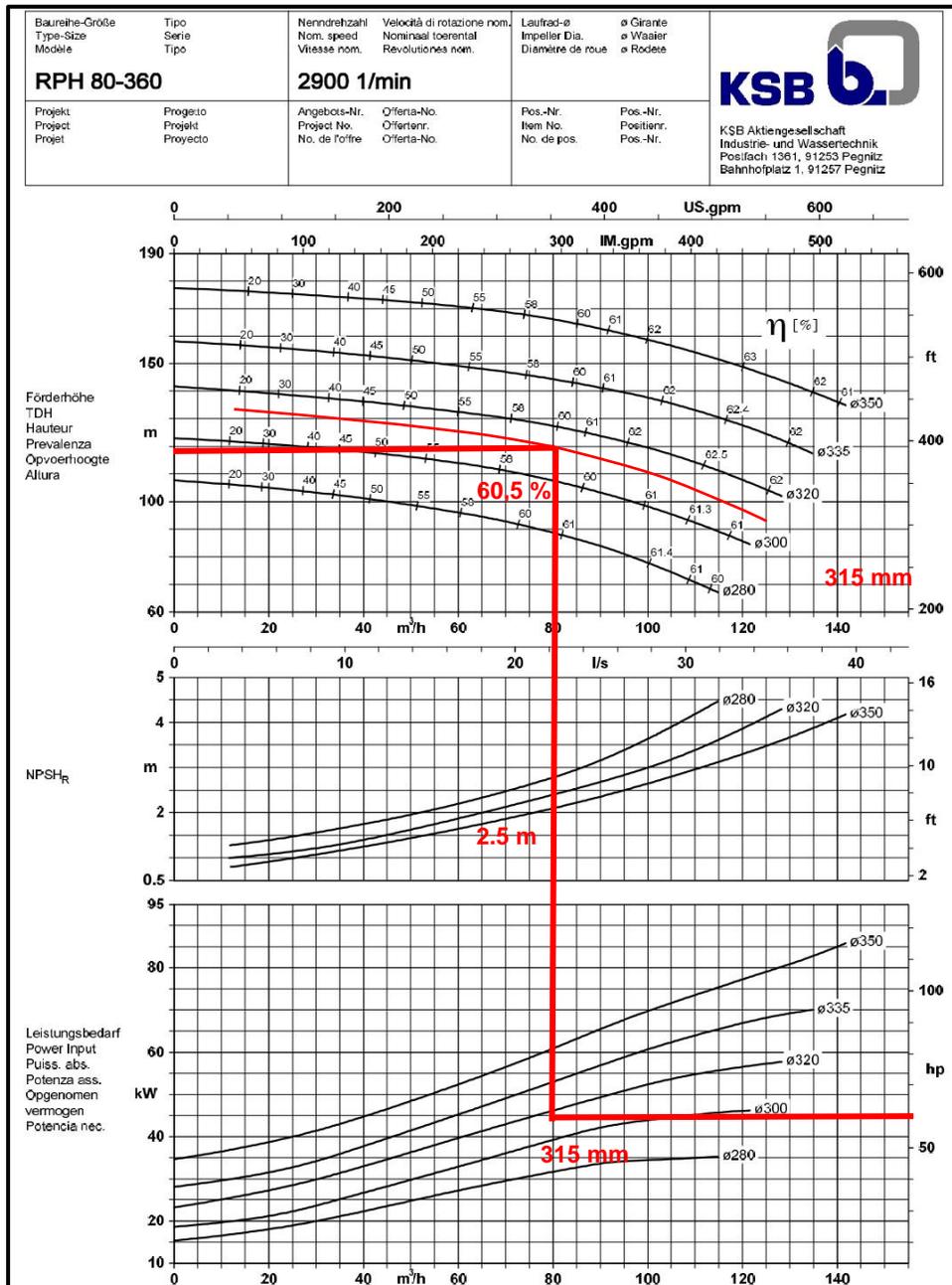


Fuente: Extraído de KSB pump, 2023

De la figura anterior, deducimos que el tamaño adecuado de la bomba recae en los siguientes modelos: RPH 80 – 360 y RPH 50 – 360, por lo tanto, se tendrá que seleccionar el tamaño adecuado por criterios técnicos.

- **Análisis para la bomba RPH 80 – 360**

Figura 21: Curvas características de la bomba RPH 80 – 360



Fuente: Extraído de KSB pump, 2023

Para la lectura de la figura 21 la cual corresponde a curvas características de la bomba RPH 80 – 360, se hizo la lectura con una altura manométrica de 120 m la cual se trazó una línea horizontal, posteriormente se lee el caudal de 80 m³/hr y se traza una línea vertical hasta la intersección y se procede a leer de la curva la eficiencia de la bomba de 60,5 %, posteriormente de la misma curva se lee el diámetro del rodete que es 315 mm y finalmente con el diámetro de rodete leído se procede a leer el NPSH de 2,5 m, para la lectura de la altura manométrica y caudal se usó como los datos de operación de la tercer bomba de la aeroplanta Viru Viru la cual se detalla en la página 33.

Determinamos la potencia del motor eléctrico, con la siguiente expresión:

$$\text{Potencia} = \frac{H \cdot Q \cdot \gamma}{270 \cdot n}$$

Donde:

H: Altura de bombeo → Total, Cabeza entregado: 120 m

Q: Caudal requerido en → Caudal: 80 m³/h

n: Eficiencia → Leído de la curva de la bomba: 60,5 %

γ: Gravedad específica → Gravedad específica: 0,72

$$\text{Potencia} = \frac{120 * 80 * 0,72}{270 * 0,605}$$

$$\text{Potencia} = \mathbf{42,35 \text{ HP}}$$

La potencia calculada será de 42,35 HP, pero debido a recomendaciones de la norma API, se pide dimensionar el mismo aplicando un factor de seguridad del 30%, es decir, multiplicándolo por 1,3 por ende, se tendrá lo siguiente:

$$\mathbf{\text{Potencia Motor Eléctrico} = 42,35 \text{ HP} * 1,3 = 55,5 \text{ HP}}$$

Tabla 15: *Potencias comerciales de motores eléctricos*

POTENCIAS COMERCIALES		
HP	KW	Frame
0,50	0,37	80
0,75	0,55	80
1,00	0,75	90S
1,50	1,10	90L
2,00	1,50	100L
3,00	2,20	112M
4,00	3,00	132S
5,50	4,00	132M
7,50	5,50	132M
10,00	7,50	160M
12,50	9,20	160L
15,00	11,00	160L
20,00	15,00	180L
25,00	18,50	200L
30,00	22,00	200L
40,00	30,00	225S/M
50,00	37,00	250S/M
60,00	45,00	280S/M
75,00	55,00	280S/M
100,00	75,00	280S/M

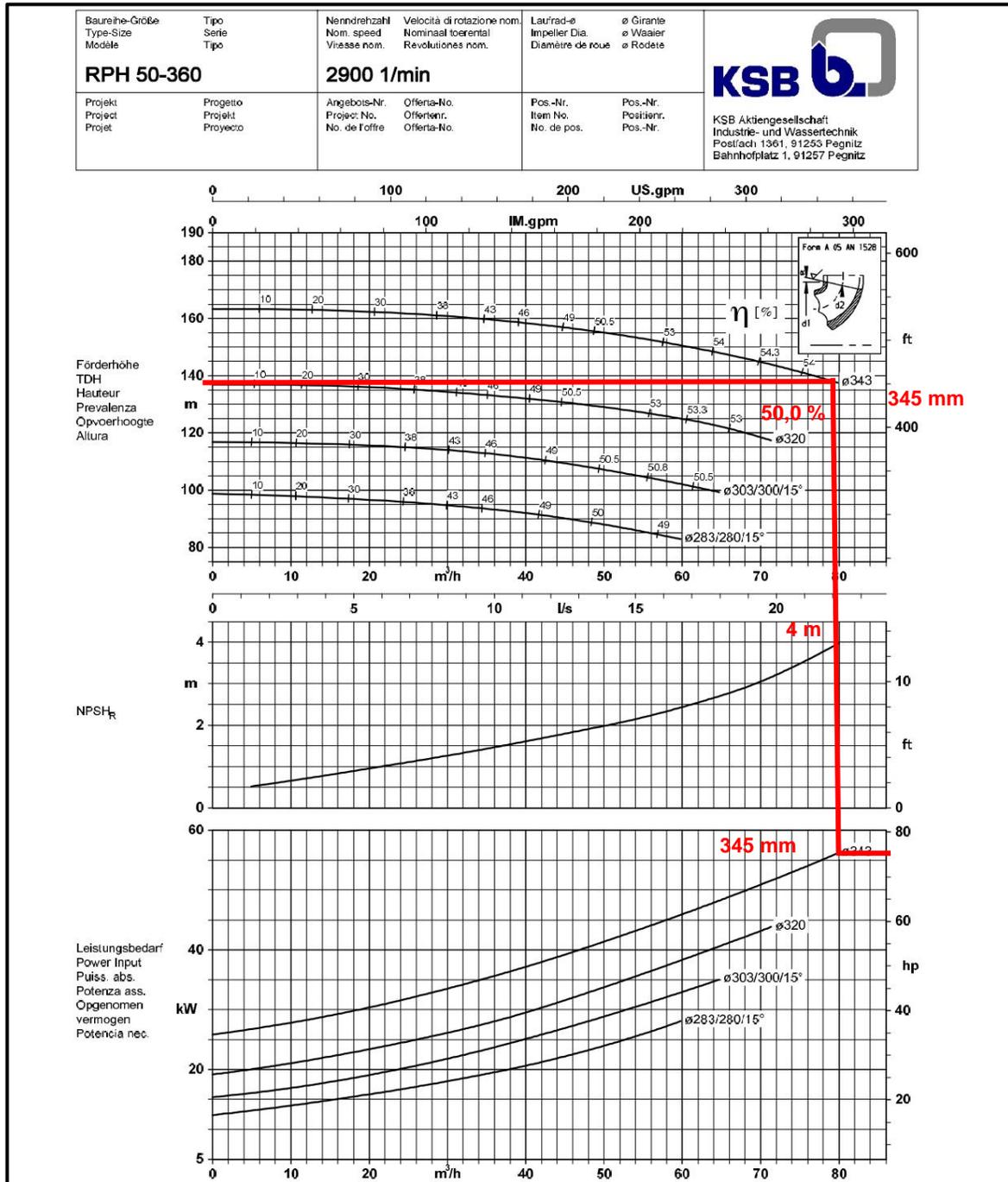
Fuente: Extraído de WEG, 2023

En el mercado, es imposible encontrar un motor con la potencia específica seleccionada, por tal manera, hay que seleccionar un equipo que sea comercial.

Entonces la potencia del motor requerido será de 60 HP o 45 Kw

- **Análisis para la bomba RPH 50 – 360**

Figura 22: Curva característica de la bomba RPH 50 – 360



Fuente: Extraído de KSB pump, 2023

Para la lectura de la figura 22 la cual corresponde a curvas características de la bomba RPH 50 – 360, se hizo la lectura con una altura manométrica de 140 m la cual se trazó una línea horizontal, posteriormente se lee el caudal de 80 m³/hr y se traza una línea vertical hasta la

intersección y se procede a leer de la curva la eficiencia de la bomba de 50,0 %, posteriormente de la misma curva se lee el diámetro del rodete que es 345 mm y finalmente con el diámetro de rodete leído se procede a leer el NPSH de 4 m, para la lectura del caudal se usó como los datos de operación de la tercer bomba de la aeroplanta Viru Viru la cual se detalla en la página 33.

Determinamos la potencia del motor eléctrico, con la siguiente expresión:

$$\text{Potencia} = \frac{H \cdot Q \cdot \gamma}{270 \cdot n}$$

Donde:

H: Altura de bombeo → Total, Cabeza entregado: 120 m

Q: Caudal requerido en → Caudal: 80 m³/h

n: Eficiencia → Leído de la curva de la bomba: 50,0 %

γ: Gravedad especifica → Gravedad especifica: 0,72

$$\text{Potencia} = \frac{120 * 80 * 0,72}{270 * 0,50}$$

$$\text{Potencia} = \mathbf{51,2 \text{ HP}}$$

La potencia calculada será de 51,2 HP, pero debido a recomendaciones de la norma API, se pide dimensionar el mismo aplicando un factor de seguridad del 30%, es decir, multiplicándolo por 1,3, por ende, se tendrá lo siguiente:

$$\mathbf{\text{Potencia Motor Eléctrico} = 51,2 \text{ HP} * 1,3 = 66,56 \text{ HP}}$$

Entonces la potencia del motor requerido será de **75 HP** o **55 Kw**

- **Análisis Técnico para la selección de la bomba adecuada:**

- **RPH 80 – 360:**

- El punto de operación cae en una zona intermedia, lo cual garantiza una estabilidad en el flujo.

- La potencia seleccionada según la curva de la bomba es de 60 HP, por lo cual se podría reutilizar el motor de la bomba Megachem.
- El NPSH requerido de la bomba es de 2,2 m, lo cual es catalogado como un valor relativamente bajo y accesible.
- El diámetro del rodete seleccionado sería de 315 mm, lo que significa que la bomba podría trabajar con mayores puntos de operación, es decir, que podría incrementar más caudal y mayor presión de descarga.

RPH 50 – 360:

- El punto de operación cae en una zona inestable, lo cual no garantiza una estabilidad en el flujo.
- La potencia seleccionada según la curva de la bomba es de 75 HP, por lo cual se tendría que adquirir un nuevo motor de mayor capacidad.
- El NPSH requerido de la bomba es de 4 m, lo cual es catalogado como un valor elevado.
- El diámetro del rodete seleccionado sería de 345 mm, lo que significa que la bomba no podrá incrementar su punto de operación.

De lo anteriormente descrito, la bomba seleccionada tendría las siguientes características:

- Marca: KSB
- Modelo: RPH
- Tamaño: 80 – 360
- Diámetro de succión: 4 pulg
- Diámetro de descarga: 3 pulg
- Diámetro del impulsor: 315 mm

- Potencia de la bomba: 60 HP

Figura 23: Imagen ilustrativa del modelo RPH



Fuente: Extraído de KSB pump, 2023

En la figura 23 se ilustra la imagen de la bomba KSB RPH la cual fue seleccionada por sus características de diseño.

2.2.2 Estimación de costos para el recambio y adecuación de la bomba

Solicitado una cotización del proveedor local, se tiene lo siguiente:

Tabla 16: Cotización de la bomba KSB RPH 80-360 (Eje libre)

DESCRIPCION	REV.	CANT.	P/ VENTA/ UNIT USD	P/ VENTA/ TOTAL USD
Bomba RPH 80 – 360 Eje libre (Plan de sellado API 11)	Rev00	1	43.844,71	43.844,71
Base estructural para motor de 60 HP	Rev00	1	3000	3000
Acople flexible	Rev00	1	800	800
TOTAL (USD)				47.644,71

Fuente: Extraído de KSB Chile, 2023

En la tabla 17 se ilustra la cotización realizada de la bomba KSB RPH 80 – 360 con lo cual se cuenta con un tiempo de entrega de 120 días.

Tabla 17: *Trabajos para la adecuación del Piping*

DESCRIPCION	TIEMPO DE TRABAJO	CANT.	COSTO/UNIT USD	COSTO/TOTAL USD
Soldador calificado	1 día	1	100	100
Cañista calificado	1 día	1	80	80
Mecánico de bombas	1 día	1	80	80
Eléctrico y/o electrónico	1 día	1	80	80
TOTAL (USD)				240

Fuente: Extraído de SERPETROL, 2023

El costo unitario y total se realizó tomado en cuenta los trabajos en la adecuación de las tuberías de succión, descarga y los trabajos de instalación hasta la puesta en marcha, tipo de cambio por 1 USD es de 6,96 para la venta y compra 6,86.

Tabla 18: *Cronograma de actividades*

Mes	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Día	1... 30	1... 30	1... 30	1... 30	1... 30
Firma de contrato y/u OC	█				
Proceso de fabricación de la bomba	█	█	█	█	
Fabricación de la base de la bomba		█	█	█	
Modificación del piping				█	
Puesta en marcha de la bomba					█

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de KSB Chile y SERPETROL, 2023

Para finalizar, en el cronograma de actividades para el desarrollo de todo el trabajo propuesto hasta la puesta en marcha, se tomó en cuenta un lapso de 30 días para cada mes, en el cual la firma del contrato será en la primera semana, posteriormente se procede al proceso de fabricación de la bomba, fabricación base de la bomba, modificación del piping y la puesta en marcha la cual durará 120 días, entonces todo el trabajo será en 4 meses y 1 semana.

2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

2.3.1 Análisis de resultados

Mediante un análisis realizado a la bomba con la que actualmente cuenta la aeroplanta Viru Viru, se pudo evidenciar que la bomba No 3 (Bomba KSB) no cumple los estándares constructivos y de diseño de la API 610, esta información se pudo corroborar mediante catálogos del modelo Megachem descargado de la página del fabricante.

La selección de la bomba se la realizó tomando en cuenta los datos constructivos y de operación de la bomba KSB que actualmente está en operación, esta información fue relevada mediante registro fotográfico de la placa de la bomba; por otro lado, también se recurrió a información técnica obtenida por páginas del fabricante.

La bomba seleccionada corresponde a la marca KSB debido a que según los comentarios de los operadores es la más recomendada y la que mejor resultado les dio. El modelo seleccionado corresponde al modelo RPH 80-360, el cual, según la curva de la bomba, cumple las necesidades de trabajo requeridas en la aeroplanta, de igual manera se garantiza un servicio post venta debido a que dicha marca cuenta con representante autorizado en el país.

2.3.2 Discusión de resultados

A partir de la propuesta desarrollada en el presente proyecto, donde se homologó una bomba API de acuerdo a los puntos de operación de una bomba Megachem (ISO 2858)

Entre los resultados que guardan relación con los autores (Chávez Alcántara , 2021) y (Reyes Salazar , 1999), se tiene el procedimiento basado en la aplicación de las curvas de un determinado fabricante tomando en cuenta diferentes tipos de fluidos considerados como “críticos”, por otro lado, también se coincidió en la correcta selección del material en los equipos que trabajen con hidrocarburos.

Pero, en lo que no hubo directa relación, fue en la obtención de datos, es decir, los autores (Chávez Alcántara , 2021) y (Reyes Salazar , 1999), tuvieron que calcular los parámetros de caudal y presión del sistema donde se instalara la bomba, en nuestro caso, esos datos fueron obtenidos de manera directa de la placa de la bomba que operaba en planta y de la que se pretende su recambio.

CAPÍTULO III: CONCLUSIONES

- Según el reglamento de la ANH, todos los aspectos técnicos relacionados a los sistemas de bombeo son direccionados a la norma API STD 2610, donde se establece que las bombas deberán ser diseñadas y construidas bajo la norma API 610.
- La aeroplanta cuenta con tres bombas, de las cuales 2 son de la marca Goulds Pump cuya normativa de diseño es la API 610, de igual manera cuenta con una bomba de la marca KSB que solamente cumple el estándar de la ISO 2858. El estándar ISO 2858 no se encuentra dentro de la API STD 2610, por ende, no cumple las reglamentaciones de la ANH.

Se realizó la recopilación de parámetros técnicos de la bomba KSB para ser de referentes de la nueva bomba API 610.

- Se decidió trabajar de manera directa con la marca KSB debido a la facilidad para la obtención de datos por medio de su página web y debido a los comentarios de los operadores de la aeroplanta, quienes manifestaron preferencia por dicha marca.

Según los parámetros de operación, existen dos bombas de la marca KSB que cumplen las exigencias: RPH 80 – 360 y RPH 50 – 360. La bomba seleccionada es la RPH 80 – 360, la cual trabajará con un motor de 60 HP, 2P y mantendrá los mismos parámetros operativos de la bomba a recambiar.

- El costo total requerido para la inversión del proyecto será de 47.644,71 USD en los equipos y 244 USD por el servicio de mano de obra para la instalación.

El tiempo para la entrega de los equipos es de 120 días, el cual empieza a computarse una vez que se haya firmado el contrato entre la empresa operadora y el fabricante de la bomba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANH . (2012). *Reglamento para Construcción y Operación de Plantas de Almacenaje de Combustibles Líquidos*. La Paz: ANH.
- API . (2021). *Centrifugal Pumps for Petroleum Petrochemical, and Natural Gas Industries*. Washington D. C.: API.
- API. (2011). *Design, construction, operation, Maintenance, and inspection of terminal & Tank Facilities*. Washington D. C.: API.
- Colque, Y. (2023). Operación de la planta Viru Viru. (J. P. Vargas, Entrevistador)
- KSB . (2023). *KSB Group* . Obtenido de <https://www.ksb.com/es-es>
- KSB. (2021). *Bombas RPH*. Frankenthal: KSB.
- Multisteel. (2023). Dimensionamiento de bomba rotodinámicas. Sao Paulo.
- Murillo, J. A. (2021). Aplicación de bombas centrifugas en la industria petrolera. Santa Cruz, Bolivia.
- Paniagua, A. A. (2017). *Ampliación y readecuación de la aeroplanta Viru Viru*. Santa Cruz.
- PEMEX. (2010). *Fundamentos de la industria petrolera*. Mexico DF: PEMEX.
- Pump Bombas. (2022). *Cursos de bombas hidráulicas y sistemas de flujo*. Obtenido de <https://pumpsbombas.com/>
- Sulzer Pump. (2023). *Bombas centrifugas Sulzer*. Obtenido de <https://www.sulzer.com/>
- TAPIA, R. (2023). Operación de la aeroplata Viru Viru. (J. P. Vargas, Entrevistador)
- YPF. (2001). *Manual de Operaciones y Mantenimiento en Aeroplantas*. Buenos Aires: YPFB.
- YPFB Aviación . (2019). *Reporte de mantenimiento de la aeroplanta Cochabamba*. Cochabamba: YPFB.

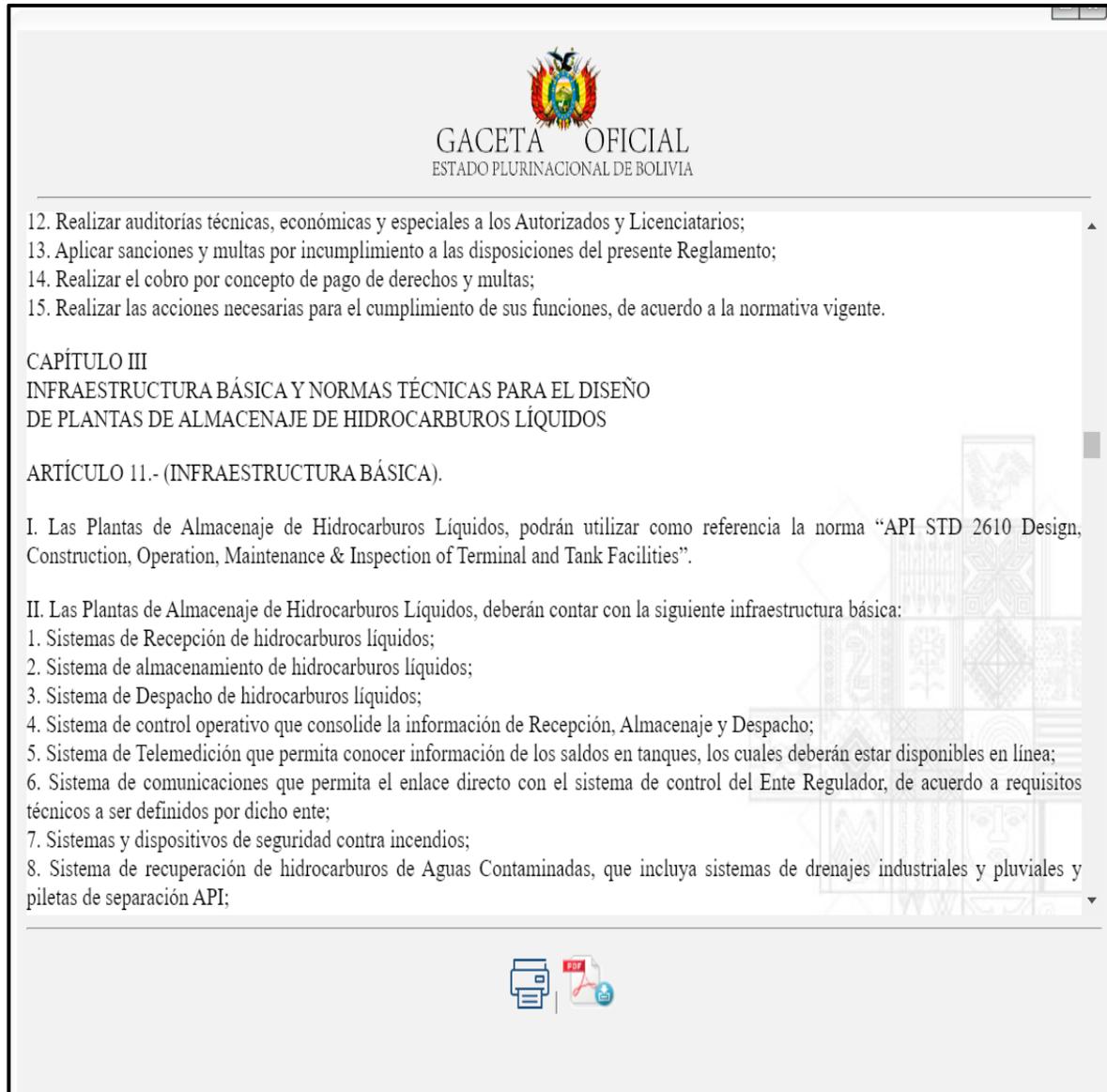
YPFB Aviacion. (2021). *Informe tecnico de calidad de combustibles*. Santa Cruz.

YPFB Aviacion. (2022). *Informe de recepción/despacho de jet fuel*. Santa Cruz.

YPFB Aviacion. (2023). *YPFB Aviacion*. Obtenido de <http://www.yfbaviacion.com.bo/>

ANEXOS

Anexo 1: Normativa para el diseño de plantas de almacenaje de Hidrocarburos Líquidos




GACETA OFICIAL
ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

12. Realizar auditorías técnicas, económicas y especiales a los Autorizados y Licenciarios;
13. Aplicar sanciones y multas por incumplimiento a las disposiciones del presente Reglamento;
14. Realizar el cobro por concepto de pago de derechos y multas;
15. Realizar las acciones necesarias para el cumplimiento de sus funciones, de acuerdo a la normativa vigente.

CAPÍTULO III
INFRAESTRUCTURA BÁSICA Y NORMAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO
DE PLANTAS DE ALMACENAJE DE HIDROCARBUROS LÍQUIDOS

ARTÍCULO 11.- (INFRAESTRUCTURA BÁSICA).

I. Las Plantas de Almacenaje de Hidrocarburos Líquidos, podrán utilizar como referencia la norma “API STD 2610 Design, Construction, Operation, Maintenance & Inspection of Terminal and Tank Facilities”.

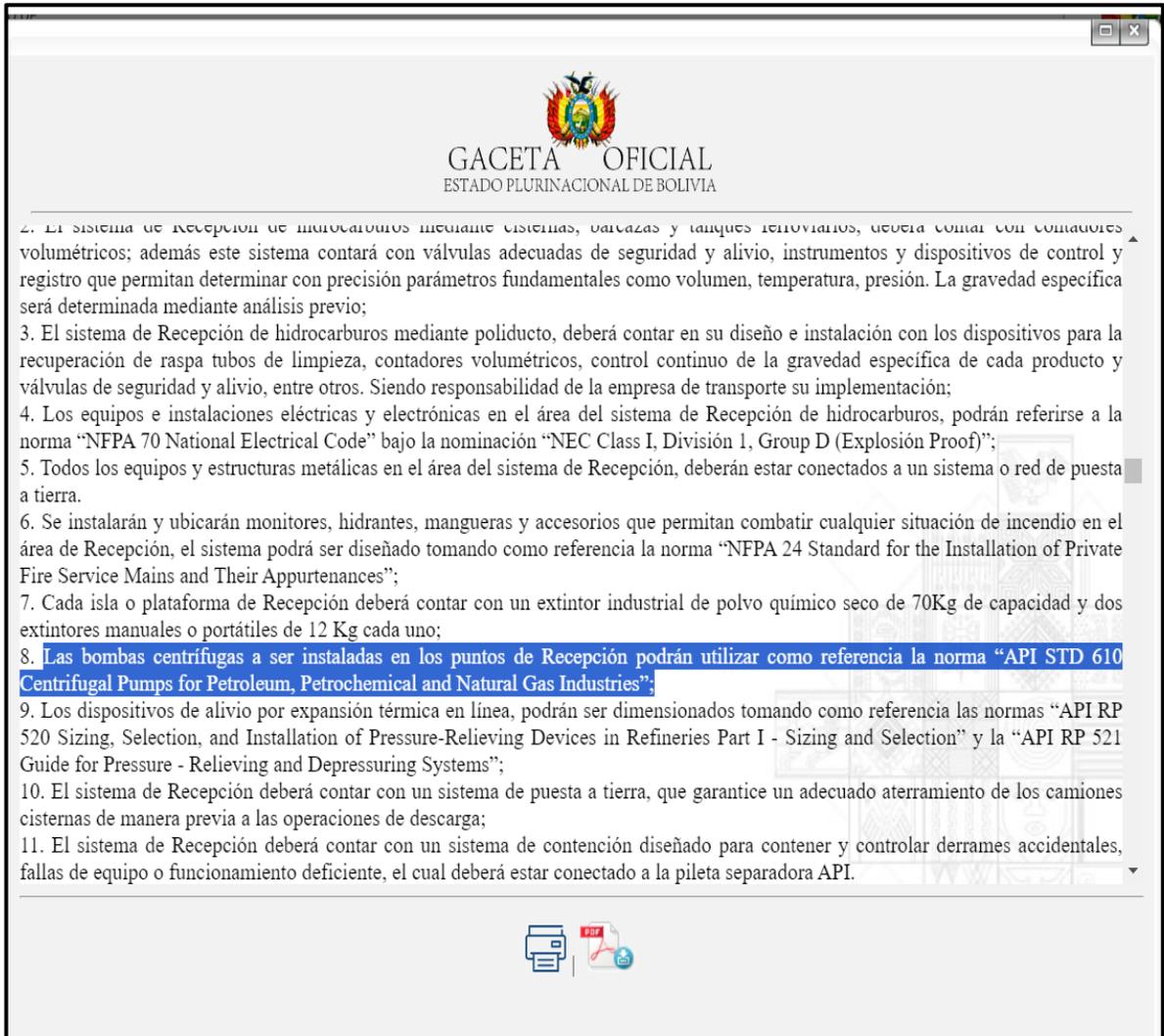
II. Las Plantas de Almacenaje de Hidrocarburos Líquidos, deberán contar con la siguiente infraestructura básica:

1. Sistemas de Recepción de hidrocarburos líquidos;
2. Sistema de almacenamiento de hidrocarburos líquidos;
3. Sistema de Despacho de hidrocarburos líquidos;
4. Sistema de control operativo que consolide la información de Recepción, Almacenaje y Despacho;
5. Sistema de Telemedición que permita conocer información de los saldos en tanques, los cuales deberán estar disponibles en línea;
6. Sistema de comunicaciones que permita el enlace directo con el sistema de control del Ente Regulador, de acuerdo a requisitos técnicos a ser definidos por dicho ente;
7. Sistemas y dispositivos de seguridad contra incendios;
8. Sistema de recuperación de hidrocarburos de Aguas Contaminadas, que incluya sistemas de drenajes industriales y pluviales y piletas de separación API;

Fuente: Extraído de Gaceta Oficial Estado Plurinacional de Bolivia, 2017

Anexo 2: Normativa para el diseño de plantas de almacenaje de Hidrocarburos Líquidos.



The image is a screenshot of a web browser displaying the official gazette of Bolivia. At the top center, there is the national coat of arms of Bolivia, followed by the text "GACETA OFICIAL" and "ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA". Below this, a list of technical specifications for hydrocarbon reception systems is presented. The list includes requirements for volumetric flowmeters, safety valves, electrical and electronic equipment, fire safety measures, and specific standards for centrifugal pumps and pressure-relieving devices. The eighth item in the list is highlighted in blue. At the bottom of the page, there are icons for printing and downloading a PDF file.

2. El sistema de Recepción de hidrocarburos mediante sistemas, barcazas y tanques ferroviarios, deberá contar con contadores volumétricos; además este sistema contará con válvulas adecuadas de seguridad y alivio, instrumentos y dispositivos de control y registro que permitan determinar con precisión parámetros fundamentales como volumen, temperatura, presión. La gravedad específica será determinada mediante análisis previo;

3. El sistema de Recepción de hidrocarburos mediante poliducto, deberá contar en su diseño e instalación con los dispositivos para la recuperación de raspa tubos de limpieza, contadores volumétricos, control continuo de la gravedad específica de cada producto y válvulas de seguridad y alivio, entre otros. Siendo responsabilidad de la empresa de transporte su implementación;

4. Los equipos e instalaciones eléctricas y electrónicas en el área del sistema de Recepción de hidrocarburos, podrán referirse a la norma "NFPA 70 National Electrical Code" bajo la nominación "NEC Class I, División 1, Group D (Explosión Proof)";

5. Todos los equipos y estructuras metálicas en el área del sistema de Recepción, deberán estar conectados a un sistema o red de puesta a tierra.

6. Se instalarán y ubicarán monitores, hidrantes, mangueras y accesorios que permitan combatir cualquier situación de incendio en el área de Recepción, el sistema podrá ser diseñado tomando como referencia la norma "NFPA 24 Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances";

7. Cada isla o plataforma de Recepción deberá contar con un extintor industrial de polvo químico seco de 70Kg de capacidad y dos extintores manuales o portátiles de 12 Kg cada uno;

8. Las bombas centrífugas a ser instaladas en los puntos de Recepción podrán utilizar como referencia la norma "API STD 610 Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries";

9. Los dispositivos de alivio por expansión térmica en línea, podrán ser dimensionados tomando como referencia las normas "API RP 520 Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries Part I - Sizing and Selection" y la "API RP 521 Guide for Pressure - Relieving and Depressuring Systems";

10. El sistema de Recepción deberá contar con un sistema de puesta a tierra, que garantice un adecuado aterramiento de los camiones cisternas de manera previa a las operaciones de descarga;

11. El sistema de Recepción deberá contar con un sistema de contención diseñado para contener y controlar derrames accidentales, fallas de equipo o funcionamiento deficiente, el cual deberá estar conectado a la pileta separadora API.

Fuente: Extraído de Gaceta Oficial Estado Plurinacional de Bolivia, 2017

Anexo 3: *Catalogo bombas Goulds*



GOULDS PUMPS

Goulds 3700

API 610 11th Edition / ISO 13709 2nd Edition
API OH2 Overhung, Single Stage, Radially Split



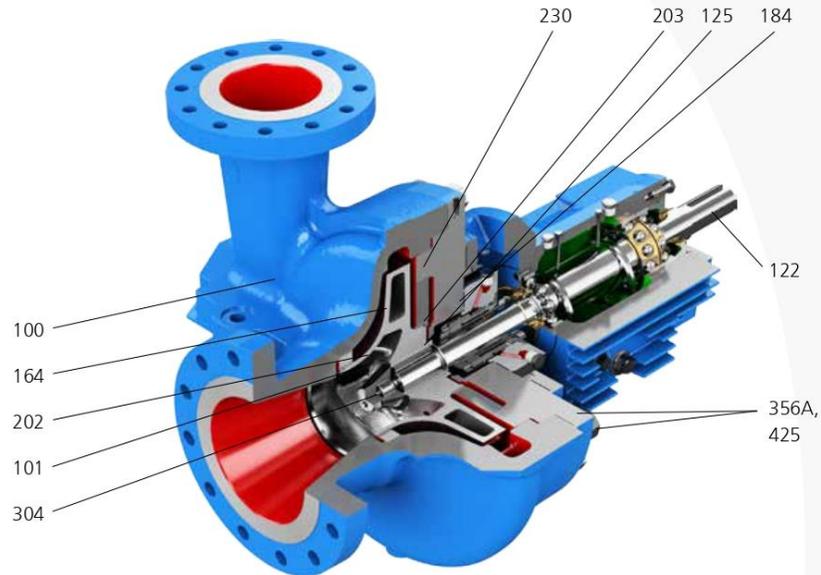
 **ITT**
ENGINEERED FOR LIFE

Fuente: Extraído de Goulds Pumps, 2023

Anexo 4: Catalogo bombas Goulds

3700

Sectional View



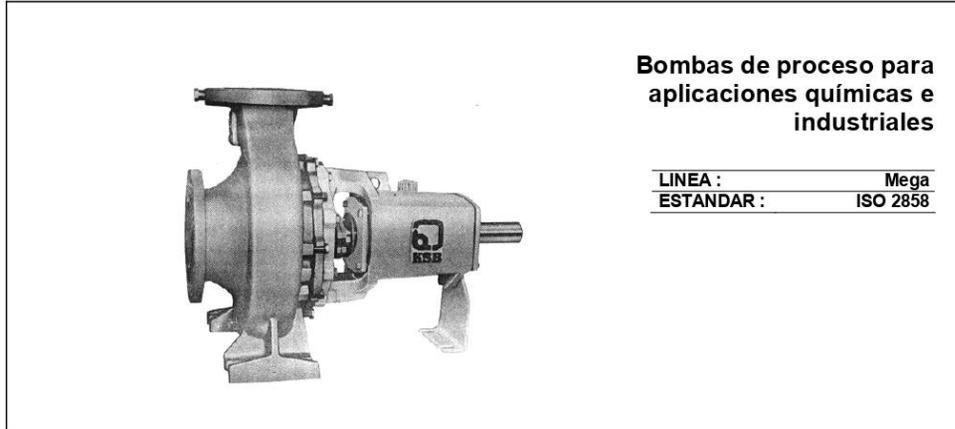
Parts List and Materials of Construction

Item	Part Name	S-4	S-6	S-8	C-6	A-8	D-1	D-2
100	Casing	Carbon Steel			12% Chrome	316L SS	Duplex SS	S. Duplex SS
101	Impeller	Carbon Steel	12% Chrome	316L SS	12% Chrome	316L SS	Duplex SS	S. Duplex SS
122	Shaft	ANSI 4140 *		316L SS	410 SS	316L SS	Duplex SS	S. Duplex SS
125	Throat Bushing	Cast Iron	410 SS	316L SS	410 SS	316L SS	Duplex SS	S. Duplex SS
164, 230	Wear Ring - Casing **	Cast Iron	12% Chrome	316L SS	12% Chrome	316L SS	Duplex SS	S. Duplex SS
202, 203	Wear Ring - Impeller **	Cast Iron	12% Chrome	Nitronic 60	12% Chrome	Nitronic 60	Duplex SS	S. Duplex SS
184	Seal Chamber Cover	Carbon Steel			12% Chrome	316 SS	Duplex SS	S. Duplex SS
304	Impeller Nut	Steel	316 SS				Duplex SS	S. Duplex SS
356A, 425	Casing Studs / Nuts	ANSI 4140						

* 410 SS on S-6 when temperature exceeds 350°F (175°C)
 ** Not utilized on 3700LF low flow pumps.

Folleto descriptivo
Nro. A2740.1E

KSB Megachem



Bombas de proceso para aplicaciones químicas e industriales

LÍNEA : Mega
ESTANDAR : ISO 2858

Aplicación

La bomba centrífuga Megachem KSB es adecuada para el bombeo de productos químicos, líquidos agresivos orgánicos e inorgánicos, aceite, agua, condensados y otros líquidos utilizados principalmente en las siguientes aplicaciones:

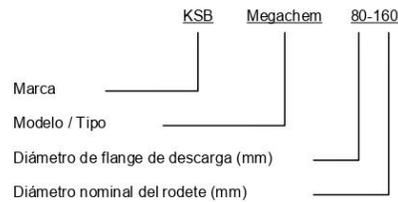
- Minería
- Química y petroquímica.
- Industria de azúcar y alcohol
- Alimentación de calderas
- Circuitos auxiliares en refinerías
- Circuitos auxiliares en la industria (papel, alimento, fibras sintéticas, otros)
- Suministro de agua
- Irrigación
- Aire acondicionado
- Combate de incendios
- Drenaje
- Circulación de aceite transportador de calor

Diseño

Horizontal, de una etapa, succión simple horizontal y central superior.

El diseño "Back-pull-out" permite los servicios de mantención y reparación por la parte trasera, sin desmontar las tuberías. Dimensionalmente construida de acuerdo a ISO 2858 / DIN 24256 y mecánicamente según ASME B 73.1.

Designación

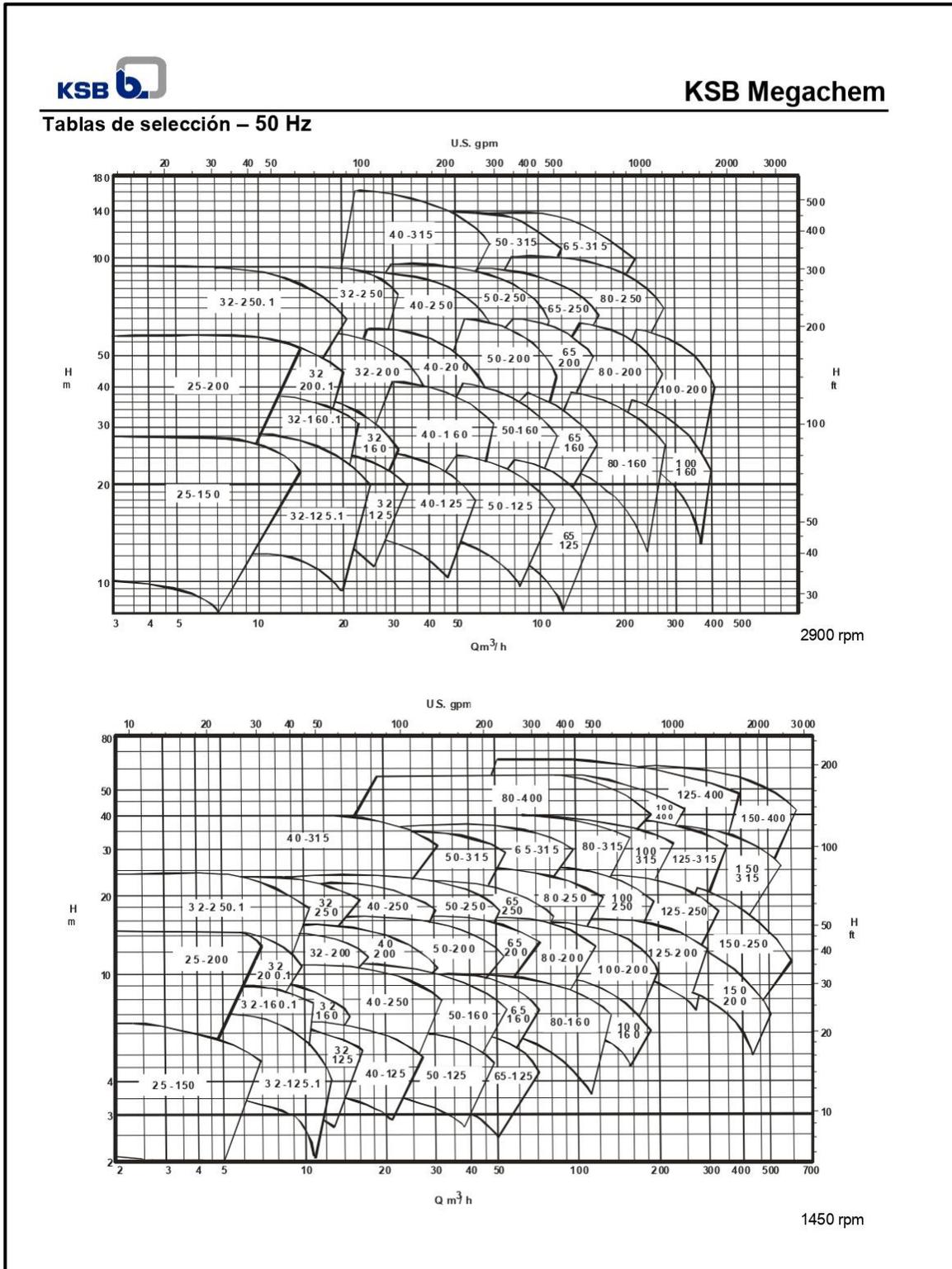


1. Datos de operación

Tamaños	- DN 32 hasta 150 (1 ¼" to 6")
Caudal	- hasta 700 m ³ /h (3,100 gpm)
Presión	- hasta 140m (460ft)
Temperatura	- hasta 350°C(662° F)
Presión máxima de succión	-10 bar (hasta 145 psi)
Presión máxima de operación	-24bar (348psi)
Velocidad	- hasta 3.600 rpm



Anexo 6: Catalogo bombas Megachem KSB



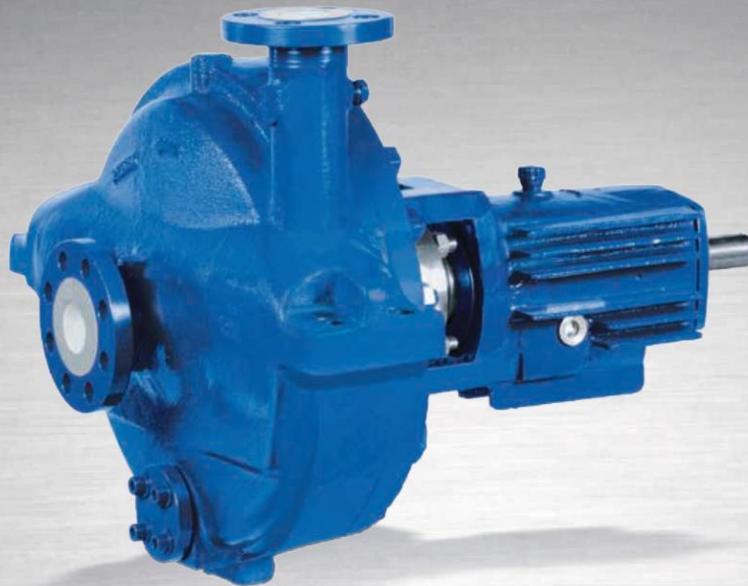
Fuente: Extraído de KSB Pump, 2023

Anexo 7: Catalogo bombas RPH

► Our technology. Your success.
Pumps • Valves • Service



RPH-RO – Booster Pump for Desalination Plants



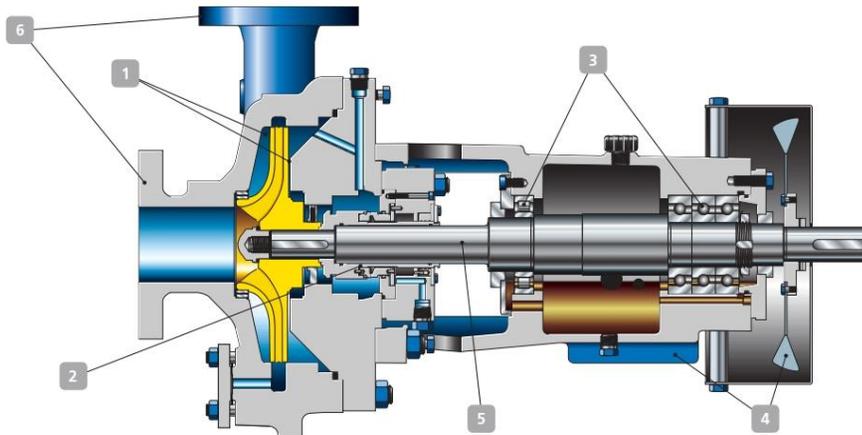
Applications:

- Seawater desalination by reverse osmosis

More information: www.ksb.com/products

Fuente: Extraído de KSB Pump, 2023

RPH-RO – Booster Pump for Desalination Plants



1 Low maintenance costs

- The selection of a balancing system for the specific duty point markedly reduces axial forces.
- The double volute (DN 80 and above) reduces radial thrust and prevents shaft deflection, considerably reducing the loads on bearings and mechanical seal.

2 Long service life of the mechanical seal

The specially designed KSB mechanical seal type “4RPS” is implemented as standard.

Use of a hooked shaft protecting sleeve reduces the load on the seal and, in combination with high quality materials, ensures excellent reliability.

3 Long service life and high reliability of bearings

The bearings in tandem design cope well with high inlet pressures.

4 No cooling water circuit required

When fluid temperature and ambient temperature are high, the steel bearing bracket with integrated cooling fins and the optional fan impeller protect the unit from overheating.

5 Ease of maintenance

Single mechanical seal in cartridge design for easy installation and removal.

6 High flexibility

The pump flanges are available for all common pipelines because they are built to all standards up to PN 100 (ASME Class 600).

Reduced operating costs

No barrier fluid required, therefore considerably reduced operating costs.

Materials

Super-Duplex A890 Grade 5A

Technical data of the standard configuration

Pump size (Discharge nozzle)	DN 100 – 350 / 4 – 14 inch
Flow rate	Up to 2500 m ³ /h / 11008 gpm
Head	Up to 150 m / 492 ft
Operating pressure	Up to 80 bar / 1160 psi
Fluid temperature	0 °C to +40 °C / +32 °F to +104 °F
Speed	Up to 3500 rpm



KSB Aktiengesellschaft
Johann-Klein-Straße 9
67227 Frankenthal (Germany)
www.ksb.com

1316.024/05-EN / 07.14 / © KSB Aktiengesellschaft 2014. Subject to technical modification without prior notice

Anexo 9: *Clasificación api de las bombas centrifugas*

Bombas Centrifugas	En Voladizo	Acoplamiento flexible	Horizontal	Pie Soporte	OH1
				Soporte centrado	OH2
			Vertical “in line” con soporte rodamientos		OH3
		Acople rígido	Vertical “in line”		OH4
		Acople Cerrado	Alta vel, engranajes integrados		OH5
	Entre Rodamientos	1 y 2 etapas	Axialmente partida		BB1
			Radialmente partida		BB2
		Multietapa	Axialmente partida		BB3
			Radialmente partida	Carcasa simple	BB4
				Doble carcasa	BB5
	Verticalmente Suspendidos	Carcasa simple	Descarga a través de la columna	Difusores	VS1
				Voluta	VS2
				Flujo Axial	VS3
			Descarga separada	Eje en línea	VS4
				Voladizo	VS5
		Doble carcasa	Difusores		VS6
			Voluta		VS7

Fuente: Extraído de API 610, 2022