



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECICLAJE DE ACEITE
LUBRICANTE USADO

Trabajo para optar al Título de:
Ingeniero Mecánico

Profesor Patrocinante:
Sr. Rolando Ríos Rodríguez
M Sc. Ingeniería Mecánica

Juan Matias Jones Pawlak
Valdivia - Chile
2007

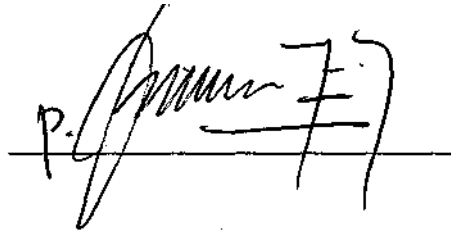
El Profesor Patrocinante y Profesores Informantes del Trabajo de Titulación comunican al Director de la Escuela de Mecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, que el Trabajo de Titulación del Señor:

MATÍAS JONES PAWLAK

Ha sido aprobado en el examen de defensa rendido el día.....13 - julio - 07..... como requisito para optar al Título de **Ingeniero Mecánico**. Y, para que así conste para todos los efectos firman:

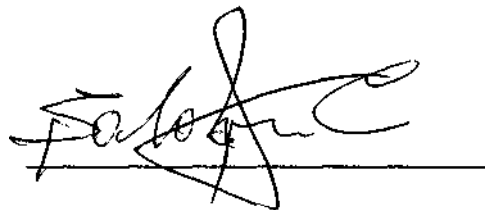
Profesor Patrocinante:

Sr. Rolando Ríos R.



Profesores Informantes:

Sr. José Salazar C.



Sr. Claudio Bastidas C.



V° B° Director de Escuela

Sr. Milton Lemarie O.



INDICE GENERAL

Resumen.....	1
Summary.....	2
Introducción.....	3
Objetivos.....	4
1. Aceites lubricantes generalidades.....	5
1.1. Elaboración de los aceites lubricantes.....	5
1.2. Propiedades de los aceites lubricantes.....	7
1.2.1. Densidad o peso específico.....	8
1.2.2. Viscosidad.....	9
1.2.3. Índice de Viscosidad.....	10
1.2.4. Punto de inflamación.....	10
1.2.5. Punto de congelación.....	10
1.2.6. Color de los aceites.....	11
1.2.7. Numero total ácido (TAN)	11
1.3. Clasificación de los aceites lubricantes.....	12
1.3.1. Clasificación de los aceite según SAE.....	12
1.3.2. Clasificación de los aceites según ISO.....	13
2. Aceites usados.....	14
2.1. Características de los aceites usados.....	14
2.1.1. Posibles contaminantes en los aceites lubricantes usados.....	14
2.1.2. Oxidación.....	15
2.1.3. Emulsiones.....	16
2.2. Normativa sobre la disposición y manejo de aceites usados.....	16
2.2.1. Almacenamiento.....	16
2.2.2. Reciclaje.....	17
2.2.3. La disposición de los aceites usados según ISO 14000.....	17

2.3.	Destino y reutilización de los aceites usados.....	18
2.3.1.	Uso como combustible en calderas.....	18
2.3.2.	Adulteración.....	18
2.3.3.	Tratamiento de caminos (matapolvo)	18
2.3.4.	Otros.....	19
3.	Reciclaje del aceite usado.....	20
3.1.	Métodos de reacondicionamiento.....	20
3.1.1.	Filtración.....	21
3.1.2.	Separación magnética.....	22
3.1.3.	Deshidratación en vacío.....	23
3.1.4.	Separación centrífuga.....	24
3.2.	Re-refinación.....	24
3.2.1.	Proceso convencional ácido – arcilla.....	25
3.2.2.	Proceso de destilación e hidrotratamiento.....	26
4.	Proceso de reciclaje.....	27
4.1.	Selección del proceso.....	27
4.2.	Descripción del proceso.....	28
4.2.1.	Elementos que componen el proceso.....	29
4.2.3.	Desarrollo del proceso.....	30
4.2.4.	Control del proceso.....	31
5.	Selección y dimensionamiento de componentes.....	33
5.1.	Deshidratador en vacío.....	33
5.1.1.	Selección y dimensionamiento de componentes.....	33
5.1.2.	Estanque de proceso.....	33
5.1.3.	Calefactor eléctrico.....	35
5.1.3.1.	Calculo de la potencia del calefactor.....	36
5.1.4.	Bomba de vacío.....	39
5.1.4.1.	Selección del tipo de bomba.....	40

5.1.4.2. Dimensionamiento bomba.....	40
5.1.5. Controlador lógico programable P.L.C.	43
5.1.6. Sensor de nivel mínimo y máximo.....	44
5.1.7. Válvula de alimentación.....	46
5.1.8. Transmisor de temperatura.....	47
5.1.9. Válvula reguladora de vacío o de respiro.....	47
5.1.10. Bomba de alimentación y extracción.....	47
5.2. Separación centrífuga.....	48
5.2.1. Separación centrífuga, principios generales.....	48
6. Evaluación económica del proyecto.....	55
6.1. Antecedentes generales.....	55
6.2. Estimación costos de inversión.....	56
6.3. Estimación costos de Operación.....	56
6.4. Estimación de producción.....	58
6.5. Flujos de caja del proyecto	58
7. Conclusiones.....	61
Anexo 1.....	63
Aneso 2.....	64
Anexo 3.....	66
Anexo 4.....	70
Bibliografía.....	71

INDICE DE FIGURAS

Figura N°1 Destilación y refinación de un petróleo crudo asfáltico.....	7
Figura N°2 Filtro de Aceite.....	21
Figura N°3 Elemento separador magnetico.....	23
Figura N°4 Proceso de reacondicionamiento.....	26
Figura N°5 Equipo de reacondicionamiento de aceite lubricante.....	28
Figura N° 6 Diagrama del proceso.....	31
Figura N° 7 Diagrama de flujo control de proceso.....	32
Figura N° 8 Estanque de proceso.....	35
Figura N° 9 Calefactor de inmersión tipo tuerca.....	36
Figura N° 10 Diagrama Temperatura / Volumen especifico.....	38
Figura N° 11 Bomba de vació anillo liquido.....	42
Figura N° 12 Micro controlador lógico programable Array AF-10MR-AS....	44
Figura N° 13 Transmisor de nivel y sensor de nivel.....	46
Figura N° 14 Geometría interna de un separador centrífugo de discos.....	52
Figura N° 15 Separador Centrífugo Westfalia Separeitor OSD2.....	53
Figura N° 16 Separador Centrífugo Alfa-Laval Alfapure Z3.....	53

INDICE DE CUADROS

Cuadro Nº1 Grado SAE para aceites lubricantes para carter según la norma SAE J300d.....	12
Cuadro Nº2 Grado SAE para aceites lubricantes para transmisión según la norma SAE J306c.....	13
Cuadro Nº3 Grado ISO para aceites lubricantes.....	13
Cuadro Nº4 Presupuesto de Inversión.....	56
Cuadro Nº5 Costos de operación.....	57
Cuadro Nº6 Costo energético a 80 \$/Kw.....	57
Cuadro Nº7 Produccion estimada al año.....	57
Cuadro Nº8 Costos operacionales por periodo.....	59
Cuadro Nº9 Beneficio anual bruto por periodo.....	59
Cuadro Nº10 Flujos de caja e indicadores de rentabilidad del proyecto....	60

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo diseñar un proceso de reciclaje de aceite lubricante con una capacidad máxima de 300 litros por hora, técnicamente factible de implementar y económicamente rentable.

Para ello se hizo un levantamiento de las principales características de los aceites lubricantes, aceites usados, alternativas de reciclaje y marco regulatorio. Sobre la base de ello se diseñó el proceso de reciclaje y se desarrolla la ingeniería básica de acuerdo a los requerimientos planteados en los objetivos del proyecto.

Finalmente se estima los costos de inversión basado en la ingeniería básica, el costo de operación y se hace su respectivo análisis de rentabilidad del proyecto a un plazo de 10 años.

SUMMARY

The present work must by objective design a process of lubricating oil recycling with a Maxima capacity of 300 liters per hour, technically feasible to implement and economically profitable.

For it a rise became of the main characteristics of lubricating oils, used oils, alternatives of recycling and regulatory frame. On the basis of it design the recycling process and is developed basic engineering according to the requirements raised in the objectives of the project.

Finally it is considered the costs of investment based on basic engineering, the operation cost and their respective analisis becomes of yield of the project to a term of 10 years.

INTRODUCCION

El sostenido crecimiento industrial con lleva un significativo aumento en la demanda de recurso naturales y sus derivados, los aceites lubricantes no esta ajenos a esta creciente demanda, es impensable un crecimiento en el desarrollo industrial sin máquinas y a la vez es impensable el funcionamiento de máquinas sin aceites lubricantes.

Se estima que al 2020 la demanda por el petróleo y sus derivados se incrementara en un 60% según la tasa de consumo actual, es evidente la necesidad en la optimización en el consumo de recursos y la búsqueda de nuevas alternativas.

Por otro lado el inapropiado manejo y disposición final de los aceites usados han generado un gran impacto en el medio ambiente. Por ello la normativa al respecto cada vez es más rigurosa y son mas las empresas que certifican su modelo de gestión ambiental, donde el manejo y disposición final del aceite usado cumple un rol estratégico. Convirtiendo reciclaje en una alternativa altamente rentable y amigable con el medio ambiente.

Objetivos del proyecto

Generales

- Diseñar proceso de reciclaje para aceite lubricante usado, destinado a lubricación de cadenas de transmisión y prestar servicio de purificación de aceite, técnica y económicamente factible, según los siguientes requerimientos:
 - Capacidad máxima del proceso 300 litros / Hora
 - Contenido máximo de agua en el aceite 1%

Específicos

- Caracterizar los aceites lubricantes
- Caracterizar los aceites lubricantes usados
- Levantamiento de alternativas de reciclaje y selección del proceso de acuerdo a los objetivos planteados
- Ingeniería básica del proyecto:
 - Layout del proceso
 - Selección y dimensionamiento de equipos y materiales
 - Presupuesto del proyecto
 - Evaluación técnico económico del proyecto

1. Aceites lubricantes generalidades

1.1. Elaboración de los aceites lubricantes

Los aceites lubricantes se componen de aceites básicos provenientes principalmente de la refinación del petróleo, a los cuales se le agrega un paquete de aditivos para darle ciertas propiedades deseadas.

$$\text{Lubricante} = \text{Aceite básico (80 a 95\%)} + \text{aditivos (20 a 5\%)}$$

El petróleo crudo es generalmente liberado de sus mayores impurezas en el lugar de su extracción. La destilación de las fracciones livianas, nafta, kerosén y gas-oil, (topdestilacion), se realiza en torres que trabajan a presión atmosférica, pasando luego el petróleo crudo que contiene los aceites lubricantes a otra torre, donde se destilan estos últimos bajo un vacío (destilación primaria). El vacío tiene por objeto reducir en lo posible las temperaturas de destilación, a fin de evitar el "cracking" del crudo, y conservar intactas las propiedades lubricantes de los aceites contenidos en el mismo.

Ya sea un petróleo crudo asfáltico o de un crudo naftenico prácticamente libre de parafina, el proceso de destilación y refinación corresponde al esquema de la Figura N°1, el destilado contenido en los aceites lubricantes, es destilado nuevamente y siempre bajo alto vacío, en cuya operación (redestilación), se lo divide en varias fracciones de viscosidades diferentes. Esta nueva destilación permite al mismo tiempo eliminar alguna fracción de la primera destilación.

Los aceites lubricantes así obtenidos no son sin embargo todavía suficientemente purificados ni poseen la necesaria estabilidad química para servicios determinados. Los productos de destilación son por esto sometidos a la purificación química, obteniéndose de este modo los aceites refinados.

Antaño para la purificación química se utilizaba ácido sulfúrico lo cual en la actualidad se a remplazado por un procedimiento denominado “ solvent”. En lugar de ácido sulfúrico se emplean disolventes como el anhídrido sulfuroso, el Clorex, el Furfurol, etc., que actúan mas suavemente. Mientras que el ácido sulfúrico purifica químicamente en exceso, los disolventes mencionados lo hacen físicamente, ganando en valor lubricante y estabilidad química el aceite terminado.

Después del tratamiento químico, los aceites son tratados por medio de arcillas especiales y luego pasan a través de dos filtros prensas en los cuales quedan las arcillas con todas las impurezas y substancias indeseables contenidas en el aceite.

Con respecto al proceso de la destilación y refinación del petróleo crudo parafínico, debe mencionarse que el mismo es algo diferente al del esquema de la Figura N°1, por la necesaria eliminación de la parafina contenida en el aceite. La parafina es un elemento inestable que se descompone fácilmente bajo la acción de la temperatura y de no ser eliminada, aumenta grandemente la tendencia de los aceites a formar depósitos gomosos y carbonosos. Sin entrar en detalles sobre el desarrollo del proceso de la destilación y refinación del petróleo crudo parafínico, es evidente que este proceso se vuelve mas complicado y costoso. La eliminación de la parafina de consigue enfriando el destilado primario de los aceites livianos a temperaturas muy bajas por medio de una instalación refrigerante, para pasarlo después por un filtro prensa donde queda retenida la parafina y pasa el aceite ya desparafinado. Después se efectúa la redestilación, tratamiento, neutralización y filtración, como muestra la Figura N°1, los aceites pesados “aceites de cilindro” pasan al contrario del proceso para la refinación de los aceites livianos, primero al tratamiento químico y a la filtración con arcillas, para pasar luego a la desparafinacion. A fin de facilitar las diversas operaciones de refinación, es necesario mezclar el aceite de cilindro con nafta, para darle la fluidez necesaria. Una vez terminada la

desparafinación, se efectúa la redestilación para la extracción de la nafta, y se obtiene el aceite de cilindro terminado.

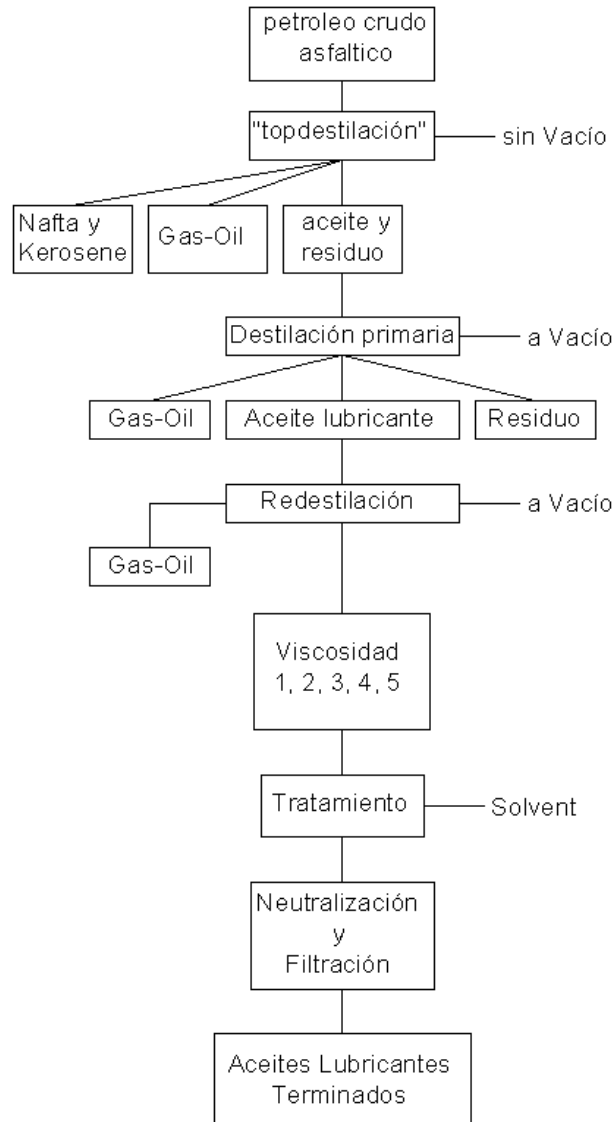


Figura N°1 Destilación y refinación de un petróleo crudo asfáltico

1.2. Propiedades de los aceites lubricantes

Los parámetros físico químico de los aceites lubricantes no pueden ser considerados para juzgar el valor lubricante de un aceite lubricante. Los datos

obtenidos con el auxilio de los medios ofrecidos por la física y la química, son de carácter analítico.

Si bien ellos permiten distinguir y seleccionar los lubricantes, no expresan su valor lubricante. Al respecto existe hasta hoy una prueba y esta es el ensayo del aceite en la máquina en que sea de usar, bajo las condiciones reales de servicio a que esta sometida la máquina.

Con todo esto, para poder seleccionar el lubricante adecuado para un servicio determinado, es conveniente tener presentes los siguientes datos analíticos, tomados por su valor práctico.

1.2.1. Densidad o peso específico

La densidad o peso específico de un aceite, esta dada por el peso de un volumen determinado de aceite en comparación con el de igual volumen de agua. El peso específico de un aceite lubricante depende del petróleo crudo con el cual ha sido elaborado, y también del procedimiento de la elaboración.

En la industria petrolera se usa la gravedad API (American Petroleum Institute) y la gravedad específica o peso específico a 60°F, existiendo la siguiente relación:

$$\text{Densidad API (Grados API)} = 141,5 / \text{Gravedad específica a } 60^{\circ}\text{F} - 131,5$$

En la práctica en términos comerciales gran parte de los derivados del petróleo se comercializa en base volumétrica (galón, barril, estanque, etc.)

1.2.2. Viscosidad

La viscosidad es uno de los parámetros más importante en la selección de un aceite lubricante para una determinada aplicación.

La viscosidad se define como la fuerza que opone un líquido al movimiento relativo entre sus partes. Por lo tanto la magnitud de esta fuerza esta directamente relacionada con la fricción interna molecular del líquido. La utilización de un aceite demasiado viscoso, puede dar como resultado un mayor consumo de energía, así como un aumento en la temperatura de trabajo en los cojinetes, por otro lado un aceite lubricante demasiado fluido favorece el escurrimiento del aceite, con el consiguiente peligro de la formación de una película lubricante insuficiente. Por lo tanto la selección del aceite en términos de la viscosidad adecuada para una determinada aplicación es, para la seguridad de la máquina a lubricar, de gran importancia.

La unidad absoluta de la viscosidad es el CentiStoke, habiendo unidades de uso común tales como, Segundos Saybolt Universal (SSU), grados Engler (E), Segundos Redwood (SR). Siendo El Segundo Saybolt el más difundido.

Según ASTM-D-445 la viscosidad se mide en CentiStokes (Cst) y en Segundos Saybolt (SSU). Para la determinación de la viscosidad se utiliza un instrumento llamado viscosímetro, en el cual se hace pasar un volumen dado de aceite a una temperatura constante, a través de un tubo de diámetro fijo.

El viscosímetro Saybolt Universal, mide el tiempo en escurrir 60 ml de aceite a determinada temperatura, obteniéndose un valor de viscosidad expresada en segundos Saybolt Universal. Como la viscosidad varia directamente proporcional con la temperatura es recomendable realizar el

ensayo a dos temperaturas diferentes, las cuales normalmente son 0°F, o 100°F y 210°F.

1.2.3. Índice de Viscosidad

El índice de viscosidad es un numero que mide la variación de la viscosidad con la temperatura. A mayor índice de viscosidad, menor es la variación de la viscosidad con la temperatura.

1.2.4. Punto de inflamación

El punto de inflamación de un aceite es la temperatura mínima en la cual los vapores que se desprenden forman con el aire que se encuentra sobre el aceite, una mezcla que se inflama ante la presencia de una llama.

La determinación de este parámetro nos indica la presencia de mezclas que contienen fracciones livianas. El punto de inflamación depende de la composición química del petróleo crudo, del cual se elaboro el aceite.

En la destilación de un mismo petróleo crudo se obtienen diversos tipos de aceites, teniendo además de diferentes pesos específicos, viscosidad, diferente punto de inflamación, el cual varia desde el mas bajo correspondiente a los aceites livianos, al mas alto correspondiente a los aceites extra pesados.

1.2.5. Punto de congelación

A temperaturas normales los aceites lubricantes son líquidos; a elevadas temperaturas aumenta su fluidez considerablemente. El enfriamiento a

temperaturas mas bajas de lo normal, trae consigo un aumento en la viscosidad, cuando la temperatura es tan baja que el aceite alcanza un estado denominado “sólido”, a esa temperatura se le denomina punto de congelación. En este punto el aceite no es homogéneo, ya que esta constituido por fracciones de este que están sólidas y fracciones no solidificadas.

1.2.6. Color de los aceites

En años anteriores el color del aceite era de gran importancia ya que este era un índice de la calidad de la refinación. Actualmente las compañías petroleras colorean sus aceites lubricantes con diversas sustancias, constituyendo el color del aceite algo así como una marca de identificación para el consumidor. Por lo tanto el color del aceite no es una característica indicadora de la cualidad de un aceite, siendo la estabilidad del color una propiedad importante en tomar en cuenta.

1.2.7. Número total ácido (TAN)

El número total ácido es un parámetro que permite cuantificar el agotamiento del aditivo antioxidante del aceite y el deterioro de la reserva alcalina de la base lubricante a través del tiempo. El TAN se mide en mgr KOH/gr y se evalúa según el método ASTM D664.

1.3. Clasificación de los aceites lubricantes

1.3.1. Clasificación de los aceites según SAE

SAE Clasifica los aceites según su rango de viscosidad y los separa en dos grandes grupos, aceites lubricantes para cárter según norma SAE J300d. y Aceites para transmisión según norma SAE J306c.

Cuadro N°1 Grado SAE para aceites lubricantes para cárter según la norma SAE J300d.

Grado SAE	Centipoises (cP) a 18°C (ASTM D 2602)	Centistokes (cst) a 100°C (ASTM D 445)		Centistokes (cst) a 40°C (ASTM D 445)	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
5W	1250	3,8	--	18,48	--
10W	2500	4,1	--	20,98	--
15W	5000	5,6	--	35,97	--
20	--	5,6	9,3	35,97	80,14
30	--	9,3	12,5	80,14	125,07
40	--	12,5	16,3	125,07	169
50	--	16,3	21,9	169	294,96

Cuadro N°2 Grado SAE para aceites lubricantes para transmisión según la norma SAE J306c.

Grado SAE	Máxima temperatura para una viscosidad de 150.000(cps.) °C	Centistokes (cst) a 100°C (ASTM D 445)		Centistokes (cst) a 40°C (ASTM D 445)	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
75W	-40	4,1	--	20,98	--
80W	-26	7	--	51,51	--
85W	-12	11	--	103,02	--
90	--	13,5	24	140,3	340,1
140	--	24	41	340,1	790,3
250	--	41	--	790,3	--

1.3.2. Clasificación de los aceites según ISO

ISO al igual que SAE, clasifica los aceites lubricantes según su rango de viscosidad.

Cuadro N°3 Grado ISO para aceites lubricantes

Grado ISO de viscosidad	Punto Medio cst a 40°C	Limite de los rangos	
		Mín.	Máx.
15	15	13,5	16,5
22	22	19,8	24,2
37	37	33,3	40,7
46	46	41,4	50,4
68	68	61,2	74,8
100	100	90	110
150	150	135	165
220	220	198	242
320	320	288	352
460	460	414	504

2. Aceites usados

La norma Chilena NCH 2192 *Terminología sobre lubricantes*, define a los aceites usados como cualquier aceite que ha sido colocado en una pieza de equipo (por ejemplo motores, caja de engranajes, transformador eléctrico, turbina, etc.) Haya estado este en operación o no.

Por otro lado la misma norma que define, hace una diferencia entre el aceite usado y el aceite de desecho, definiendo a este último, como un aceite de características tales que lo hacen inadecuado para su función de lubricante o para reproceso.

2.1. Características de los aceites usados

El aceite lubricante base es prácticamente indestructible. La degradación de este, es producto de su contaminación con diferentes sustancias y al proceso de oxidación del aceite base o base lubricante. La contaminación es debido al uso del lubricante y la manipulación de este, el proceso de oxidación se origina por el agotamiento en el lubricante de la reserva alcalina proveniente de los aditivos antioxidantes ó de los detergentes-dispersantes.

2.1.1. Posibles contaminantes en los aceites lubricantes usados

Los principales contaminantes de los aceites lubricantes pueden ser sólidos o líquidos y provienen del aire circundante a la máquina o de la misma máquina en la cual opera el lubricante.

Los contaminantes provenientes del aire corresponden principalmente a polvo y humedad, estos ingresan al lubricante por medio de respiraderos, sellos y empaquetaduras defectuosas y en general por el contacto del lubricante con el medio circundante.

Los contaminantes originados por la operación de la máquina son principalmente partículas de carbon provenientes en el caso de los motores de combustión interna de la mala combustión del combustible o aditivos de este y partículas metálicas provenientes del desgaste normal o anormal de piezas metálicas.

2.1.2. Oxidación

Es un proceso químico que se empieza a generar con el agotamiento de la reserva alcalina proveniente de los aditivos antioxidantes ó de los detergentes dispersantes. El proceso de oxidación es irreversible y conlleva finalmente a la formación de ácido sulfúrico (H_2SO_4).

Los factores que inciden en el proceso de oxidación del aceite lubricante son:

- Azufre, es un componente del proceso de oxidación; proviene del aceite base cuando este es de origen mineral y del combustible cuando el lubricante proviene de motores de combustión interna.
- Oxígeno, es un componente del proceso de oxidación; su presencia es inevitable ya que este proviene del aire y este se ve incrementado cuando el equipo en el cual es utilizado el aceite lubricante esta en operación.
- Temperatura de operación del lubricante, actúa como catalizador del proceso de oxidación; este influye mayormente en la medida

que la temperatura de operación esta por encima de los 50°C. Se tiene que por cada 10°C de incremento en la temperatura de operación por sobre los 50°C, la razón de oxidación se duplica.

- Dióxido de azufre, es el resultado de la oxidación parcial del aceite lubricante y se origina con el agotamiento de la reserva alcalina del aceite lubricante.
- Agua, es un componente del proceso de oxidación.
- Partículas de cobre y hierro, estas actúan como catalizadoras del proceso de oxidación.

2.1.3. Emulsiones

Las emulsiones son una mezcla íntima de aceite y agua, generalmente de una apariencia lechosa o nebulosa. Las emulsiones pueden ser de dos tipos: aceite en agua (donde el agua es la fase continua) y agua en aceite (donde el agua es la fase discontinua). Este último caso corresponde a las emulsiones en los aceites usados.

2.2. Normativa sobre la disposición y manejo de aceites usados

Los aceites usados son considerados residuos peligrosos por parte del Servicio Nacional de Salud de acuerdo al decreto supremo N°148 de 16 de Junio de 2004 “Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos”, Artículo 18, listado I, Item I.8.

De acuerdo al reglamento se considera el reciclaje del aceite usado una alternativa de disposición final.

2.2.1. Almacenamiento

Dado a que son sustancias consideradas peligrosas por su inflamabilidad y por contener sustancias tóxicas, deben ser almacenados de acuerdo a lo indicado en el Reglamento, deben ser recolectados y almacenados en contenedores resistentes y debidamente rotulados.

2.2.2. Reciclaje

Existen varias empresas autorizadas por el Servicio Nacional de Salud que reciclan aceite usado (Anexo 4). Las fuentes generadoras deben entregar el aceite usado a estas empresas para ser reciclado de acuerdo al procedimiento establecido por la autoridad competente.

La implementación de un manejo adecuado de los aceites usados por parte de las fuentes emisoras, debe incorporar el reciclaje completo de los aceites usados, con un sistema programado de retiro de los contenedores, los cuales deben estar debidamente rotulados.

2.2.3. La disposición de los aceites usados según ISO 14001

La serie de normas ISO 14000, no hace referencia al respecto, ya que no es su naturaleza. Pero los aceites usados están sujetos a normativas que rigen para todas las fuentes de emisión, por lo tanto aquellas empresas que están certificadas por ISO 14001, deben contemplar la disposición final de sus residuos, en su modelo de gestión ambiental.

2.3. Destino y reutilización de los aceites usados

Si bien el Servicio Nacional de Salud es claro respecto a la disposición de los aceites usados, en la práctica la normativa no es cumplida por parte de todas las fuentes de emisión, y los aceites usados toman como destino vertederos, alcantarillados o son reutilizados sin un debido tratamiento trayendo consigo todas estas alternativas un alto costo en términos medioambientales.

2.3.1. Uso como combustible en calderas

El poder calorífico de los aceites usados es similar a los combustibles Fuel Oil 5 y 6 para calderas tradicionales, y para utilizarlo no es necesario efectuar modificaciones relevantes en los quemadores de estas.

2.3.2. Adulteración

Esta práctica es desarrollada principalmente por comerciantes minoristas de reventa y recolección que solo someten al aceite usado a un filtrado rudimentario, para posteriormente mezclarlo con aceites lubricantes baratos y comercializarlo en envases de alguna marca conocida. Los principales consumidores de estos aceites son los vehículos de la locomoción colectiva y taxis.

2.3.3. Tratamiento de caminos (matapolvo)

Comunmente se utiliza aceite usado en el tratamiento de caminos para evitar que se levante excesivo polvo, esta práctica es muy frecuente en áreas

mineras, agrícolas y forestales. Generando un grave daño ambiental en la tierra y las napas subterráneas.

2.3.4. Otros

Volúmenes significativos de aceites usados son empleados inapropiadamente en la impregnación de postes y estacas usadas en los predios agrícolas y forestales, en la lubricación de cadenas de motosierras, en la quema para proteger los predios frutales de las heladas, como desmoldador de concreto en la construcción, etc.

3. Reciclaje del aceite usado

El reciclaje del aceite usado es una opción a la disposición del aceite no solo por que la normativa así lo estipula y por el compromiso que se debe tener por la protección del medio ambiente, si no también por un motivo económico, en la actualidad el petróleo y sus derivados han alcanzado un alto precio y el aceite reciclado es una opción para la lubricación de variadas aplicaciones.

El reciclaje del aceite usado esta basado en el hecho de que el aceite base es prácticamente indestructible. Y este cuando esta usado se encuentra solo contaminado. Por lo tanto el proceso de reciclaje básicamente consiste en la extracción de dichos contaminantes. Diversos métodos se han desarrollado para la recuperación, estos métodos se pueden dividir en dos amplios grupos.

- Reacondicionamiento.
- Re-refinación.

3.1. Métodos de reacondicionamiento

Los métodos de reacondicionamiento del aceite usado, consisten en la extracción impurezas, partículas en suspensión y agua desde el aceite. Estos métodos son útiles en aceites no oxidados y son ampliamente utilizados en instalaciones y equipos que cuentan con un sistema de lubricación centralizado, donde el aceite es reacondicionado para alargarle la vida útil a este.

3.1.1. Filtración

La filtración se define como la separación de sólidos de un líquido y se efectúa haciendo pasar el líquido a través de un medio poroso. Los sólidos quedan detenidos en la superficie del medio filtrante.

La finalidad del filtrado en la industria es la separación del líquido de los sólidos suspendidos en él.

La elección del medio filtrante es la consideración más importante para asegurar el funcionamiento eficiente o el buen rendimiento del filtro. Paradójicamente en la mayoría de los casos el medio filtrante no actúa como tal, si no que simplemente actúa como soporte de la torta de sólidos que se deposita y sobre la cual tiene lugar el proceso de separación.

El medio filtrante debiera seleccionarse en primer termino por su capacidad para retener los sólidos sin obstrucción y derrame de partículas al iniciarse el proceso de filtración, no obstante deberán además considerarse las siguientes cualidades.

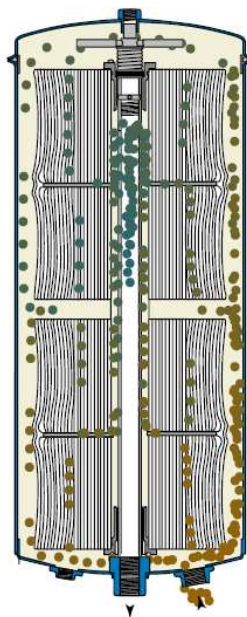


Figura N° 2 Filtro de aceite

- Capacidad para que los sólidos se traben en sus poros dentro de un tiempo razonable después de comenzar la alimentación.
- resistencia mínima a la circulación del filtrado.
- Impedimento para que las partículas densas penetren en sus poros, lo que aumentaría mucho la resistencia a la circulación.
- resistencia al ataque químico
- Superficie lisa para la fácil descarga de la torta.

El proceso de filtración se ve afectado de manera positiva con el incremento de la temperatura. Al aumentar la temperatura disminuye la viscosidad del líquido a filtrar, lo cual facilita considerablemente la circulación del fluido a través del medio filtrante lo cual se traduce en mayor capacidad del filtro y menor gasto energético. La economía resultante de calentar un material dado para filtrarlo puede determinarse realizando algunos ensayos previos.

3.1.2. Separación magnética

Este proceso es utilizado para la extracción de partículas metálicas desde el aceite usado. Son diversos los extractores magnéticos o filtros magnéticos desarrollados, pero son dos los más utilizados para esta aplicación.

El primero es un cilindro con una rejilla, por donde pasa el aceite de manera continua, la rejilla está magnetizada por dos imanes permanentes, este filtro magnético debe limpiarse con cierta frecuencia para extraer las partículas metálicas, ya que no es auto limpiante.

El segundo tipo de filtro magnético es de construcción similar, pero el cilindro es rotatorio, y debido a la fuerza centrífuga el filtro se auto limpia, por lo tanto el proceso de purificación del aceite no es necesario ser detenido.

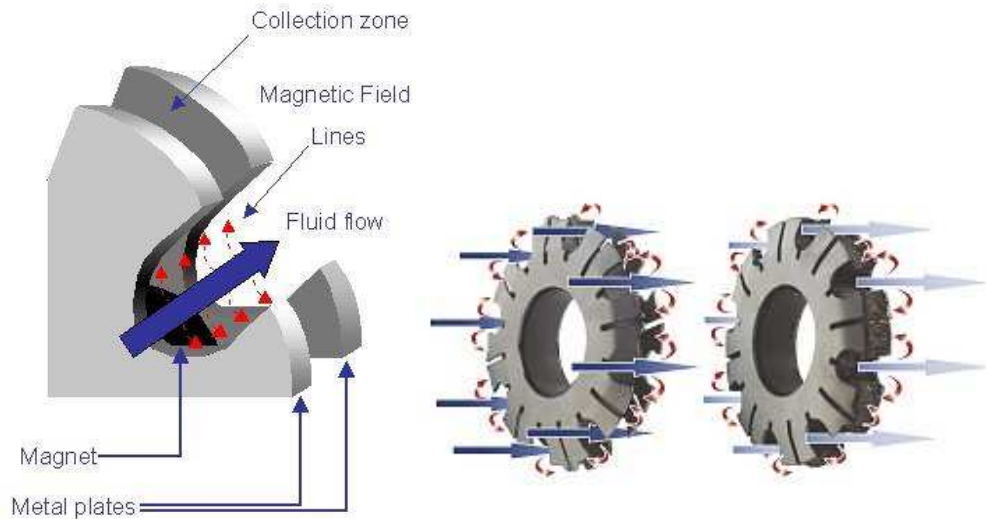


Figura N° 3 Elemento separador magnético

3.1.3. Deshidratación en vacío

La deshidratación en vacío es un proceso donde el agua y otras impurezas tales como gasolina, solventes, gases ocluidos (gases disueltos), son removidos por destilación bajo vacío. El agua y el aceite son inmiscibles, lo cual facilita su extracción desde el aceite a través de otros métodos, pero cuando agua se presenta como una emulsión la extracción de esta no es posible, siendo la evaporación del agua una alternativa para la extracción de esta y romper las emulsiones, pero la temperatura de saturación a presión atmosférica degrada el aceite, por lo tanto la evaporación debe darse a una presión tal que la temperatura no afecte al aceite.

3.1.4. Separación centrífuga

En la separación centrífuga, el aceite usado es sometido a la acción de la fuerza centrífuga acelerando el proceso de precipitación de los sólidos al generar aceleraciones considerablemente mayores que la aceleración de gravedad.

Las centrífugas son ampliamente utilizadas en la industria y existen variados tipos de estas, dependiendo de la aplicación.

Para el re-acondicionamiento de aceite usado, por lo general las centrífugas más utilizadas son los separadores centrífugos de discos de estancos, autolimpiante (*disk stack centrifuges, self cleaning bowl*). Este tipo de centrífugas pueden procesar un gran volumen de lubricante y en un régimen continuo de operación.

En el proceso de separación centrífuga la temperatura, al igual que en la filtración ayuda en el proceso ya que una viscosidad menor facilita la precipitación de los sólidos, lo cual se traduce en un ahorro energético.

Finalmente el proceso de re-acondicionamiento puede estar compuesto por uno de los procesos antes descritos o por la combinación de estos.

3.2. Re-refinación

Cuando el aceite usado está altamente contaminado y además se encuentra oxidado, los procesos de re-acondicionamiento no son viables y la re-refinación es una alternativa para la recuperación de estos aceites. El proceso de re-refinación es un proceso drástico en el cual además de removerse los contaminantes se remueven productos solubles, ácidos, asfaltos,

gases, etc. El proceso de re-refinación es similar al proceso de refinación al cual es sometido el crudo para la obtención de los aceites bases, y el aceite re-refinado es prácticamente igual al aceite base.

Los procesos de re-refinación no son tan ampliamente usados, ya que por lo general con un proceso de re-acondicionamiento es suficiente. La re-refinación involucra altos costos de inversión y un costo operativo alto, por lo cual es solo viable para el reciclaje de grandes volúmenes de aceite usado.

Los métodos utilizados para la re-refinación de aceites usado son

- Tratamiento químico.
- Extracción por solvente.
- Tratamiento absorbente.
- Destilación o fracciónación.
- Hidro-tratamiento

3.2.1. Proceso convencional ácido – arcilla

El aceite usado se somete a un tratamiento con ácido sulfúrico concentrado, el cual reacciona con polímeros, asfaltos, aditivos degradados y otras sustancias propias de la degradación del aceite, formándose un lodo el cual es filtrado o decantado. El aceite es neutralizado con arcilla activada a elevada temperatura. La arcilla además blanquea el aceite y absorbe ciertas impurezas que no son removidas con el tratamiento ácido. Finalmente el aceite es filtrado para extraerle los sólidos y la arcilla. Si los aceites usados que se procesan son de distinta viscosidad, es necesario un proceso de destilación o fracciónación, en el cual el aceite se separa según su viscosidad.

3.2.2. Proceso de destilación e hidrotratamiento

En este proceso el aceite usado es destilado en columnas de alto vacío, en la parte de abajo de la columna quedan las impurezas, las cuales luego son extraídas desde la columna. El aceite se mezcla con hidrógeno y se calienta en un horno y se pasa por un catalizador en el reactor. Luego el aceite es fraccionado para obtener distintas bases de lubricante.

4. Proceso de reciclaje

El proceso de reciclaje puede ser una combinación de las alternativas planteadas en el punto 3, la selección y el diseño será en función de las siguientes consideraciones:

- Volumen a procesar
- Características del aceite resultante

4.1. Selección del proceso

Volumen a procesar:

De acuerdo a los objetivos del proyecto el volumen a procesar es de 300 litros/hora con un máximo de 1% de agua

Características del aceite que se quiere obtener:

Se quiere obtener aceite para lubricación de cadenas de transmisión y transporte y en general para cualquier aplicación que requiera de un aceite que cumpla con los requerimientos de lubricación de cadenas de transmisión y transporte.

Para esta aplicación basta un aceite monogrado SAE 30 con solvente el cual le permite penetrar en el mecanismo y crear una película de lubricante que protege a los mecanismos internos de la cadena (casquillo, pasador).

Se opta por un proceso de reacondicionamiento a través de evaporación en vacío del agua 3.1.2 y decantación centrífuga 3.1.4 dado el volumen

pequeño respecto a un proceso de Re-refinación, el cual tiene una capacidad de procesamiento muy por encima pero también un alto costo de inversión.

Por otro lado el costo de operación se reduce al consumo de energía de los equipos a diferencia de procesos de reacondicionamiento como la filtración que tiene un alto costo asociado a los elementos filtrantes.

4.2. Descripción del proceso

El reacondicionamiento de aceite es un proceso de extracción de contaminantes el cual se desarrolla en dos etapas o subprocesos

- **Deshidratación en vacío:**

Proceso en el cual se evapora el agua desde el aceite a 50°C a una presión constante de 123,380 mbar.

- **Decantación centrífuga:**

Proceso en el cual se extraen los sólidos en suspensión por centrifugación.

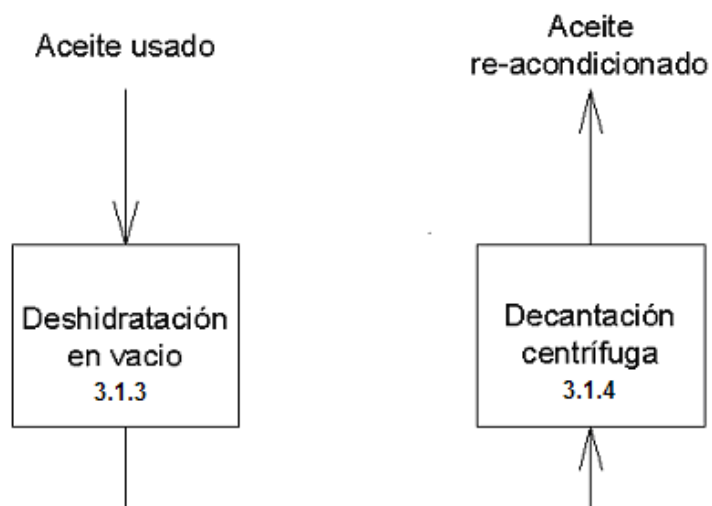


Figura N° 4 Proceso de re-acondicionamiento

4.2.1. Elementos que componen el proceso

- **Deshidratador en vacío:**

Estanque en el cual el aceite es calentado por un calefactor a 50°C a 123,380 mbar. La presión de trabajo es generada por una bomba de vacío y el control de la presión es por medio de una válvula de respiro, la estanqueidad es asegurada por una válvula en la alimentación y en la descarga del estanque respectivamente.

- **Estanque de acumulación:**

Estanque en el cual se acumula aceite desde el deshidratador a la alimentación de la centrifuga dada la diferencia en velocidad de proceso entre el deshidratador y la centrifuga.

- **Centrifuga autodesludante:**

Centrifuga que separa el aceite contaminado en dos fases según sus densidades, fase pesada (sólidos) y liviana (aceite).

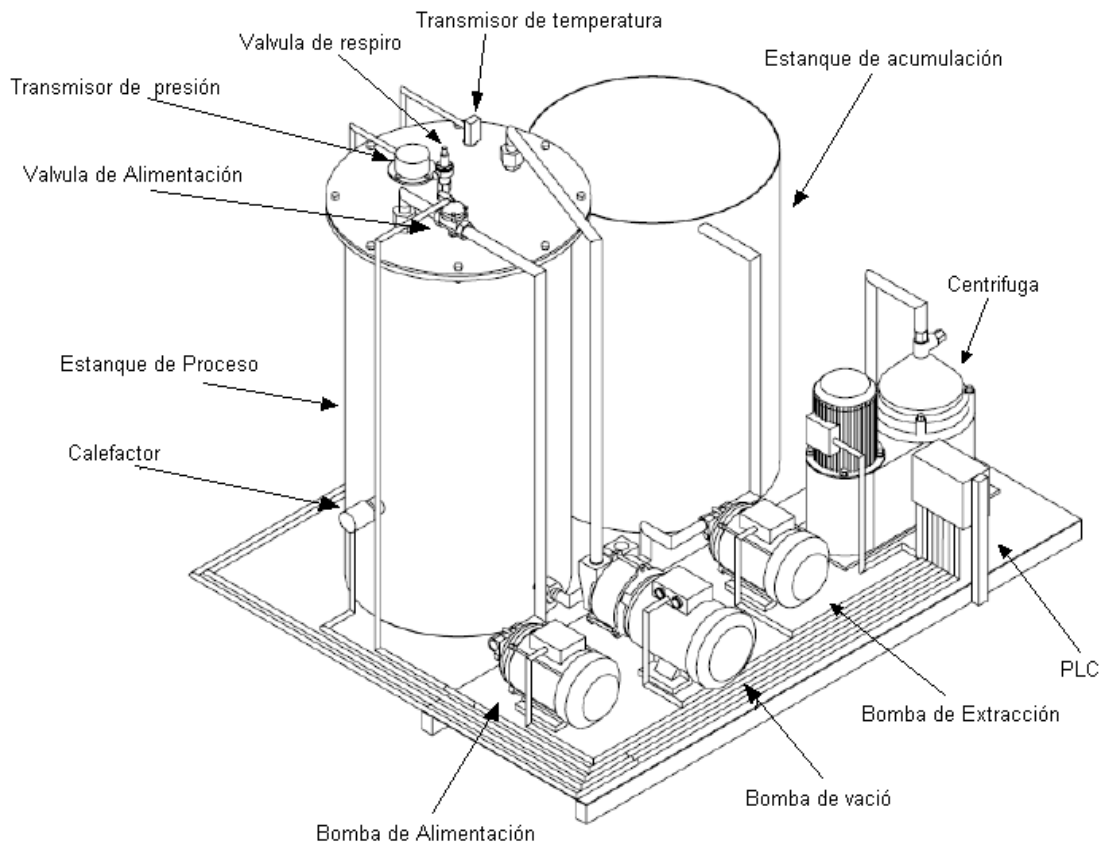


Figura N°5 Equipo de re-acondicionamiento de aceite lubricante

4.2.3. Desarrollo del proceso

1. - El proceso comienza con la alimentación de aceite al estanco de proceso del deshidratador en vació cuando el aceite alcanza el nivel máximo de 300 litros se enciende el calefactor el cual calienta el aceite a 50° C por una hora, evaporando el agua la cual es descargada por la bomba de vació a la atmósfera, cumpliéndose la condición de $T= 50^{\circ}\text{C}$ y $t= 1\text{ hora}$ el calefactor se apaga y se acciona la bomba de descarga vaciando el aceite desde el deshidratador hacia el estanco de acumulación, cuando se termina de vaciar el deshidratador la bomba queda fuera de servicio y se reinicia el ciclo.

2. - La centrifuga se alimenta del estanque de acumulación a través de una bomba de alimentación que esta incorporada al equipo.

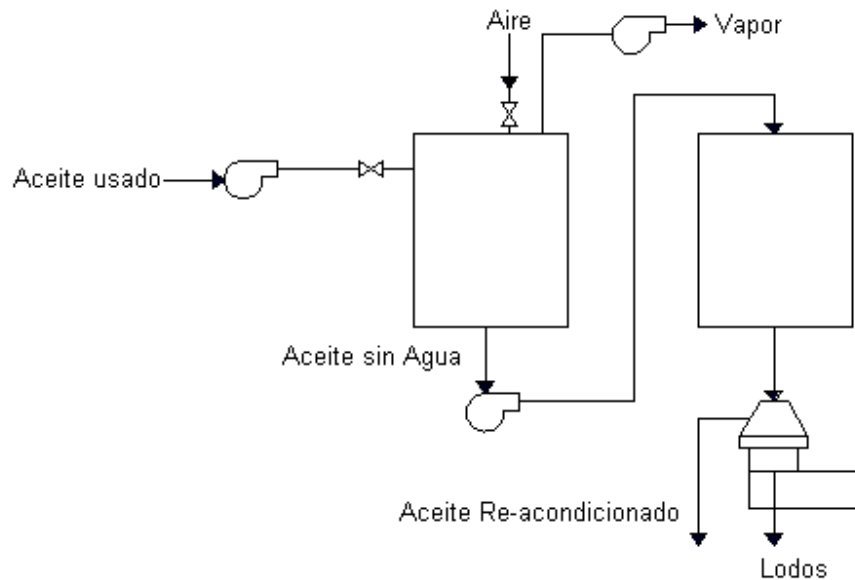


Figura N°6 Diagrama del proceso

Dado que el proceso de deshidratación y centrifugado están desfasado en una hora, en un turno de 8 horas ocurren 7 ciclos.

4.2.4. Control del proceso

El proceso es controlado por un P.L.C. el cual tiene la ventaja de ser programable por lo que se pueden variar los parámetros del proceso según los requerimientos específicos del lubricante a procesar.

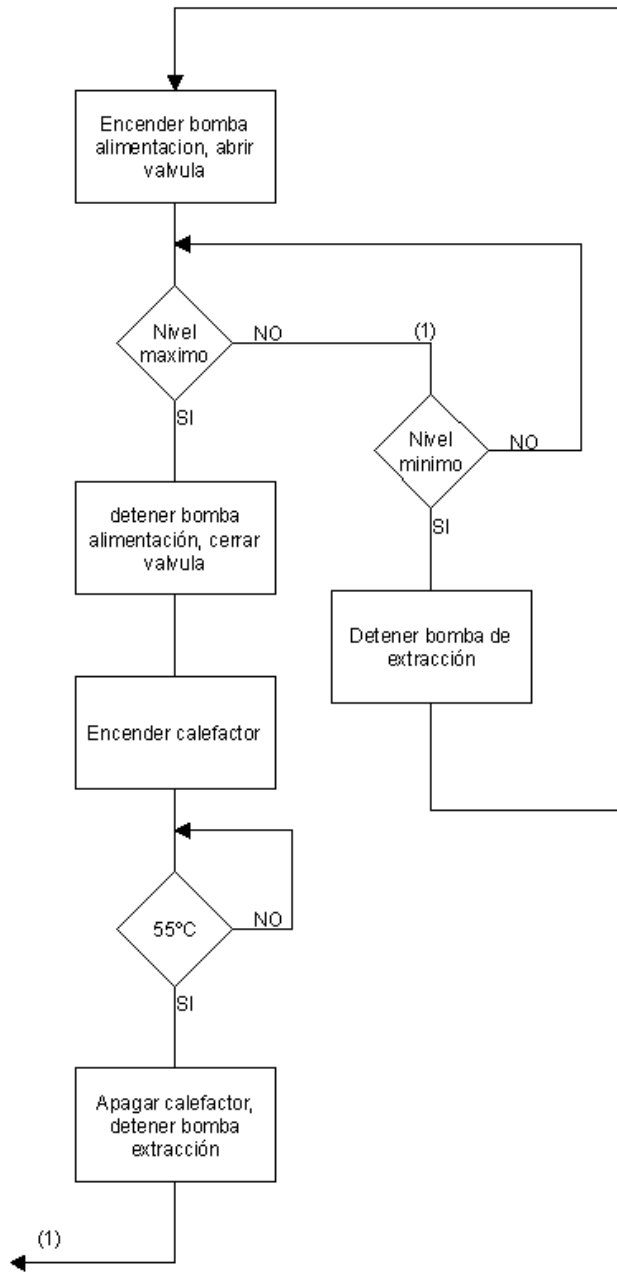


Figura N° 7 Diagrama de flujo control de proceso

5. Selección y dimensionamiento de componentes

5.1. Deshidratador en vacío

Equipo en el cual se extrae el agua del aceite por evaporación, el proceso se desarrolla a una presión de vacío constante de 123,380 mbar a 50°C, con capacidad para procesar 300 lt/hr con un máximo de contenido de agua de 1%.

El deshidratador esta compuesto por los siguientes componentes (figura N°5):

- Estanque de proceso
- Bomba de alimentación
- Bomba de extracción
- Bomba de vacío
- Válvula reguladora de vacío o de respiro
- Válvula de alimentación
- Calefactor
- Sensor de nivel máximo y mínimo
- Transmisor de temperatura
- PLC

5.1.1. Selección y dimensionamiento de componentes

5.1.2. Estanque de proceso

Estanque cilíndrico con extremos cóncavos de montaje vertical con capacidad de 0,5 m³ y fabricado para central de vacío según norma ASME BPVC SECTION VIII DIV I ED. 20001

Características principales:

- Capacidad	0,5m ³
- Peso	162,1 Kg
- Material Manto	Acero A-414 GR.G
- Material Cabezal	Acero A-414 GR.G
- Material Conexiones	Acero A-105
- Espesor mínimo admisible manto	3,64 mm
- Espesor mínimo admisible cabezal	3,04 mm
- Eficiencia de unión manto longitudinal	0,85
- Eficiencia de unión manto circunferencial	0,8
- Tolerancia cabezales	ASME UG-81
- Manto	ASME UG-80
- Presión de diseño	12 bar / 175 psi @ 50°C
- Presión de trabajo	10,5 bar / 152 psi @ 25°C
- Presión prueba hidráulica	15,6 bar / 226 psi

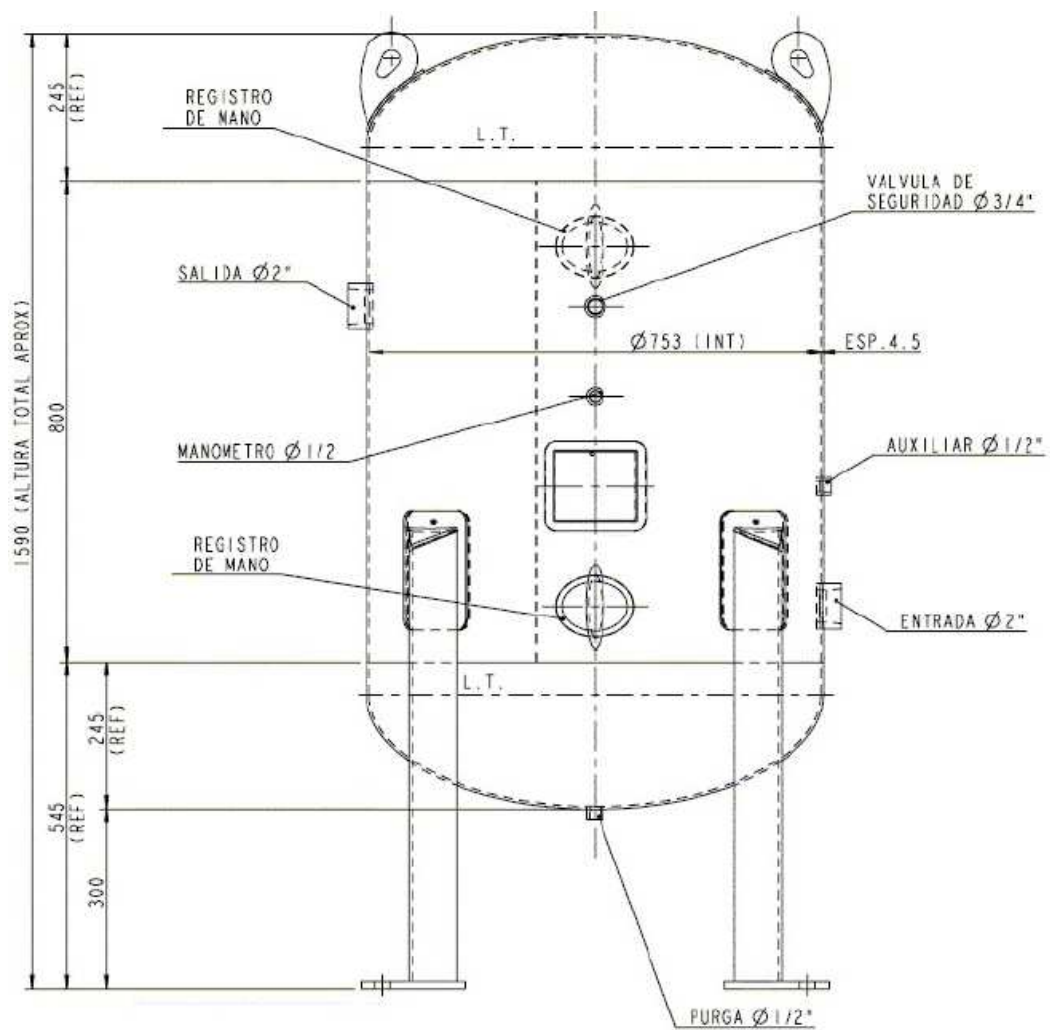


Figura N° 8 Estanque de proceso

5.1.3. Calefactor eléctrico

El calefactor eléctrico es de inmersión del tipo tuerca, ya que este tipo de calefactores esta especialmente diseñado para estanques, resiste presión, vacío y es de fácil montaje ya que cuenta con hilo de conexión al estanque. El calefactor se encuentra apernado a la pared del estanque.

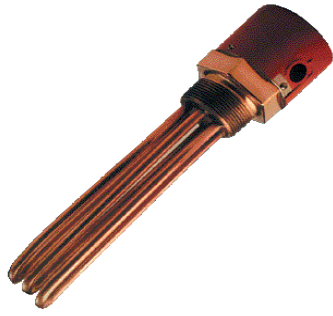


Figura N° 9 Calefactor de inmersión tipo tuerca

5.1.3.1. Calculo de la potencia del calefactor

La potencia necesaria para extraer el agua del aceite por evaporación será Q_t

$$Q_t = Q_{\text{aceite}} + Q_{\text{agua}} \quad (5.1)$$

Donde :

Q_{aceite} : Es el calor necesario para calentar el aceite de 15°C a 50°C.

Q_{agua} : Es el calor necesario para calentar el agua de 15°C a 50°C y evaporarla.

Calor necesario para calentar el aceite Q_{aceite}

Primera ley de la termodinámica:

$$Q = m (h_2 - h_1) \quad (5.2)$$

en donde

$$h_2 - h_1 = C_p (T_2 - T_1) \quad (5.3)$$

$$Q = m \times C_p (T_2 - T_1) \quad (5.4)$$

m : es la masa de aceite equivalente a 300 litros.

$T_1 = 15^\circ\text{C}$, temperatura del aceite en el inicio del proceso.

$T_2 = 50^\circ\text{C}$, temperatura al final del proceso.

h_1 : es la entalpía del aceite para T_1

h_2 : es la entalpía del aceite para T_2

$C_p = 0,489 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C}$, Calor específico del aceite a presión constante a 50°C .

Masa del aceite m :

El volumen de aceite usado a reciclar por hora es de 300 litros / hora, de los cuales el volumen máximo de agua en este será de 0,1% del total, es decir de los 300 litros de aceite usado 3 litros son de agua, por lo tanto:

Aceite = Aceite usado – Agua

Aceite = 300 Litros/hora – 3 Litros/hora = 297 Litros/hora

La masa m , del aceite es la densidad ρ de este por su volumen v ,

$$m = \rho \times v \quad (5.5)$$

en donde:

$\rho = 864 \text{ Kg/m}^3$, densidad promedio de los aceites minerales a 50°C

$v = 297 \text{ Litros} = 0,297 \text{ m}^3$

$m = 0,297 \text{ m}^3 \times 864 \text{ Kg/m}^3 = 256,608 \text{ Kg}$

Remplazando estos valores en la ecuación (5.4)

$Q_{\text{Aceite}} = 256,608 \times 0,489 \times (50 - 15) = 4391,846 \text{ Kcal}$.

Calor para calentar y evaporar el agua a 50°C

Ya que el agua se desea extraer del aceite a una temperatura no mayor a 50°C, el proceso de evaporación debe ser a la presión de saturación del agua para dicha temperatura la cual corresponde a 0,122 atm. Presión que se mantendrá constante dentro del estanque de proceso.

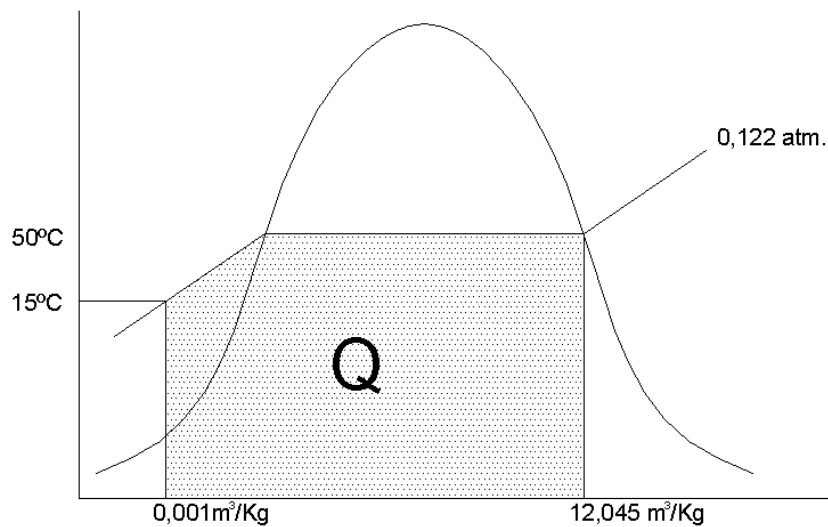


Figura N° 10 Diagrama Temperatura / Volumen específico

El calor necesario para evaporar el agua a presión constante de 0,122 atm es el que se muestra en la Figura N° 10

De la primera ley de la termodinámica ecuación (5.2)

Donde

m : masa del agua es de 3 Kg

h_1 : entalpía del agua subenfriada a los 15°C y 0,122 atm

h_2 : es la entalpía del vapor saturado h_g a los 50°C y 0,122 atm

$$h_1 = 15,021 \text{ Kcal}$$

$$h_2 = 618,97 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{agua}} = 3 \times (618,97 - 15,021) = 1811,847 \text{ Kcal.} \quad (5.2)$$

De la ecuación (5.1)

$$Q_t = 4391,846 + 1811,847 = 6203,693 \text{ Kcal.} \quad (5.1)$$

La potencia P de la resistencia eléctrica en Kw.

$$P = Q / t \quad (5.5)$$

Donde:

Q :es la energía o calor Q_t en Kilo joule

t : tiempo en segundos.

$$Q = 6203,693 \text{ Kcal.} \times 4,186 \text{ Kj/Kcal} = 25968,659 \text{ Kj.}$$

$$t = 1 \text{ hora} \times 3600 \text{ seg/hora} = 3600 \text{ seg.}$$

$$P = 25968,659 / 3600 = 7,214 \text{ Kw.} \quad (5.5)$$

Potencia requerida por el calefactor electrico para evaporar el agua del aceite.

5.1.4. Bomba de vacío

La bomba de vacío es el elemento principal del deshidratador ya que es este equipo el que proporciona la presión para extraer el agua desde el aceite.

La selección del tipo de bomba se realiza en función de la aplicación y su dimensionamiento en función del vacío a generar y el caudal de aspiración.

5.1.4.1. Selección del tipo de bomba

Ya que en el deshidratador la bomba de vacío aspira principalmente vapor. La bomba tiene que ser de un tipo tal que este no le provoque daño. Para este tipo de aplicación las bombas de anillo líquido son las más indicadas ya que estas son auto lubricadas y el vapor no se mezcla con el aceite de lubricación de la bomba ya que no tiene a diferencia de otro tipo de bombas, además se dispone de un amplio rango de vacío y caudales.

5.1.4.2. Dimensionamiento bomba

Ya definido el tipo de bomba hay que dimensionar esta, en función del vacío o presión final y el caudal de aspiración.

- Vacío

La presión final P_f está definida como la presión absoluta de operación esta es

$$P_f = 0,122 \text{ atm} = 123,380 \text{ mbar}$$

El vacío P_v se define como la diferencia entre la presión atmosférica y la presión final

$$P_v = P_a - P_f \quad (5.6)$$

donde

P_a : presión atmosférica 1013,300 mbar.

$$P_v = 1013,300 - 123,380 = 889,920 \text{ mbar.} \quad (5.6)$$

- **Caudal de aspiración**

El caudal Q de aspiración es el vapor del agua que se evapora en el deshidratador y que la bomba extrae del estanque en el tiempo t

$$Q = v / t \quad (5.7)$$

donde :

$$t = 1 \text{ hora}$$

v : volumen total de agua evaporada a extraer del estanque en una hora, el cual corresponde al volumen específico del vapor saturado v_g a 50°C, por la masa total de agua.

$$v = v_g \times m \quad (5.8)$$

donde

$$v_g = 12,045 \text{ m}^3 / \text{Kg}$$

$$m = 3 \text{ Kg}$$

$$v = 12,045 \times 3 = 36,135 \text{ m}^3 \quad (5.8)$$

$$Q = 36,135 \text{ m}^3/\text{h} \quad (5.7)$$

La bomba de vacío requiere extraer 36,135 m³/h los cuales equivalen al volumen de vapor saturado a 50°C y 123,380 mbar para una masa de agua de 3 kg.

- **Bomba seleccionada**

Bomba de vacío anillo líquido de agua, marca Travaini modelo TRMB 32-50GH.

Caudal Máximo 50m³/h

Presión última 33 mbar

Potencia 1,5 Kw.



Figura N° 11 Bomba de vacío Travaini modelo TRMB 32-50GH

- **Punto de funcionamiento**

El punto de funcionamiento se obtiene de las curvas características de la bomba (Anexo 1).

Presión última 123,380 mbar.

Caudal de aspiración 37 m³/h a 2900 Rpm.

Potencia 1,2 Kw.

5.1.5. Controlador lógico programable P.L.C.

Dispositivo digital con memoria programable para almacenar instrucciones de control automático del proceso

Selección

La selección del P.L.C. principalmente depende de las señales de entrada y salidas que el proceso requiere.

Señales de entrada 3

- Nivel mínimo
- Nivel máximo
- Temperatura

Salidas Rele 4

- Válvula alimentación
- Bomba de alimentación
- Bomba de extracción
- Calefactor

P.L.C. seleccionado

Mini controlador AF-10MR-AS

Características

- Display frontal para programación directa sin consola externa
- Relés de salida independientes
- Alimentación 85-260 VAC
- 6 entradas de señal
- 4 Salidas relé



Figura Nº 12 Micro controlador lógico programable Array AF-10MR-AS

5.1.6. Sensor de nivel mínimo y máximo

Hay variados tipos de sensores los cuales dependen principalmente de consideraciones tales como presión de trabajo, temperatura, tipo de fluido y montaje, pero además está el tipo de lectura que se requiere hacer. Si se requiere controlar solo nivel mínimo y máximo con un sensor de tipo discreto (on – of) es suficiente, pero si se requiere controlar la variación de nivel no solo en sus puntos mínimo y máximo además de modificar los parámetros del proceso, se requiere un transmisor de nivel el cual da una lectura continua del proceso.

Selección del transmisor de nivel

Se opta por un transmisor y no un sensor discreto por la factibilidad de ajustar los parámetros del proceso.

Entre los tipos de transmisores de nivel disponibles en el mercado que se adecuan a las condiciones del proceso están los siguientes:

- Transmisor de nivel ultrasónico (medición directa)
- Transmisor de nivel hidrostático (medición indirecta)

- Transmisor de nivel de presión diferencial (medición indirecta)
- Transmisor de nivel por flotador proporcional (medición directa)

Optando por un transmisor de nivel por flotador proporcional

Controlador de nivel proporcional XM-800 marca GEMS

Permite el monitoreo continuo del nivel del estanque, valiéndose de una señal de 4-20 Mamp. La cual es proporcional al nivel a controlar.

Su funcionamiento se basa en las variaciones de voltaje que producen unos tap switch en el interior de un tubo de acero inox. Bajo la presencia de un campo magnético que posee el flotador.

Características

- Resistencia a la acción de productos corrosivos
- Alimentación: 10 a 30 VCC
- Salida: 4-20 Mamp. (con convertidor)
- Conexión de montaje: 2"NPT acero inoxidable
- Temperatura operación máxima -40 a 110°C
- Flotador: Acero inoxidable 2" exterior (P/N 43590)
- Largo total: 185 cm.
- Tipo de montaje: Interior vertical
- Rango de Medición: 0 a 160cm.
- Presión de operación máxima 300 psi
- Vástago: Acero inoxidable 1/2" exterior
- Conexión sistema eléctrico: 1/2" NPT



Figura N° 13 Transmisor de nivel y sensor de nivel

5.1.7. Válvula de alimentación

Válvula Solenoide de acero inoxidable, normal cerrada

Consideraciones para su selección

- Presión diferencial
- Viscosidad
- Fluido

Selección

Válvula Marca Danfoss EV222B 5055 Con sello FKM (para uso en aceite)

Características

- Instalación se recomienda el sistema de solenoide vertical, aunque es optativo.
- Rango de presión: 0,3 -10bar
- Presión de ensayo máx. 30 bar
- Viscosidad Máx. 50 cSt.
- Temperatura ambiente Máx. 80°C
- Materiales: cuerpo de válvula, tapón inducido / tubo, Tubo y Resortes: acero inoxidable, juntas tóricas.

- Plato de válvula y diafragma: EPDM o FKM.

5.1.8. Transmisor de temperatura

Se opta por un transmisor de temperatura por la factibilidad de medir en un rango continuo del proceso y ajustar sus parámetros.

Selección

Transmisor de temperatura PT-100 150x10mm marca Veto.

5.1.9. Válvula reguladora de vacío o de respiro

Para la regulación de vacío se opta por una válvula interruptora de vacío, la cual regula la admisión de presión atmosférica al interior del estanque de vacío, ajustable a la presión requerida.

Selección

Valvula reguladora de vacío Cash Acme FRM-V.

5.1.10. Bomba de alimentación y extracción

Para las bombas de alimentación y extracción se opta por 2 bombas de paletas, para trasvasije de aceite.

Selección

Bomba de paletas Pedrollo PKM-60.

5.2. Separación centrífuga

Es en esta etapa en la cual se extraen los contaminantes sólidos desde el aceite usado.

La extracción de los contaminantes se realiza en un separador centrífugo, el principio por el cual se realiza la extracción de los sólidos en suspensión es la decantación o precipitación de los sólidos, los cuales a través de la acción de la centrífuga ven incrementado su peso específico en varias veces, logrando una decantación casi instantánea de los sólidos y mediante la geometría interna de la centrífuga se extraen los sólidos en una fase pesada y en una fase ligera el aceite purificado.

5.2.1. Separación centrífuga, principios generales

Aceleración centrífuga

Cuando una partícula gira en una trayectoria circular entorno a un eje, la aceleración de esta se divide en dos componentes, la aceleración tangencial, la cual es producto de la variación de velocidad angular y la aceleración centrípeta o normal la cual es generada por el cambio de dirección del movimiento al ser circular la trayectoria.

de esta manera tenemos:

$$a_t = \alpha \times r \quad (6.1)$$

$$a_n = \omega^2 \times r \quad (6.2)$$

Donde:

a_t : aceleración tangencial

a_n : aceleración normal

α : aceleración angular

ω : velocidad angular

La ecuación (6.1) y (6.2) son la base para la separación centrífuga, ya que en una centrífuga la velocidad de rotación de esta es constante, no tiene variación de velocidad angular es decir aceleración angular cero, por consiguiente la aceleración del cuerpo que gira en torno al eje de la centrífuga solo tendrá una componente normal de aceleración en dirección al centro de rotación, aceleración centrípeta.

La masa del cuerpo que gira en torno al eje de rotación genera una fuerza producto de la aceleración denominada fuerza centrípeta, la reacción a esta fuerza que tiene misma magnitud pero sentido contrario es la fuerza centrífuga. La aceleración que genera la fuerza centrífuga se denomina G tiene dirección normal a la trayectoria y hacia fuera de esta, su magnitud es:

$$G = \omega^2 \times r \quad (6.3)$$

Para tener un parámetro de la aceleración que genera una centrifuga se le compara su aceleración con la aceleración de gravedad g (9.086 mt/seg^2), esto nos da un numero a adimensional, G/g , de esta forma se suele caracterizar a las centrifugas según esta comparación.

Decantación Centrífuga

En un fluido los sólidos en suspensión decantan o sedimentan con una velocidad de asentamiento V_{sg} , producto de la diferencia de densidades y el efecto de la gravedad, esto se ilustra según la ley de Stokes:

$$V_{sg} = (\rho_s - \rho)gd^2/18\mu \quad (6.4)$$

Donde:

V_{sg} : velocidad de asentamiento

ρ_s : densidad del sólido

ρ : densidad del fluido

g : aceleración de gravedad

d : diámetro de la partícula de sólido en suspensión

μ : viscosidad del fluido

En una centrífuga la aceleración centrífuga es considerablemente mayor a la aceleración de gravedad y por tanto esta última se desprecia. de esta manera la velocidad de sedimentación o asentamiento centrífugo es:

$$V_{sG} = (\rho_s - \rho)R(\omega d)^2 / 18\mu \quad (6.5)$$

Donde:

V_{sG} : velocidad de asentamiento centrífugo

ρ_s : densidad del sólido

ρ : densidad del fluido

R : radio interior de la centrífuga

ω : velocidad angular de la centrífuga

d : diámetro de la partícula de sólido en suspensión

μ : viscosidad del fluido

Presión centrífuga P_G .

La evacuación de los sólidos precipitados es producto de la presión centrífuga la cual es análoga a la presión hidrostática, la cual se desprecia ya que la aceleración centrífuga es considerablemente mayor a la de gravedad.

$$P_G = \omega^2 \times \rho \times R \quad (6.6)$$

Donde :

ρ : densidad del fluido

R : radio interior de la centrífuga

ω : velocidad angular de la centrífuga

Concentración de sólidos en suspensión.

Uno de las variables a considerar para el diseño o selección de una centrífuga es la concentración de los sólidos en el fluido.

La velocidad de sedimentación V_{sg} se ve afectada por la concentración de sólidos en el aceite, para ello se utiliza una relación empírica expresada en la ecuación de Richardson y Zaki:

$$V_s/V_{sg} = (1-\epsilon_s)^{4.6} \quad (6.7)$$

Donde :

V_s : velocidad de asentamiento.

V_{sg} : velocidad de asentamiento según ley de Stokes, bajo la acción de G.

ϵ_s : la fracción de sólidos en el fluido.

Separación centrífuga continua

Hay dos tipos predominantes de centrífugas continuas las centrífugas de discos y las decantadoras. Estas se aplican en un amplio rango de aplicaciones desde caudales menores a 1 L/m hasta 4000L/m, para partículas desde 0,1 μ m a 25mm, concentraciones de sólido de 0.2 % a 70%, desarrollando aceleraciones que alcanzan los 15000 Gs. Para el reacondicionamiento de

aceite lubricante las centrífugas de discos son las mas utilizadas debido al amplio rango de operación el cual permite procesar aceites con partículas de 0.1 a 50 μm desarrollando aceleraciones desde 4000 a 15000 Gs.

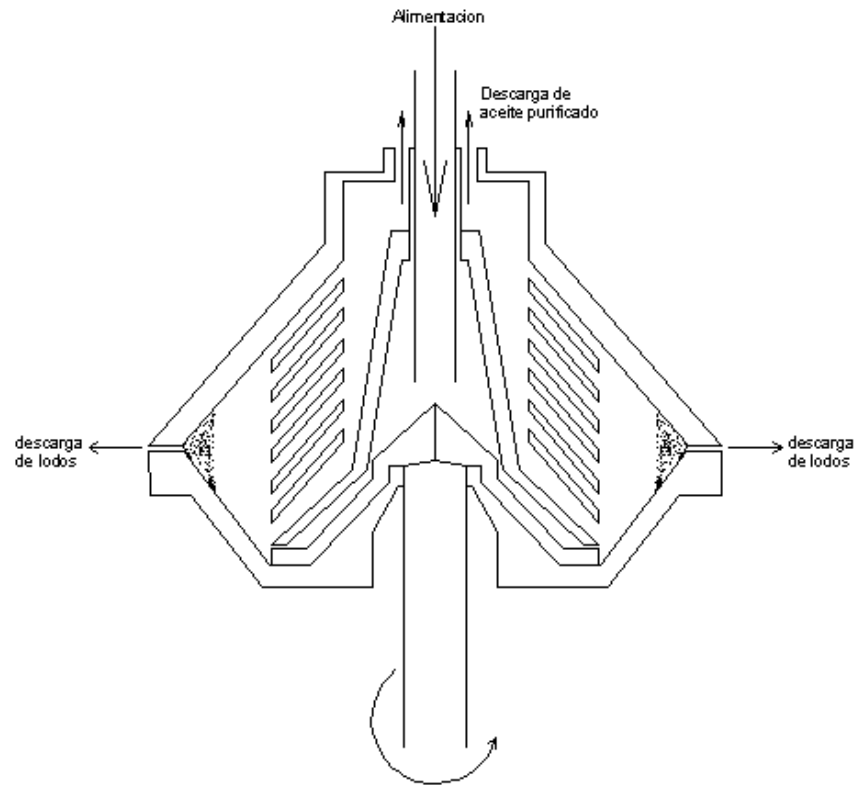


Figura N° 14 Geometría interna de un separador centrífugo de discos



Figura N° 15 Separador centrífugo de discos, Westfalia Separeitor OSD2



Figura N° 16 Separador Centrífugo Alfa-Laval Alfapure Z3

Selección de la centrifuga

Se selecciono una centrifuga especifica para la aplicación tomando en consideración el análisis de lubricantes (Anexo 2) y el volumen a procesar.

Centrifuga autodeslodante OSD 2 marca Westfalia Separation

Características principales

- Capacidad máxima de procesamiento de aceite 420 litros/hora
- Velocidad de centrifugado 10000 rpm

6. Evaluación económica del proyecto

6.1. Antecedentes generales

El proyecto se evalúa a 10 años plazo, considerando el emplazamiento del proyecto en un radio máximo de 100 Km de distancia de las fuentes emisoras de aceite usado.

De acuerdo a “Tabla de vida útil bienes físicos del activo inmovilizado” del Servicio de Impuestos Internos, la vida útil normal de equipos en general es de 10 años y depreciación acelerada a 5 años.

Se considera un programa de recolección programada en alianza con las fuentes generadoras. Una planta industrial del área forestal (Celulosas, Paneles, Aserraderos, Papeleras) en promedio genera de 6000 Litros/Mes, lo cual representa un alto costo para las plantas (administrativo, almacenamiento, tratamiento, transporte, etc.).

Para la operación del proyecto se considera un vehículo para la recolección programada desde las fuentes. un galpón para el acopio y procesamiento y tres operadores.

Los índices utilizados para evaluar la factibilidad económica del proyecto son el VAN, la TIR y el periodo de Pay-Back (recuperación del capital). Aplicando una tasa de descuento de un 10% y considerando un incremento anual de un 4,62% en el costo energético, dadas las proyecciones de incremento del costo de energía a 10 años.

6.2. Estimación costos de inversión

Para la estimación de costos se considero los materiales seleccionados en el capitulo anterior, cotizando los componentes principales de modo de tener una aproximación del costo total.

Cuadro N°4 Presupuesto de Inversión

Descripción	Marca	Modelo	Cantidad	Costo	Total
Estanque vacío 0,5 m3	Vapor Industrial S.A.	TK STD 0.5	1,00	1.030.700	1.030.700
Calefactor sumergible tipo tuerca 7,3 Kw	Comind LTD.	TUBULAR TUERCA 3" NPT 7300W 220V	1,00	198.000	198.000
Bomba de vacío anillo liquido de agua	Travaini	TRMB 32-50GH	1,00	699.900	699.900
Micro controlador lógico programable	Array	AF-10MR-AS	1,00	95.000	95.000
Sensor de nivel	Gems Sensors	LS-1950	2,00	100.100	200.200
Válvula seleonoide	Danfoss	EV222B 5055	1,00	770.000	770.000
Transmisor de temperatura	Veto	PT-100 150x10MM	1,00	28.639	28.639
Válvula reguladora de vacío	Cash Acme	FRM-V	1,00	170.940	170.940
Bomba de paletas	Pedrollo	PKM-60	2,00	33.384	66.768
Separador centrifugo de discos	Westfalia Separeitor	OSD2	1,00	13.657.892	13.657.892
Estanque 0,5 m3 polietileno			1,00	67.534	67.534
				Total	16.985.573

6.3. Estimación costos de Operación

En la estimación de los costos de operación del proyecto se consideraron significativos los siguientes Ítems resumidos en Cuadro N°5

Cuadro N°5 Costos de operación

Descripción	\$/MES	\$/AÑO
Arriendo sitio industrial con bodega	550.000,00	6.600.000,00
Sueldos	600.000,00	7.200.000,00
Vehiculo	365.492,00	4.385.904,00
Petróleo (200 Km/día)	333.333,00	3.999.996,00
Costo energético + 10%	148.600,32	1.783.203,84
Total	1.997.425,32	23.969.103,84

- Arriendo sitio industrial con bodega: Evidentemente el costo del arriendo varia según la ubicación por lo cual se considero un valor promedio de \$550.000.
- Sueldos: Se consideraron 3 operadores con un sueldo bruto de \$200.000.
- Vehiculo: Se considero como costo de referencia un Leasing para un camión de \$10.234.000 a 36 meses a un 15% de interés anual.
- Petróleo: Se estimo sobre la base de un consumo de 6 Km/L a 500 \$/L.
- Costo energético: Estimado sobre la base del consumo de energía proyectada del equipo según Cuadro N°6 mas un 10% a un costo de referencia de 80 \$/KW

Cuadro N°6 Costo energético a 80 \$/Kw.

Descripción	Kwh.	Kw./día	Kw./mes
Centrifuga	1,10	8,80	176,00
Calefactor	7,21	57,71	1.154,24
bomba de vació	1,50	12,00	240,00
Bomba de alimentación	0,37	2,96	59,20
Bomba de extracción	0,37	2,96	59,20
	10,55	84,43	1.688,64
		Total \$	135.091,20
		Total + 10%	148.600,32

6.4. Estimación de producción

Se proyecta producir a una tasa de 300 Litros por hora, equivalente a un 100% de la capacidad productiva del equipo. Trabajando 8 horas por día, 5 días a la semana. Además se asume una merma del 10% del volumen.

El precio con el que se proyectan los flujos de cajas es 150\$/L Valor muy por debajo del precio de venta en el mercado minorista para aceites de similares características, el cual bordea 350\$/L.

Cuadro N°7 Producción estimada al año

PRODUCCION ESTIMADA AL AÑO						
L/H	L/H - 10%	L/DIA	L/MES	L/AÑO	\$/L	\$/AÑO
300	270	1.890	37.800	453.600	150	68.040.000

6.5. Flujos de caja del proyecto

Factores que inciden en la estimación de los flujos de cajas del proyecto:

- Incremento del IPC de 2,6% anual, Incidiendo en los costos de operación y en el precio de venta del producto.
- Incremento de 4,62% anual del costo de la energía eléctrica y el petróleo.
- Impuesto a la renta de primera categoría 17%.
- Depreciación acelerada a 5 años sin valor residual de la inversión, De acuerdo a Tabla de Vida útil Bienes físicos SII.
- Tasa descuento anual 10%.

Las variaciones en el beneficio anual bruto y en el costo de operación se muestran en los cuadros N°8 y N°9 y en el cuadro N°10 Flujos de caja e indicadores de rentabilidad del proyecto

Cuadro N°8 Costos operacionales por periodo

Descripcion	Incremento anual % por periodo	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6	Período 7	Período 8	Período 9	Período 10
Arriendo sitio industrial con bodega	2,6	6.600.000	6.771.600	6.947.662	7.128.301	7.313.637	7.503.791	7.698.890	7.899.061	8.104.436	8.315.152
Sueldos	2,6	7.200.000	7.387.200	7.579.267	7.776.328	7.978.513	8.185.954	8.398.789	8.617.157	8.841.203	9.071.075
Vehiculo	2,6	4.385.904	4.499.938	4.616.936	4.736.976	4.860.138	4.986.501	5.116.150	5.249.170	5.385.649	5.525.675
Petroleo	4,62	3.999.996	4.184.796	4.378.133	4.580.403	4.792.018	5.013.409	5.245.028	5.487.349	5.740.864	6.006.092
Costo energetico	4,62	1.783.204	1.865.588	1.951.778	2.041.950	2.136.288	2.234.985	2.338.241	2.446.268	2.559.285	2.677.524
Total por periodo		23.969.104	24.709.121	25.473.776	26.263.958	27.080.593	27.924.640	28.797.098	29.699.005	30.631.438	31.595.519

Cuadro N°9 Beneficio anual bruto por periodo

Descripcion	Incremento anual % por periodo	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6	Período 7	Período 8	Período 9	Período 10
Beneficio anual bruto	2,60	68.040.000	69.809.040	71.624.075	73.486.301	75.396.945	77.357.265	79.368.554	81.432.137	83.549.372	85.721.656

Cuadro N°10 Flujos de caja e indicadores de rentabilidad del proyecto

Depreciación acelerada	5	Años									
Tasa Descuento Anual	10	%									
Impuesto	17	%									
	Período 0	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6	Período 7	Período 8	Período 9	Período 10
Inversión Estimada (-)	(16.787.573)										
Valor Residual Inversión											
Beneficio Anual Bruto		68.040.000	69.809.040	71.624.075	73.486.301	75.396.945	77.357.265	79.368.554	81.432.137	83.549.372	85.721.656
Gasto Operativo Anual		(23.969.104)	(24.709.121)	(25.473.776)	(26.263.958)	(27.080.593)	(27.924.640)	(28.797.098)	(29.699.005)	(30.631.438)	(31.595.519)
Beneficio Anual Neto Antes de Impuesto		44.070.896	45.099.919	46.150.299	47.222.343	48.316.352	49.432.625	50.571.456	51.733.132	52.917.934	54.126.137
Depreciación		(3.357.515)	(3.357.515)	(3.357.515)	(3.357.515)	(3.357.515)	0	0	0	0	0
Utilidad Antes de Impuesto		40.713.382	41.742.404	42.792.784	43.864.828	44.958.837	49.432.625	50.571.456	51.733.132	52.917.934	54.126.137
Impuesto		6.921.275	7.096.209	7.274.773	7.457.021	7.643.002	8.403.546	8.597.148	8.794.632	8.996.049	9.201.443
Utilidad Después de Impuesto		33.792.107	34.646.196	35.518.011	36.407.807	37.315.835	41.029.079	41.974.308	42.938.499	43.921.885	44.924.694
Depreciación		3.357.515	3.357.515	3.357.515	3.357.515	3.357.515	0	0	0	0	0
Beneficio Anual Neto Después de Impuesto (BAN)		37.149.621	38.003.710	38.875.526	39.765.322	40.673.350	41.029.079	41.974.308	42.938.499	43.921.885	44.924.694
Flujos de caja	(16.787.573)	37.149.621	38.003.710	38.875.526	39.765.322	40.673.350	41.029.079	41.974.308	42.938.499	43.921.885	44.924.694
Valor Actual Neto 10 Años	(VAN)	\$	230.693.803	VAN para flujos de BAN:				247.481.376			
Tasa Interna de Retorno	(TIR)	%	224								
Periodo de Pago	(PP)	Años	0,5								

7. Conclusiones

Podemos concluir que los objetivos planteados en el inicio de este trabajo se han cumplido en su totalidad.

Los aceites lubricantes minerales provienen todos de una base común y el proceso por el cual se obtienen es igual para todos los aceites derivados del petróleo, la diferencia entre uno y otro esta dada por las características particulares que entregan los aditivos.

Los aceites lubricantes, usados malamente llamados “aceite quemado”, se encuentran degradados en sus propiedades producto de la presencia de contaminantes sólidos y líquidos provenientes principalmente del desgaste de elementos mecánicos y el ambiente. La oxidación del lubricante es el único proceso que degrada el aceite de manera irreversible.

El reciclaje de aceite será un proceso tal que sea capaz de extraer los contaminantes sin degradar el aceite, habiendo muchas alternativas de procesos, los cuales se dividen en Re-acondicionamiento y Re-refinación. Mientras el Re-acondicionamiento es un proceso básicamente de extracción de contaminantes o limpieza, la Re-refinación es un proceso más drástico donde prácticamente el aceite se vuelve a refinar en un proceso similar al que es sometido el petróleo crudo obteniendo un aceite igual al aceite base.

Dado los objetivos planteados se opta por un proceso de Re-acondicionamiento sobre la base del volumen que se requiere procesar y las características del aceite que se requiere.

El proceso consiste en la extracción de contaminantes líquidos por termovaciado y extracción de contaminantes sólidos por decantación centrífuga.

Técnicamente es factible la implementación del proyecto, cotizando la totalidad de los materiales en el mercado nacional con excepción de la centrífuga, la cual se cotizó en Alemania a través de un representante nacional.

El costo total del proyecto se estima sobre la base de la cotización de los materiales principales, despreciando materiales menores tales como cañerías, cables, luces y otros.

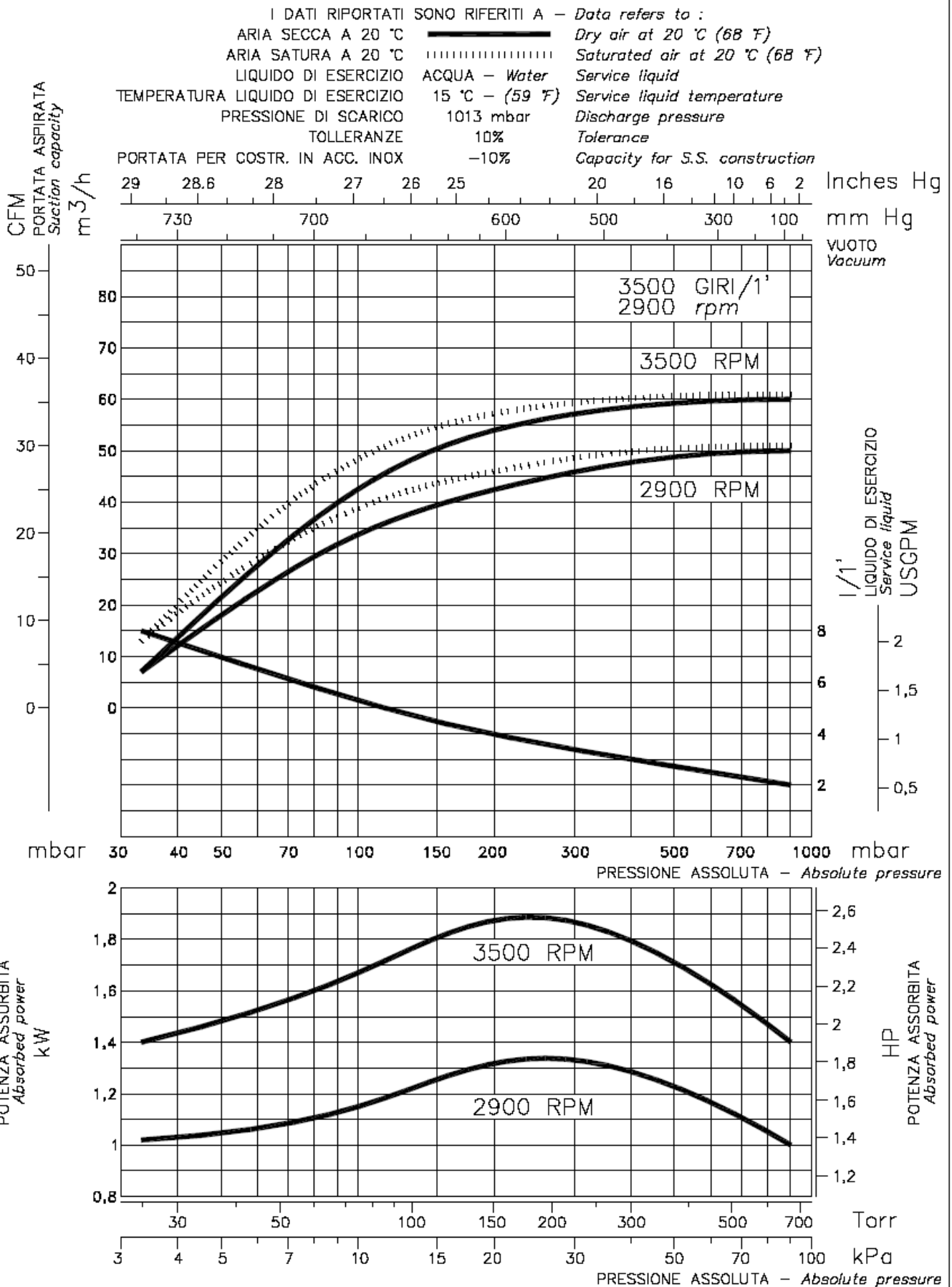
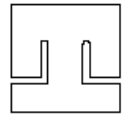
El análisis de rentabilidad fue positivo generando flujos de caja superiores a \$ 37.000.000, Valor actual neto a 10 años de \$230.693.803, Tasa interna de retorno de 224% y una recuperación del capital de 0,5 periodos equivalente a 6 meses. De lo anterior se concluye que el proyecto no solo es económicamente factible y rentable, además es un excelente negocio.

DIAGRAMMA DI FUNZIONAMENTO
Performance curves
POMPA PER VUOTO AD ANELLO DI LIQUIDO
Liquid ring vacuum pump

TIPO
Type **TRMB 32-50**

pompetravaini

CASTANO PRIMO (MILANO)





Fecha Informe:

EMPRESA:			EQUIPO:	COMPARACION EQUIPOS
CONTACTO:	MATIAS JONES	CIUDAD: CONCEPCIÓN	CODIGO INGELUBE:	1516
E-MAIL:		PAIS: CHILE	COMPONENTE:	MOTOR
FONO:		FAX :	FAENA:	
DIRECCION:		COMUNA: N/A	EMBARCACIÓN:	
SOLICITADO POR:	MATIAS JONES		ACEITE:	N/A
				NORMA ISO:
				RELLENO:
				CAPACIDAD:
				MODELO:
				KM/HRS FINALES:

FECHA MUESTRA		31/08/2004	31/08/2004	31/08/2004			
FECHA DE CAMBIO							
HORAS ACEITE		5000 KM	6000	-			
MUESTRA N°		50079	50080	50081			
OBSERVACIONES		DIESEL15W40	GASOLINA20W50	REACONDICIONADO			

PROPIEDADES FISICO QUIMICAS

VISCOSIDAD @40°C Cst		111,10	103,70	68,38			
VISCOSIDAD @100°C Cst							
INDICE DE VISCOSIDAD (IV)							
OXIDACION (A/mm)		0,15	0,07	0,03			
SULFATACION (A/mm)		0,13	0,05	0,00			
NITRACION (A/mm)		0,18	0,09	0,00			
AGUA (%)		0,00	0,00	0,00			
DILUCION (%)		0,00	2,01	0,00			
GLICOL (%)		0,00	0,00	0,00			
HOLLIN (A/mm)		0,15	0,16	0,00			
ADITIVO (ZnDTP) (A/mm)		-0,04	-0,10	-0,03			
TBN = mg. KOH/gr							
TAN = mg. KOH/gr							
GRADO DE ACIDEZ							
INSOLUBLES EN PENTANO							
PUNTO DE INFLAMACIÓN (°C)							

ESPECTROEMISION FINE (ppm)

Fe		68	35	9			
Cr		5	0	0			
Pb		1	7	0			
Cu		5	2	5			
Sn		0	0	0			
Al		10	6	5			
Ni		0	0	0			
Ag		0	0	0			
Si		17	9	13			
B		2	4	0			
Na		5	3	45			
Mg		10	173	9			
Ca		2359	1755	59			
Ba		0	0	0			
P		1175	993	22			
Zn		1347	1087	22			
Mo		1	2	2			
Ti		0	0	0			
V		0	0	0			
K		6	6	3			

ESPECTROEMISION COARSE (ppm)

Fe C							
Cr C							
Pb C							
Cu C							
Sn C							
Al C							
Ni C							
Ag C							
Si C							
B C							
Mo C							
Ti C							



Fecha Informe:

EMPRESA:			EQUIPO:	COMPARACION EQUIPOS
CONTACTO:	MATIAS JONES	CIUDAD: CONCEPCIÓN	CODIGO INGELUBE: 1516	NORMA ISO:
E-MAIL:		PAIS: CHILE	COMPONENTE: MOTOR	RELLENO:
FONO:		FAX :	FAENA:	CAPACIDAD:
DIRECCION:		COMUNA: N/A	EMBARCACIÓN:	MODELO:
SOLICITADO POR:	MATIAS JONES		ACEITE: N/A	KM/HRS FINALES:

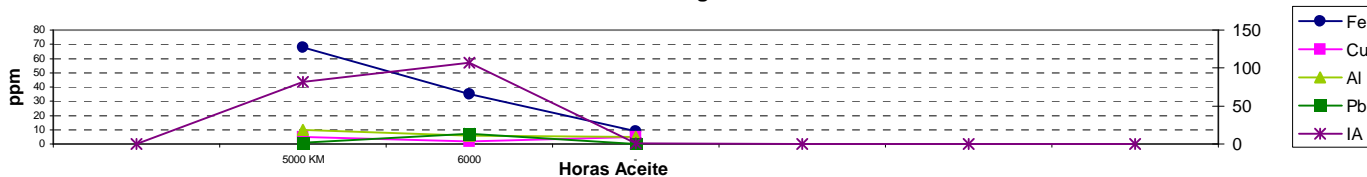
FECHA MUESTRA		31/08/2004	31/08/2004	31/08/2004			
FECHA DE CAMBIO							
HORAS ACEITE		5000 KM	6000	-			
MUESTRA N°		50079	50080	50081			
OBSERVACIONES		DIESEL15W40	GASOLINA20W50	RECONDICIONADO			

PARTICULAS (p/ml)

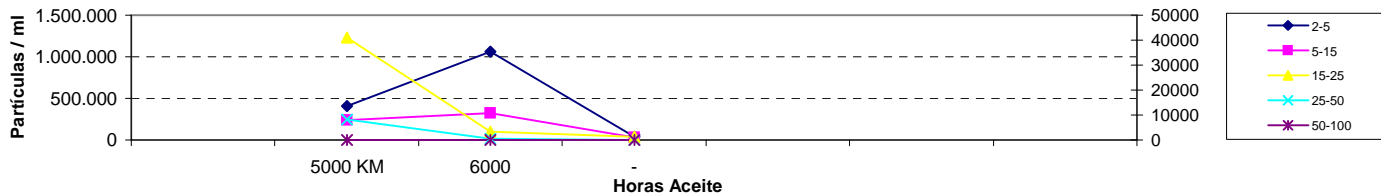
2-5		406659	1061410	36376			
5-15		236354	323735	30749			
15-25		40916	3329	1221			
25-50		8084	521	61			
50-100		74	45	1			
>100		21	9	0			
ISO		25/23	26/19	22/17			
IA	0,0	81,4	107,3	1,0	0,0	0,0	0,0

Laboratorio	Octavio Catalán R. Químico
-------------	-------------------------------

Metales Desgaste Fine



Conteo de Partículas



Take the Best - Separate the Rest

OSD 2 Mineral Oil Separator

OSD 2-03-137

Function

Purification of coolant emulsions and wash water, oil-water mixtures etc.

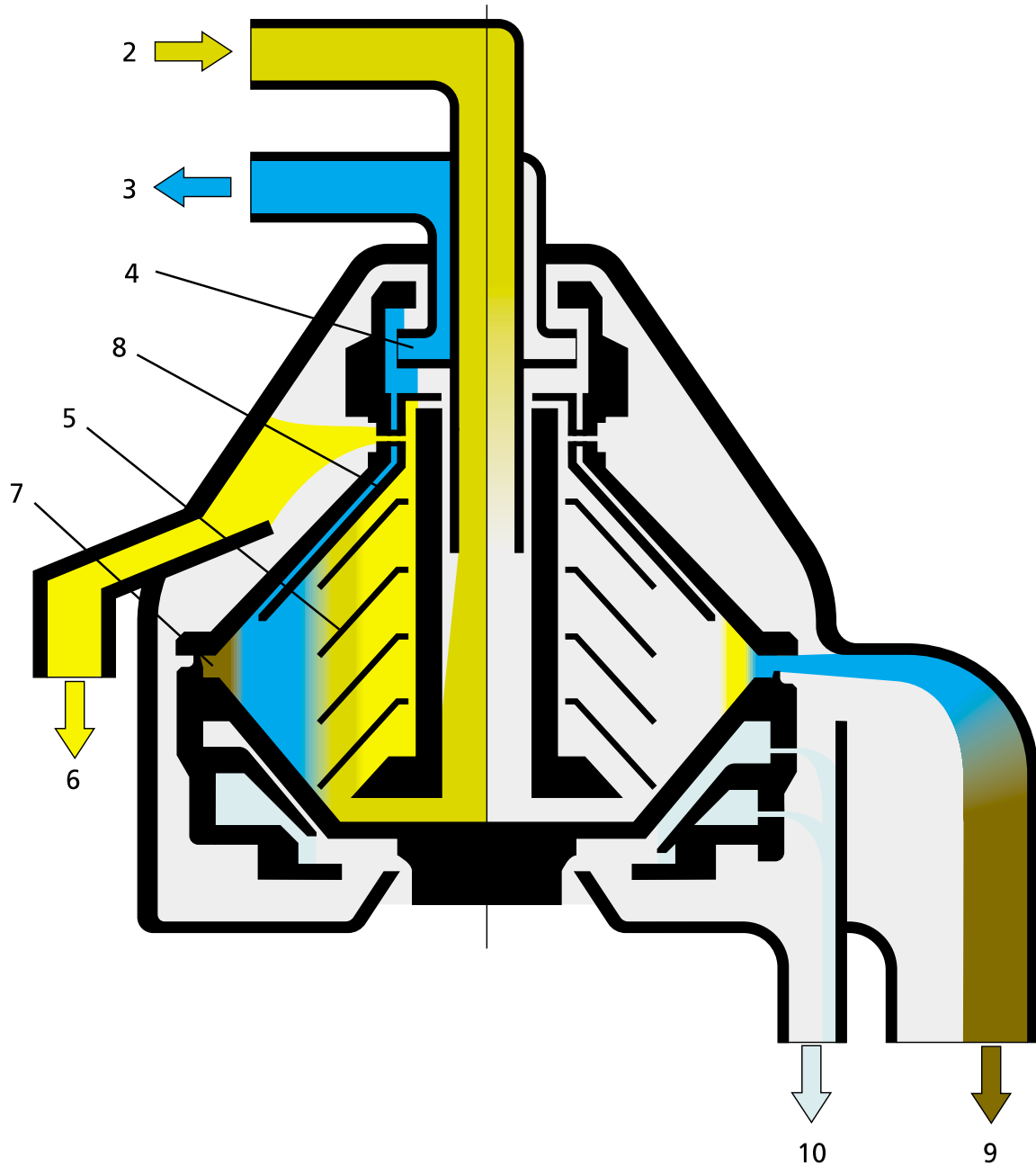
Application

Automobile industry
Machine building industry
Rolling mills
Disposal companies

minimax



Operating principles and constructional features



- 2 Product feed
- 3 Heavy liquid discharge
- 4 Centripetal pump
- 5 Disk stack
- 6 Light liquid discharge

- 7 Solids holding space
- 8 Separating disk
- 9 Sludge discharge
- 10 Operating water discharge

This separator is equipped with a self-cleaning bowl for the separation of liquid mixtures. The product flows through the product feed (2) into the rotating bowl and is separated in the disk stack (5). The separated and purified heavy liquid phase is conveyed at the periphery via the separating disk (8)

to the centre and discharged under pressure via the centripetal pump (4). The light phase (6) flows out of the bowl under gravity. The separated solids collect in the sludge space (7) and are ejected automatically at full bowl speed.

Frame, hood and drive

The separator is delivered in closed design and is equipped with a sight glass for checking the oil level. The hood is detachable. The machine is driven by a three-phase AC motor. The power is transmitted to the bowl spindle via a flat belt. All bearings are splash-lubricated from a central oil bath.

Materials

Frame:	Grey cast-iron GG-25 Silumin*
Hood:	Silumin
Main bowl parts:	stainless steel
Gaskets:	Buna N

Features

- Standard motor
- Low-noise
- Lightweight version
- Bowl of stainless steel
- The heavy phase is discharged under pressure
- Self-cleaning bowl

Advantages

- Easy installation
- Low maintenance requirement
- Low space requirement (easy retrofitting)
- Easy and fast dismantling for cleaning the bowl

Standard supply schedule

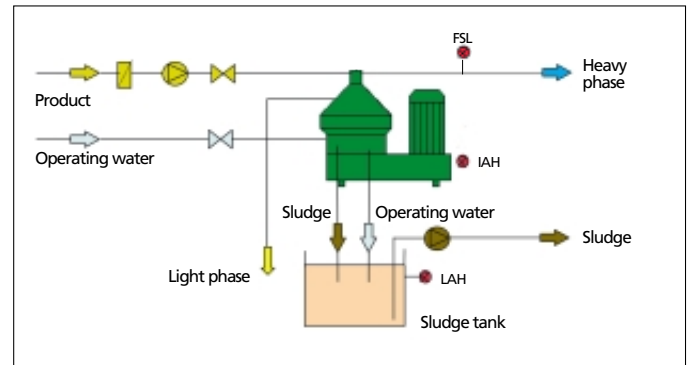
- Three-phase AC motor
- Rubber cushions
- Set of tools
- Set of commissioning parts
- Technical documentation
- Set of regulating rings
- Set of hoses (for feed and discharge)
- Operating, filling and displacement water valve
- Flow meter / flow switch

* see auxiliary equipment

Auxiliary equipment (at extra cost)

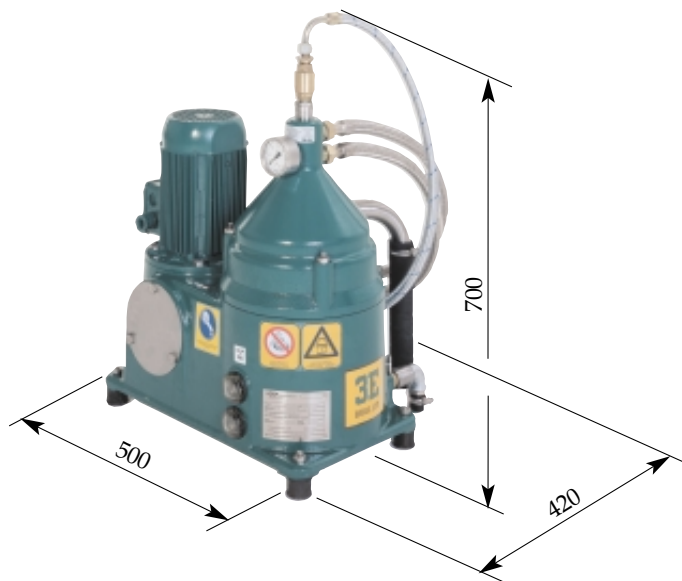
- Set of spare parts 8,000 hours
- Set of spare parts 16,000 hours
- Control unit for automatic operation
- Strainer
- Feed pump unit
- Sludge tank
- Sludge pump
- Low-weight design

Installation diagram



The product is fed into the centrifuge by means of a pump. The centrifuge is equipped with a self-cleaning bowl and is used for the separation of liquid mixtures with a maximum solids content of 0.1 % (by vol.).

Technical data



Technical data

Bowl	
Speed	10,000 min ⁻¹
Total capacity	1.0 l
Solids holding space	0.5 l
Three-phase AC motor	
Rating	1.1 kW
Power input	0.8 kW
Speed at 50 Hz	3000 min ⁻¹
Speed at 60 Hz	3600 min ⁻¹
Design	IM V1
Enclosure	IP 55
Centripetal pump	
Pressure head, Hd (light liquid phase)	1.0 bar
Connections	
Product feed	: G 1/2 in
Heavy phase discharge	: G 1/2 in
Light phase discharge	: DN 25 (Ø 33.7 mm)
Solids discharge	: DN 50 (Ø 60.3 mm)
Operating water feed	: G 3/4 in
Operating water discharge	: DN 20 (Ø 21.3 mm)
Max. separating temperature	100 °C

Weights and case dimensions

Weight	
Separator, complete (Standard version)	70 kg
(Lightweight design)	50 kg
Case dimensions (l x w x h)	640 x 640 x 840 mm
Shipping volume	0.35 m ³

Capacities

Coolant emulsion	: 300 l/h
Wash liquid	: 250 l/h



Take the Best – Separate the Rest

A company of mg technologies group

Westfalia Separator Mineraloil Systems GmbH · Werner-Habig-Straße 1 · D-59302 Oelde (Germany)

Tel.: + 49 25 22/77-0 · Fax: + 49 25 22/77-17 78

Internet: www.westfalia-separator.com · E-mail: mineraloilsystems@gea-westfalia.de

The information contained in this brochure merely serves as a non-binding description of our products and is without guarantee.

Binding information, in particular relating to capacity data and suitability for specific applications, can only be provided within the framework of concrete inquiries.

Anexo 4

NOMBRE	DIRECCION	FONO/FAX	ENCARGADO	RUBRO
Hidronor Chile S.A.	Vizcaya N° 260, Pudahuel.	2118060	José Irureta	Planta de tratamiento de residuos industriales sólidos, líquidos, askareles.
Bravo Energy Chile S.A.	La Concepción N° 81, of. 611, Providencia. Av. Las Industrias N° 12600, Maipu	5350514 5352230	Nelson Belmar	Planta de preparación de combustible alternativo aceite y solventes
Recycling Instruments Ltda.	Cerro Santa Lucía N°9.981-C, Quilicura.	7471241 7471162	Miguel Infeld	Recicladora de solventes y aceites hidráulicos.
Química Ecopar	Calle Eucaliptus s/n, parcela N° 110, loteo N° 2, Aguas Buenas, San Antonio, V Región.	5357021 35-231147	Andrés Rivera, Patricio Soza	Recicladora de solventes y aceites hidráulicos.
Petroquímica Futuroil Ltda.	Camino Lo Castro, parcela N° 9, Lampa.	8426153 8426277	Jorge Silva	Re-refinación de aceite lubricante usado.
Castañeda Hnos.	Camino Santa Margarita. Parcela 7 Sitio 21. San Bernardo	5344285 5313224	Enrique Castañeda	Re-refinación de aceite lubricante usado.

Bibliografía

- [1] John H. Perry , “manual del ingeniero químico”, Paperback, 1966.

- [2] Wallace Won-Fong, “Industrial centrifugation technology”, McGrawhill, New York, 1998.

- [3] CONAMA, “Guía para el control y prevención de la contaminación industrial”, Santiago, 1999.

- [4] Benavente R, Gonzalo, “Aceite Lubricante Usado”, Bravo Energy Chile, S.A. Boletín N° 2,1999 .

- [5] Dr. Jaime J. Cornejo, “Gestión Ambiental para Desechos Peligrosos o Tóxicos “, Universidad de Santiago de Chile, 2004.

- [6] González González Carlos, “ISO 9000 QS 9000 ISO 14000: - normas internacionales de administración de calidad, sistemas de calidad y sistemas ambientales”, 1998.

- [7] Office of Fossil Energy, “Used Oil Re-refining Study to Address Energy policy Act of 2005 Section 1838”, U.S. Department of Energy, 2006.

- [8] Technical team of Everest Trasmision, “Lube Oil Purification”, Everest Trasmision, 2005.

- [9] Erupean commission for Regeneration, “Recycling of Used Oils“,Erupean commission for Regeneration, 1980.