

# Diseño de un Sistema de Bombeo para una Planta de Recolección y Procesamiento de Aceite Usado para Reciclaje o Reutilización

Reynaldo Oyarvide Bruno <sup>(1)</sup>, Edwin Udeos Zabala <sup>(2)</sup>, Ing. Fernando Anchundia Valencia <sup>(3)</sup>

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción <sup>(1)</sup>

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

[royarvid@espol.edu.ec](mailto:royarvid@espol.edu.ec) <sup>(1)</sup> [eudeos@espol.edu.ec](mailto:eudeos@espol.edu.ec) <sup>(2)</sup> [fanchundia@maquinarias-henriques.com](mailto:fanchundia@maquinarias-henriques.com) <sup>(3)</sup>

## Resumen

*En el medio industrial ecuatoriano habitualmente funcionan sistemas de bombeo en condiciones de operación inaceptables ya sea por causa de un equipo mal seleccionado, falta de un plan de mantenimiento preventivo o problemas técnicos que surgen desde que se efectúa la instalación de sus componentes. Por esta razón, se ha decidido diseñar un sistema de bombeo para una planta industrial cuya actividad principal es recolectar y procesar aceite usado para reciclaje o reutilización.*

*El objetivo fundamental de este proyecto es diseñar un sistema de bombeo que satisfaga las condiciones de operación requeridas por el proceso de recuperación del aceite usado logrando un rendimiento óptimo en caso de producirse un incremento en la demanda de producción de aceite reciclado, además de exponer criterios técnicos para una correcta selección e instalación de los grupos de bombeo, y elaborar un programa de mantenimiento preventivo para garantizar la vida útil de todos los elementos que intervienen en el proceso.*

**Palabras Claves:** Sistema de bombeo, aceite reciclado.

## Abstract

*In the middle Ecuadorian industrial habitually pumping systems in conditions of operation unacceptable either because of a team badly selected, lack of a preventive scheduled maintenance or technical problems work that they happen since the installation of his components takes effect. For this reason, it has been decided to design a system of pumping for an industrial factory it is to recollect whose principal activity and to process oil used for recycling or re-utilization.*

*The fundamental objective of this project is to design a system of pumping that fulfill the conditions of operation required by the process of recuperation of the used oil achieving an optimal performance in case of being produced an increment in the request of production of oil recycled, in addition to expose technical criteria for a correct selection and installation of the pumping groups, and elaborating a program of preventive maintenance to guarantee the service life of all of the elements that intervene in the process.*

**Keywords:** System of pumping, recycled oil.

## 1. Introducción

En la industria ecuatoriana es muy frecuente encontrar equipos destinados a la producción de una empresa operando en condiciones de trabajo inadmisibles ya sea por un diseño inadecuado o por la falta de aplicación de criterios técnicos en el momento de efectuar la instalación de los elementos que intervienen en el proceso. En muchas ocasiones, los operadores conviven con estos problemas porque desconocen su nivel de importancia o el método para detectar su causa puede ser complicado, y en algunas ocasiones sumamente costoso. Debido a esto se propone desarrollar el diseño de un sistema de bombeo para una planta industrial localizada en el Km. 20 vía a la Costa (Guayaquil – Ecuador) cuya actividad principal es el almacenamiento, procesamiento y recuperación de

aceites lubricantes usados provenientes de industrias en general, lubricadoras y aceites lubricantes de motores de combustión interna que han cumplido con su ciclo de vida útil o que hayan sido desechados por presentar algún tipo de impurezas como agua, residuos sólidos producto de la combustión, contaminantes metálicos, entre otros.

El diseño se ha dividido en tres sistemas de bombeo, el primero se usará para descargar el aceite usado desde los camiones tanqueros hacia los tanques de proceso, el segundo servirá para trasvasar el aceite desde los tanques de proceso hacia los tanques de almacenamiento, y el tercero bombeará el aceite reciclado desde los tanques de almacenamiento hacia los camiones tanqueros de despacho.

Para el desarrollo de este proyecto se revisan los fundamentos teóricos de Mecánica de Fluidos e

Hidráulica que involucran el diseño y selección de sistemas de bombeo, se analiza las propiedades físicas y químicas del aceite usado; luego mediante cálculos analíticos se determinan parámetros de operación y diseño tales como: Caudal de bombeo, Cabezal Dinámico Total (TDH), Cabeza Neta de Succión Positiva Disponible (NPSH) y selección de diámetros de tuberías de succión y descarga.

Luego en base a los resultados de los cálculos analíticos se aplicará un software de selección de bombas de desplazamiento positivo que permita obtener las especificaciones técnicas de cada equipo de bombeo.

Posteriormente se exponen criterios para una correcta instalación de los grupos de bombeo así como también un programa detallado de mantenimiento preventivo para prolongar la vida útil de los equipos.

## 2. Objetivo General.

Diseñar y dimensionar un sistema de bombeo para un proceso de recolección y procesamiento de aceite usado para reciclaje.

## 3. Metodología usada para el desarrollo del proyecto.

La metodología aplicada en el desarrollo del proyecto comprende lo siguiente:

- Descripción de la función que cumple cada sistema de bombeo.
- Establecimiento de criterios para seleccionar equipos de bombeo.
- Determinación de las propiedades físicas del fluido de trabajo a la temperatura de bombeo.
- Diseño y dimensionamiento de los sistemas de bombeo.
- Selección por software del equipo de bombeo más adecuado.
- Cálculo y selección del sistema de transmisión.
- Establecimiento de criterios para instalación.
- Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo.

## 4. Descripción de la función de cada sistema de bombeo.

En el proceso de recuperación del aceite usado intervienen tres sistemas de bombeo que cumplen las siguientes funciones:

1. Descarga de la materia prima (aceite usado) desde el camión recolector hacia los tanques de proceso.
2. Trasvase del producto entre tanques de almacenamiento.
3. Despacho del producto terminado (aceite reciclado) desde los tanques de almacenamiento hacia el camión recolector.

Estos tres sistemas actúan en un proceso de recuperación de aceite usado para cubrir una demanda de 50000 gal./día.

## 5. Criterios para seleccionar equipos de bombeo.

Para seleccionar un equipo de bombeo se requiere como mínimo conocer la siguiente información:

- **Fluido bombeado.-** Cuando sea de aplicación, deben ser conocidos el contenido de sustancias sólidas, componentes corrosivos o abrasivos, gases indisolubles y sustancias peligrosas, como por ejemplo, inflamables, venenosas, irritantes, etc.
- **Temperatura de funcionamiento.-** Es necesaria para el trabajo seleccionado. Incluso, a veces, la temperatura máxima y mínima.
- **Propiedades físicas del fluido bombeado.-** Para líquidos y mezclas que no son comunes, es necesario conocer las propiedades que dependen de la temperatura: Densidad, viscosidad y tensión de vapor.
- **Condiciones de funcionamiento.-** Incluyen el caudal, presiones de aspiración e impulsión o altura total, cabeza neta de succión disponible. Si estos valores están sujetos a variaciones debido a las condiciones de la instalación entonces los valores máximos y mínimos deberán ser especificados.

## 5. Propiedades físicas del fluido de trabajo.

Para diseñar y seleccionar los tres sistemas de bombeo con respecto a las condiciones de operación requeridas por el proceso de tratamiento de aceite usado fue necesario determinar mediante análisis de laboratorio las propiedades físicas del aceite usado obteniéndose los siguientes resultados:

$$\mu_1 = 14545.5 \text{ SSU @ } 30^\circ\text{C}$$

$$\mu_2 = 11123.2 \text{ SSU @ } 40^\circ\text{C}$$

$$\text{Gravedad específica} = 0.984$$

En relación a estos resultados se decidió seleccionar una bomba de desplazamiento positivo porque en comparación a las bombas centrífugas presentan las siguientes ventajas:

**Tabla 1.** Comparación Bombas desplazamiento positivo vs. Bombas centrífugas

Bombas desplazamiento positivo	Bombas centrífugas
Excelentes para bombear fluidos de alta viscosidad (hasta 6000000 SSU)	Bombean fluidos viscosos (hasta 2500 SSU)
La eficiencia mecánica se incrementa con el aumento de la viscosidad.	La eficiencia mecánica disminuye con el aumento de la viscosidad debido al incremento de las pérdidas por fricción.
El caudal se mantiene constante o aumenta cuando se incrementa la viscosidad del fluido.	El caudal disminuye al incrementarse la viscosidad del fluido.

## 6. Diseño y dimensionamiento de los sistemas de bombeo.

### 6.1. Recepción de aceite usado.

Primero se determinó el flujo volumétrico de aceite usado ( $Q= 250$  G.P.M) que deberá descargar la bomba desde un camión recolector de 10000 galones hacia el tanque de proceso en un tiempo de 40 minutos.

Una vez definido el caudal de bombeo y el índice de viscosidad ( $\mu=14545.5$  SSU @  $30^{\circ}\text{C}$ ) mediante tablas de pérdidas por fricción para líquidos viscosos se seleccionó para las líneas de succión y descarga tuberías de acero al carbono de diámetro 6" (Cédula 40) porque en relación a una tubería de acero de 4" genera una menor caída de presión, aproximadamente 80.6 %, con lo cual el sistema requerirá de una menor potencia de bombeo del fluido.

Para determinar el cabezal dinámico total (TDH) se consideró que el sistema de bombeo será diseñado para que funcione con succión positiva, por lo tanto el cálculo de este parámetro resultó ser de 40.13 PSI.

Una vez determinado el TDH, el caudal de bombeo, así como la eficiencia mecánica de la bomba (23.2 %) cuyo parámetro es obtenido mediante la aplicación de un software de selección de bombas se determina que la potencia absorbida por la bomba de recepción es 25.21 HP.

Finalmente, con el resultado de la potencia absorbida por la bomba se calcula la potencia eléctrica del motor (eficiencia motor = 90%) que se acoplará a la bomba que resultó ser de 28.01 HP pero se seleccionará el inmediato superior a la calculada, por lo tanto será de 30 HP.

### 6.2. Tránsito de aceite entre tanques de almacenamiento.

El flujo volumétrico de aceite ( $Q= 261$  G.P.M) se calculó en referencia a la capacidad del tanque de proceso de 10432 galones y el tiempo ( $t= 40$  min.) en

que deberá bombear el sistema este volumen de aceite hacia el otro tanque de proceso.

Una vez definido el caudal de bombeo y el índice de viscosidad ( $\mu=11123.2$  SSU @  $40^{\circ}\text{C}$ ) mediante tablas de pérdidas por fricción para líquidos viscosos se seleccionó para las líneas de succión y descarga tuberías de acero al carbono de diámetro 6" (Cédula 40) porque en relación a una tubería de acero de 4" genera una menor caída de presión, aproximadamente un 80.6 %, con lo cual el sistema requerirá de una menor potencia de bombeo del fluido.

Para determinar el cabezal dinámico total (TDH) se consideró que el sistema de bombeo será diseñado para que funcione con succión positiva, por lo tanto el cálculo de este parámetro resultó ser de 38.88 PSI.

Una vez determinado el TDH, el caudal de bombeo, así como la eficiencia mecánica de la bomba (28.7 %) cuyo parámetro es obtenido mediante la aplicación de un software de selección de bombas se determina que la potencia absorbida por la bomba de trasvase es 20.62 HP.

Posteriormente, con el resultado de la potencia absorbida por la bomba se calcula la potencia eléctrica del motor (eficiencia motor = 90%) que se acoplará a la bomba que resultó ser de 22.91 HP pero se seleccionará el inmediato superior a la calculada, por lo tanto será de 25 HP.

### 6.3. Despacho de aceite reciclado.

El flujo volumétrico de aceite reciclado ( $Q= 250$  G.P.M) se determinó en función del tiempo ( $t=40$  min.) que deberá bombear el sistema desde el tanque de almacenamiento de la planta hacia un camión recolector de 10000 galones.

Una vez definido el caudal de bombeo y el índice de viscosidad ( $\mu=11123.2$  SSU @  $40^{\circ}\text{C}$ ) mediante tablas de pérdidas por fricción para líquidos viscosos se seleccionó para las líneas de succión y descarga tuberías de acero al carbono de diámetro 6" (Cédula 40) porque en relación a una tubería de acero de 4" genera una menor caída de presión, aproximadamente un 80.6 %, con lo cual el sistema requerirá de una menor potencia de bombeo del fluido.

Para determinar el cabezal dinámico total (TDH) se consideró que el sistema de bombeo será diseñado para que funcione con succión positiva, por lo tanto el cálculo de este parámetro resultó ser de 23.23 PSI.

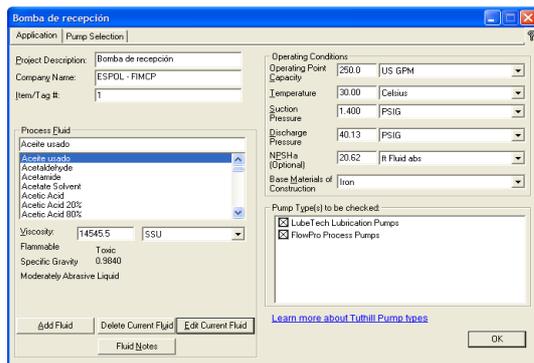
Una vez determinado el TDH, el caudal de bombeo, así como la eficiencia mecánica de la bomba (15 %) cuyo parámetro es obtenido mediante la aplicación de un software de selección de bombas se determina que la potencia absorbida por la bomba de despacho es 22.58 HP.

Posteriormente, con el resultado de la potencia absorbida por la bomba se calcula la potencia eléctrica del motor (eficiencia motor = 90%) que se acoplará a la bomba, por lo tanto el cálculo de este parámetro resultó ser de 25 HP.

## 7. Selección por software de equipos de bombeo.

Para seleccionar los equipos de bombeo de cada sistema se aplicó el software PumpXpert® del fabricante de bombas Tuthill, que permite obtener las especificaciones técnicas de bombas de desplazamiento positivo.

En la siguiente figura se muestra el entorno gráfico al ingresar los parámetros requeridos para ejecutar el software.



**Figura 1.** Entorno gráfico de parámetros requeridos por el software

A continuación se presentan las condiciones de operación (parámetros requeridos) para ejecutar el software y seleccionar los equipos de bombeo de cada sistema.

**Tabla 2.** Condiciones de operación de los sistemas de bombeo

Parámetros requeridos	Recepción	Trasvase	Despacho
Q (G.P.M):	250	261	250
T <sub>fluido</sub> (°C):	30	40	40
P <sub>succión</sub> (PSIG):	1.4	2.1	2.1
P <sub>descarga</sub> (PSIG):	40.13	38.88	23.23
NPSH <sub>disponible</sub> (ft):	20.62	33.15	15.27
Material de construcción:	Hierro	Hierro	Hierro
Viscosidad absoluta (SSU):	14546	11123.2	11123.2
Gravedad específica:	0.984	0.984	0.984
Nivel de abrasividad del fluido:	Relativo	Relativo	No abrasivo

Una vez ingresados los parámetros requeridos, el software genera los parámetros que determinan las especificaciones técnicas de los equipos de bombeo seleccionados.

En la siguiente tabla se muestra las especificaciones técnicas de los equipos de bombes seleccionados para cada uno de los tres sistemas de bombeo.

**Tabla 3.** Parámetros calculados por el software

Parámetros calculados	Recepción	Trasvase	Despacho
Marca (Bomba):	Tuthill	Tuthill	Tuthill
Modelo:	STI550	ID600DI	STI550
Tipo:	Engranés internos	Pistón	Engranés internos
Velocidad de operación (RPM):	241.2	180.7	240.5
Velocidad máxima (%):	96.50	80.3	70.41
Potencia (BHP):	24.33	19.51	20.57
Ef. Volumétrica (%):	94.21	97.60	94.49
Ef. Mecánica (%):	23.22	28.71	14.98
NPSH <sub>requerido</sub> (ft):	13.84	11.88	12.55

En la siguiente figura se observa el tipo de bomba que se implementará en los sistemas de recepción y despacho.



**Figura 2.** Bomba de engranes internos

En la siguiente figura se muestra el tipo de bomba que se implementará en el sistema de trasvase.



**Figura 3.** Bomba de pistón circunferencial

## 8. Selección del sistema de transmisión.

Para cada uno de los equipos de bombeo se decidió implementar un sistema de transmisión de potencia con accionamiento por bandas o correas cuyo mecanismo consiste en dos poleas que están unidas por una misma correa, y su objetivo es transmitir potencia del eje de la polea motriz al eje de la polea conducida. Una de las principales ventajas de este sistema de transmisión es que son adecuadas para distancias entre ejes relativamente grandes, actuando bajo condiciones adversas de trabajo (polvo, humedad, calor, etc.), también pueden actuar como fusible mecánico, debido a que presenta una carga límite de transmisión, valor que de ser superado produce el patinaje (resbalamiento) entre la correa y la polea, su costo de adquisición es relativamente bajo, son de funcionamiento silencioso y tienen una larga vida útil sin averías ni problemas de funcionamiento.

Vale indicar que para el sistema de transmisión se eligió un motor trifásico de eficiencia estándar con rotor de jaula de ardilla de 220 V, con frecuencia de 60 Hz. Este tipo de motor constituye una de las máquinas motrices más empleadas en la industria y la ventaja de estos motores está en su simplicidad, fiabilidad y economía.

A continuación se presenta las especificaciones técnicas del sistema de transmisión para cada uno de los grupos de bombeo.

**Tabla 4.** Especificaciones técnicas del sistema de transmisión

Parámetros	Recepción	Trasvase	Despacho
Diámetro polea menor (mm):	180	160	160
Diámetro polea mayor (mm):	630	630	630
Relación de transmisión:	3.64	4.89	3.67
Potencia de diseño (HP):	29.2	25.37	24.7
Potencia nominal por banda (HP):	7.86	6.68	6.68
Longitud de la correa (mm):	2932	3000	2800
Distancia real entre ejes (mm):	798.51	847.37	743.04
Número de correas:	4	4	4
Perfil de correa:	SPA	SPA	SPA

## 9. Criterios para instalación de los sistemas de bombeo.

Para instalar de forma apropiada un sistema de bombeo es importante conocer los criterios técnicos

necesarios para efectuar una correcta instalación porque de aquello depende la implementación de un programa de mantenimiento preventivo adecuado.

### 9.1. Ubicación de la bomba.

Se debe verificar el espacio de trabajo a fin de asegurar una accesibilidad adecuada para labores de mantenimiento. Las bombas deben estar lo más cerca posible de la fuente del líquido y siempre que sea posible la línea de centros de la bomba se encuentre localizada por debajo del nivel de líquido a bombear en el depósito de succión (succión positiva).

### 9.2. Cimentaciones y pernos de anclaje.

La cimentación constituye una estructura suficientemente resistente que proporciona un soporte rígido y permanente a toda el área de la placa de base para absorber cualquier esfuerzo y choques normales.

Una cimentación adecuada debe construirse de concreto sobre terreno firme y compactado.

Los pernos de anclaje sirven para fijan la estructura de la base a la cimentación y se recomienda rodearlo con mangas o camisas tubulares de tres o cuatro diámetros mayor que el diámetro del perno.

### 9.3. Alineación de poleas.

La alineación entre las poleas conductora y conducida deberá ser lo más precisa posible, una adecuada alineación evita vibraciones, daños en rodamientos, sellos mecánicos, excesivo desgaste de los canales de las poleas y prematuro desgaste de las bandas, un método sencillo es utilizar un nivel para hacer coincidir en un mismo plano las caras laterales de las dos poleas.

### 9.4. Tuberías de succión y descarga.

Los sistemas de bombeo se han diseñado de tal forma que las tuberías de succión sean lo más cortas y directas posibles.

Asimismo se optó seleccionar los codos de radio largo por ser los más adecuados para las tuberías de succión porque generan menor fricción y producen una distribución más uniforme del caudal que los codos estándar.

En el caso de la tubería de descarga deben instalarse a la salida de la bomba, una válvula de retención y una válvula de compuerta, en ese orden. La válvula de retención sirve para evitar el retorno del líquido cuando se detenga la bomba, así como también ayuda a proteger contra el incremento súbito de presión en el sistema (golpe de ariete).

En el caso de la válvula de compuerta sirve para regular el caudal y para interrumpir el flujo en caso de una reparación eventual o de alguna falla imprevista del equipo de bombeo o del motor eléctrico.

## 9.5. Juntas de expansión.

Estos elementos deben ser instalados tanto en las líneas de succión como en las líneas de descarga y cumplen con la función de absorber las deformaciones de flexibilidad que soportan las tuberías al cambiar de temperatura o ser requeridas por algún esfuerzo mecánico.

## 9.6. Filtros de succión.

Debido a que las bombas de desplazamiento positivo no manejan fluidos que contengan sólidos, los filtros evitan el paso de cuerpos extraños hacia la succión de la bomba.

En cada bomba deben instalarse dos baterías de dos filtros cada una para efectos de mantenimiento y limpieza y el área de la malla filtrante debe ser por lo menos cuatro veces el área del tubo de succión y diámetro de orificio de 3mm (Mesh 7).

## 9.7. Instrumentación.

Sirve para monitorear el funcionamiento y condiciones de operación del equipo de bombeo. En este caso se deben conectar un manómetro múltiple en la línea de succión y otro manómetro en la línea de descarga.

Para poder medir el flujo de aceite bombeado es necesario instalar un medidor de circulación o flujómetro, en este caso el sistema va a bombear fluido caliente, entonces el flujómetro debe trabajar con compensación de temperatura para que registre datos de medición confiables.

## 10. Plan de mantenimiento preventivo.

Es el conjunto de actividades que se llevan a cabo en una máquina o equipo, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia, evitando que se produzcan paradas forzadas o imprevistas.

Para elaborar el programa de mantenimiento preventivo de los sistemas de bombeo se consideró los siguientes aspectos:

**Registro de equipos.-** Es el primer paso dentro de la elaboración del programa de mantenimiento preventivo. Sirve para inventariar y recopilar información de todos los equipos que van a ser instalados e identificar su ubicación física.

**Descripción de actividades de mantenimiento.-** Es una ficha que contiene el conjunto de actividades que se deben realizar en cada equipo con la finalidad de resolver o disminuir los problemas más frecuentes que provocan la paralización intempestiva de uno o más equipos de bombeo.

**Plan estratégico.-** Sirve específicamente para atender las actividades que se deben realizar para el mantenimiento de frecuencia diaria durante un mes.

**Fichas de trabajo.-** Para cumplir con las actividades del programa de mantenimiento se debe elaborar fichas de trabajo que contemplen órdenes, materiales y repuestos, para finalmente reportar y hacer un historial de los equipos. Esto servirá para retroalimentar el programa de mantenimiento.

**Solicitud de repuestos y materiales.-** Sirve para proveer materiales y repuestos al personal de mantenimiento. Asimismo servirá para llevar un control adecuado de estos. Va acompañada de la orden de trabajo.

**Reporte semanal de mantenimiento.-** Sirve para registrar los servicios efectuados durante la semana y llevar un mejor control de los trabajos de prevención y de los costos de los materiales empleados.

**Historial del equipo.-** En esta ficha se registra la fecha, los servicios, reposiciones realizadas, los materiales usados, etc. Asimismo, servirá para controlar la operación, calidad y modificar el programa de mantenimiento.

**Manual de mantenimiento.-** Proporciona la información técnica de los proveedores y fabricantes, donde se indica el procedimiento correcto y los pasos que se deben seguir para realizar un adecuado mantenimiento de los equipos de bombeo.

**Manual para eliminar averías.-** Sirve para dar orientación al personal de mantenimiento acerca de cómo detectar y corregir averías.

**Control de repuestos y materiales.-** Esta actividad sirve para conocer: Que se debe tener en stock, cuando hacer un pedido de repuestos y como codificarlos para uso.

Con la elaboración de la ficha de repuestos y materiales se consigue un registro de los artículos que se encuentran almacenados en la bodega de repuestos. Asimismo, servirá para tener un almacén seguro y eficaz de materiales, repuestos, etc.

## 11. Conclusiones y Recomendaciones.

### 11.1. Conclusiones.

Debido a que las bombas centrífugas presentan una notable disminución de su eficiencia mecánica en el bombeo de fluidos con viscosidades mayores a 2500 SSU se descartó totalmente su implementación para el desarrollo de este trabajo.

Debido a la alta eficiencia mecánica que experimentan las bombas de desplazamiento positivo en el bombeo de fluidos de alto índice de viscosidad se considera absolutamente adecuado su implementación para el desarrollo de este trabajo.

El sistema de recepción, en condiciones normales de operación, es capaz de abastecer a un flujo de 250 G.P.M con una pérdida de 40.13 PSI en todo el sistema (succión y descarga) a una altura de descarga de 10.6 m satisfaciendo el requerimiento de lograr descargar un tanquero de 10000 galones en un tiempo máximo de 40 minutos.

El sistema de trasvase, en condiciones normales de operación, es capaz de abastecer a un flujo de 261 G.P.M con una pérdida de 38.88 PSI en todo el sistema (succión y descarga) a una altura de descarga de 10.6 m cumpliendo con el requerimiento de conseguir descargar un tanque de proceso de 10432 galones en un tiempo máximo de 40 minutos.

El sistema de despacho, en condiciones normales de operación, es capaz de abastecer a un flujo de 250 G.P.M con una pérdida de 23.23 PSI en todo el sistema (succión y descarga) cumpliendo con el requerimiento de bombear aceite reciclado a un camión tanquero de 10000 galones en un tiempo máximo de 40 minutos.

## 11.2. Recomendaciones.

En la línea de succión mantener siempre, al fluido de trabajo, niveles de temperatura adecuados (entre 40 °C y 60 °C) para evitar problemas de incremento de viscosidad y del factor de fricción, los cuales podrían causar la disminución de la eficiencia de la bomba, por tal motivo es recomendable someter al fluido a un proceso de precalentamiento antes de ser bombeado.

Debido a que las bombas de desplazamiento positivo pueden desarrollar altas presiones debido a una mala operación en el sistema, en la bomba se debe incorporar una válvula de alivio o en su defecto se debe instalar un by pass en la descarga hacia el tanque de succión.

Es importante tener el cuidado respectivo en la selección del motor para el accionamiento de la bomba ya que una potencia muy ajustada no permitirá el uso del equipo de bombeo ante una disminución de la viscosidad o aumento de presión en el sistema ocasionando sobre carga del motor deteriorando prematuramente el equipo.

## 11. Agradecimientos.

Al Ing. Fernando Anchundia por la dirección de esta tesina, al Consorcio Armas & Cabrera por brindarnos la apertura de sus instalaciones para el desarrollo de este proyecto y a todas las personas que colaboraron de una u otra forma para la realización de este trabajo.

## 12. Referencias.

- [1] Builes Santiago, Recuperación o Reciclado de Aceites Usados de Motor.
- [2] Karassik Igor J. – Krutzsch William C., Manual de Bombas: Diseño, Aplicación, Especificaciones, Operación Y Mantenimiento, Editorial CECSA.
- [3] Kenneth J. Y El Cuerpo De Redactores De Chemical, Bombas: Selección, Uso y Mantenimiento, Editorial McGraw - Hill.
- [4] Optibelt, Manual Técnico de Correas Trapeciales.

[5] Torres Leandro Daniel, Mantenimiento: Su Implementación y Gestión, Universitas, 2da Edición, Buenos Aires - Argentina, 2005.

[6] Viejo Zubicaray Manuel, Bombas: Teoría, Diseño y Aplicaciones, Editorial Limusa S.A, México D.F, 2000.

[7] [www.optibelt.com](http://www.optibelt.com)

[8] [www.tuthill.com](http://www.tuthill.com)