

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL
CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, INFORMÁTICA Y
MECÁNICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



INFORME TÉCNICO

**CÁLCULO, SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPOS PARA
DESCARGA DE EMULSIÓN MATRIZ A RAZON DE 250KG/MIN CON
BOMBONAS DE 30TN EN LA MINERA CONSTANCIA**

PRESENTADO POR:

Bach. Alex Anaya Mendoza

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO MECÁNICO
EN LA MODALIDAD POR SERVICIOS A
NIVEL PROFESIONAL**

CONSEJERO:

Mgt. Paola Ly Triveño Ramos

**CUSCO – PERÚ
2024**

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada:.....

«CÁLCULO, SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPOS PARA
DESCARGA DE EMULSIÓN NATALZ A RAZÓN DE 250 KG/MIN CON
BOMBONAS DE 30TN EN LA MINERA CONSTANCIA»

presentado por: ALEX ANAYA MENDOZA con DNI Nro.: 43977533 presentado

por: con DNI Nro.: para optar el
título profesional/grado académico de

INGENIERO MECÁNICO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el
Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la
UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o
título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 02 de AGOSTO de 2024

Firma

Post firma PAOLA LY TRIVIÑO RAMOS

Nro. de DNI 41915368

ORCID del Asesor <https://orcid.org/0000-0002-3693-9293>

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:371223153

NOMBRE DEL TRABAJO

INFORME TÉCNICO ALEX (1).pdf

AUTOR

ALEX ANAYA MENDOZA

RECUENTO DE PALABRAS

16512 Words

RECUENTO DE CARACTERES

93786 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

128 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.9MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 2, 2024 7:06 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

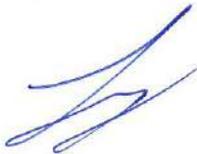
Aug 2, 2024 7:07 AM GMT-5**● 10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)



ÍNDICE

I.PRESENTACIÓN.....	1
II.RESUMEN	2
III.GENERALIDADES Y ASPECTOS REFERENCIALES	3
A.PRESENTACIÓN Y RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA.....	3
B.ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA (EXPERIENCIA, DIPLOMADOS, EVIDENCIAS DE TRABAJOS REALIZADOS)	4
C.UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA EMPRESA.	15
D.CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO	16
IV.INFORME TÉCNICO	16
1.INTRODUCCIÓN	16
1.1.ANTECEDENTES DEL PROYECTO	18
1.2.ÁMBITO GEOGRÁFICO.....	19
2.ESTUDIO DE LA NECESIDAD DEL PROYECTO.....	21
3.FORMULACIÓN DE LA NECESIDAD DE IMPLEMENTACIÓN	21
4.NECESIDAD PRINCIPAL.....	21
5.OBJETIVOS DEL INFORME.....	21
5.1.OBJETIVO GENERAL	21
5.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
6.ALCANCES Y LIMITACIONES	22
6.1.ALCANCES	22
6.2.LIMITACIONES.....	23
7.MEMORIA DESCRIPTIVA Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	23
7.1.NORMAS, ESTÁNDARES Y DOCUMENTOS REFERENCIALES.....	23
7.2.MATERIALES.....	24
8.CARACTERÍSTICAS.	24
9.VARIABLES.	25
9.1.VARIABLES INDEPENDIENTES.....	25

9.2.VARIABLES DEPENDIENTES.	25
10.CÁLCULO.....	25
10.1.CONSIDERACIONES DEL DISEÑO	25
10.2.PARÁMETROS DE DISEÑO.	27
10.3.CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	27
10.4.SELECCIÓN DE LA BOMBA DE IMPULSION.....	35
10.5.CÁLCULO DEL SISTEMA HIDRAULICO PARA EL ACCIONAMIENTO DEL MOTOR HIDRÁULICO.	38
10.6.SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS HIDRÁULICOS.	42
10.7.MONTAJE DE EQUIPOS	56
11.EVALUACIÓN ECONÓMICA.	68
11.1.COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	71
11.2.PLANES Y PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO	75
12.CONCLUSIONES.	77
13. BIBLIOGRAFÍA.....	78
14. RECOMENDACIONES	79
15. ANEXO	80
15.1.MARCO TEÓRICO	80
15.2.Sistema de descarga de emulsión.	86
15.3. TEORÍA DE CÁLCULO HIDRÁULICO EN ESTADO ESTACIONARIO....	94
15.4. Ficha técnica de emulsión matriz	107
15.5. Ficha de desarme de bomba de emulsión	108
15.6. Ficha técnica de la bomba hidráulica	109
15.6. Diagrama general, diagrama hidráulico, orden de compras, check list, planes de mantenimiento, Datos de semirremolque, ficha tecnica de remolcador.....	1091

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Organigrama gerencial y jefatura de la Empresa de Transportes Libertad S.A.C</i> ...	4
Figura 2	<i>Organigrama de equipo de mantenimiento</i>	5
Figura 3	<i>Mantenimientos de cisternas y remolcadores en el año 2023</i>	9
Figura 4	<i>Indicadores de mantenimiento del año 2023</i>	10
Figura 5	<i>Problemas de los turbocompresores</i>	12
Figura 6	<i>Control electrónico de operación por escáner en el año 2023</i>	12
Figura 7	<i>Ubicación geográfica de la empresa transportes libertad SAC 2023</i>	15
Figura 8	<i>Diagrama de Gantt de los procesos de actividades en MS Project</i>	16
Figura 9	<i>Instalaciones de la Minera Constancia</i>	19
Figura 10	<i>GPS Tracklog – imagen 2023</i>	20
Figura 11	<i>GPS Tracklog – imagen 2023</i>	20
Figura 12	<i>Sistema de bombeo hacia los silos</i>	26
Figura 13	<i>Diagrama general de sistema de bombeo</i>	26
Figura 14	<i>Diagrama de bombeo de emulsión</i>	30
Figura 15	<i>Diagrama de válvulas tipo mariposa</i>	33
Figura 16	<i>Bomba Bowie</i>	36
Figura 17	<i>Bomba Bowie XP3400</i>	38
Figura 18	<i>Caja de transmisión y toma fuerza</i>	39
Figura 19	<i>Curva de motor Freightliner SD114/450HP</i>	40
Figura 20	<i>Toma fuerza (PTO) serie 2000 Hydrocar</i>	42
Figura 21	<i>Ficha técnica de bombas serie 40 kozmaksan</i>	43
Figura 22	<i>Ficha técnica de motores hidráulicos Eaton serie 2000</i>	44
Figura 23	<i>Ficha técnica de tanque hidráulico Bezares</i>	46
Figura 24	<i>Ficha técnica prince CATV 67-07-13-02</i>	47
Figura 25	<i>Ficha técnica Prince CATV 61-07-13-02</i>	48
Figura 26	<i>Mangueras hidráulicas Muncie power</i>	49
Figura 27	<i>Mangueras hidráulicas Muncie power</i>	50
Figura 28	<i>Ficha técnica de bombas kozmaksan</i>	51
Figura 29	<i>Ficha técnica Prince</i>	52
Figura 30	<i>Características de motor Eaton serie 2000</i>	52
Figura 31	<i>Rendimiento de filtros hidráulicos Pall Ultipleat</i>	53
Figura 32	<i>Diagrama de sistema hidráulico PTO</i>	56
Figura 33	<i>Diagrama de sistema hidráulico general</i>	57
Figura 34	<i>Desmontaje tapa de PTO</i>	58
Figura 35	<i>Empaque de tapa de PTO</i>	58
Figura 36	<i>Acople de toma de fuerza-holguras</i>	59
Figura 37	<i>Instalación de toma de fuerza</i>	59
Figura 38	<i>Montaje de bomba hidráulica</i>	60

Figura 39	Sentido de flujo de bomba hidráulica	60
Figura 40	Instalación de bomba hidráulica	61
Figura 41	Instalación de tanque hidráulico	61
Figura 42	Kit de filtros de tanque hidráulico.....	62
Figura 43	Sistema de tanque hidráulico.....	62
Figura 44	Válvula reguladora de caudal	63
Figura 45	Diagrama de instalación válvula reguladora de caudal	63
Figura 46	Diagrama de conexiones de mangueras hidráulicas	64
Figura 47	Diagrama de conexiones de interruptor neumático PTO	65
Figura 48	Imagen de instalación sistema descarga emulsión.....	65
Figura 49	Imagen de instalación sistema descarga emulsión.....	66
Figura 50	Imagen de instalación sistema descarga emulsión.....	67
Figura 51	Imagen de bomba hidráulica de engranajes	80
Figura 52	Símbolo de bomba hidráulica doble sentido	81
Figura 53	Diagrama de motor hidráulico	82
Figura 54	Simbología de bomba hidráulica reversible	82
Figura 55	Imagen de motor hidráulico tipo Gerotor	83
Figura 56	Gráfica de tanque hidráulico.....	84
Figura 57	Gráfica de válvula reguladora de flujo	85
Figura 58	Estructura interna emulsión Matriz	86
Figura 59	Microfotografía de una emulsión.....	87
Figura 60	Composición de la emulsión matriz	87
Figura 61	Gráfica de rendimiento bombas de fluidos	88
Figura 62	Gráfica de bombas de engranajes.....	89
Figura 63	Gráfica de desalineamientos en acoples	90
Figura 64	Acoplamiento flexible tipo mandíbula L100.....	91
Figura 65	Disco de ruptura 100psi	93
Figura 66	Grafica ecuación Bernoulli	94
Figura 67	Diagrama de sistema de impulsión de fluidos.....	96
Figura 68	Gráfica flujo laminar.....	98
Figura 69	Gráfica flujo laminar.....	99
Figura 70	Gráfica flujo turbulento.....	99
Figura 71	Gráfica de flujo según REYNOLDS.....	100
Figura 72	Coeficiente de pérdidas para diferentes condiciones de entrada del fluido ...	101
Figura 73	Coeficiente de pérdidas bajo condiciones de salida del fluido	102
Figura 74	Coeficiente promedio de pérdida (K) para válvulas parcialmente abiertas, compuerta, disco con eje horizontal o mariposa y globo	104
Figura 75	Gráfica de curva de Angulo apertura válvulas mariposa	105
Figura 76	Gráfica de potencia de fluidos	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla.1 <i>Cálculos de sistemas de bombeo de fluidos por ductos</i>	28
Tabla.2 <i>Datos físicos y químicos del producto (emulsión matriz)</i>	28
Tabla.3 <i>Condiciones del ducto</i>	29
Tabla.4 <i>Condiciones ambientales</i>	29
Tabla.5 <i>Tabla de datos de la bomba Bowie-bomba de emulsión.</i>	35
Tabla.6 <i>Especificación de la bomba Bowie XP3400</i>	37
Tabla.7 <i>Características de la operación de la bomba Bowie XP3400</i>	37
Tabla.8 <i>Tabla de datos del motor hidráulico</i>	38
Tabla.9 <i>Datos y características del sistema hidráulico de accionamiento</i>	51
Tabla.10 <i>Escala de contaminación ISO 4406</i>	54
Tabla.11 <i>Tabla de viscosidades según norma DIN51519</i>	55
Tabla.12 <i>Criterios de evaluación por criticidad</i>	69
Tabla.13 <i>Tabla de Costos de equipos y accesorios</i>	70
Tabla.14 <i>Costos de instalación de sistema de descarga de emulsión matriz</i>	71
Tabla.15 <i>Costos técnicos</i>	71
Tabla.16 <i>Costos de actividades de instalación de sistemas hidráulicos</i>	72
Tabla.17 <i>Costos de actividades de instalación de sistemas hidráulicos de descarga</i>	73
Tabla.18 <i>Costos de actividades de pérdida (K) para aditamentos de tuberías</i>	103
Tabla.19 <i>Costos de actividades de pérdida (K) para aditamentos en tuberías de diferente diámetro</i>	104

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Acople mecánico:** Es un elemento mecánico que une diferentes ejes o prolongan la línea de transmisión de un eje cuya finalidad es transmitir energía.
- **Bomba hidráulica:** Es una máquina generadora que trabaja con un fluido en la que se produce una transformación de energía mecánica en hidráulica.
- **Cisterna:** Es un depósito de almacenamiento de agua o cualquier otra sustancia, usualmente se usa para recoger y guardar agua.
- **Codo de tubería:** Es un accesorio que se instala entre las dos longitudes de un tubo para permitir un cambio de dirección.
- **Densidad:** Es la relación que existe entre la masa de una sustancia o de un cuerpo y su volumen.
- **Ducto:** Es un conducto o tubería que se utiliza para transportar fluidos.
- **Emulsión:** Es la unión más o menos homogénea de dos líquidos que normalmente no pueden mezclarse.
- **Filtro hidráulico:** Es un dispositivo utilizado para eliminar partículas sólidas y contaminantes del fluido hidráulico en sistemas hidráulicos.
- **Manómetro de presión:** Un manómetro de presión es un instrumento de medición especialmente diseñado para la medición de presión ya sea de gases o líquidos.
- **Motor hidráulico:** Es un actuador mecánico que convierten una corriente o flujo hidráulico en una fuerza de torsión, con desplazamiento angular (rotación).
- **Presión hidráulica:** Es un procedimiento que permite multiplicar la fuerza ejercida mediante la presión de fluidos a través de dos pistones.
- **Remolcador:** Es una unidad tractora que sirve para arrastrar semirremolques mediante una quinta rueda.
- **Semirremolque bombona:** Se define como un medio de transporte remolcado el cual se utiliza para la distribución de materiales de diversa naturaleza.
- **Silo:** Es una instalación de almacenamiento de material.
- **Tanque hidráulico:** Es un depósito que sirve para almacenar el fluido de un sistema hidráulico, permitiendo que se asienten partículas grandes y escape el aire.

- **Toma de fuerza (PTO):** Es un dispositivo (un mecanismo) generalmente asentado en la carcasa del volante, que transfiere potencia de la línea motriz (motor) a una aplicación secundaria.
- **Válvula mariposa:** Es un dispositivo para interrumpir o regular el flujo de un fluido en un conducto, aumentando o reduciendo la sección de paso mediante una placa denominada “mariposa”, que gira sobre un eje.
- **Válvula reguladora:** Es una válvula usada para controlar el flujo de un fluido.
- **Viscosidad:** Es una propiedad de los fluidos que explica la relación entre la fuerza aplicada para moverlos y la velocidad con que se mueven.
- **Gerotor:** Un gerotor es una bomba de desplazamiento positivo.
- **MTBF:** Medida de tiempo medio entre fallas
- **MTTR:** Medida de tiempo medio para reparar

TÍTULO:

**CÁLCULO, SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN
DE EQUIPOS PARA DESCARGA DE EMULSIÓN
MATRIZ A RAZÓN DE 250KG/MIN CON
BOMBONAS DE 30TN EN LA MINERA
CONSTANCIA**

“El diseño no es solo cómo se ve y se siente. El diseño es cómo funciona”.
Autor: Steve Jobs

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mis papás Alejo y a mi madre Gloria que en paz descanse, quienes me ayudaron y enseñaron en todo este camino de la vida.

A mi esposa Julia y todas las personas que me apoyaron en mi etapa estudiantil y profesional.

Alex

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por su protección y por darme sabiduría para conseguir mis objetivos.

A mi consejera la Ing. Mgt. Paola Ly Triveños Ramos, por el apoyo y consejería brindada para concluir el presente informe.

A la Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco, a todos los docentes y parte administrativa, que siempre me brindaron sus enseñanzas y apoyo incondicional para alcanzar este objetivo.

A la Empresa Transportes Libertad SAC, que fue parte fundamental para mi desarrollo y crecimiento profesional y elaboración del presente informe.

A todas aquellas personas que ayudaron a la realización de este informe.

I. PRESENTACIÓN

El presente documento tiene por finalidad la elaboración y presentación del informe técnico de “ **Calculo, Selección e Implementación de Equipos para descarga de emulsión matriz a razón de 250kg/min con bombonas de 30tn en la Minera Constancia**” ejecutado en el Distrito de Cerro Colorado Provincia y Departamento de Arequipa, que resume en parte de mis servicios de labor profesional en la empresa Transportes Libertad SAC, en mérito del dictamen de la comisión permanente de evaluación de expedientes, en la modalidad de servicios profesional de la carrera Profesional de Ingeniería Mecánica en la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Para ser anexado el expediente PLADDES Nro. 612489 presentado para optar al título profesional de Ingeniero Mecánico, inicialmente aceptado por resolución N° D-2172-2024-FIEEIM-UNSAAC. Poniendo a vuestra consideración suya y esperando que cumpla los requisitos de aprobación para los fines descritos.

II. RESUMEN

El presente Informe Técnico en la modalidad de Servicios a Nivel Profesional refiere al cálculo, selección e implementación de equipos para descarga de emulsión matriz a razón de 250kg/min con bombonas de 30tn en la Minera Constancia; donde se ha implementado en el distrito Cerro Colorado, en la provincia y departamento de Arequipa, dicha implementación duro un tiempo de 1 mes de actividades hasta la puesta en operación.

Este proyecto se inicia debido a la necesidad de cubrir nuevos servicios de transporte de materiales peligrosos como son explosivos en la empresa Transportes Libertad SAC, de allí surge el requerimiento al área de mantenimiento de poder implementar remolcadores y semirremolques que tengan la característica de transportar la emulsión matriz y que tengan su propio sistema de descarga de las unidades requeridas por el cliente ENAEX, fabricante del producto a transportar.

Debido a la necesidad de forma inmediata se adquirió con una compra los 5 semirremolques que tienen la forma de bombonas, para este tipo de transporte y los remolcadores que ya se tenía en la operación con otros tipos de transporte.

El informe trata de todo el proceso de cálculo, selección e implementación de los componentes que deben instalarse en las bombonas para que puedan ejecutar el proceso de descarga a los silos de almacenaje que tiene la Minera Constancia con los parámetros requeridos por el cliente. Así como los costos generales incurridos en esta implementación del trabajo.

Actualmente el proyecto ya ha sido concluido, mi participación se centró en entregar los remolcadores y bombonas ya implementadas con los equipos de descarga y se encuentran operando en el transporte desde la planta Cachimayo-Cusco hasta la Minera Constancia.

Palabras Claves: Silo, Bomba hidráulica, Toma de fuerza, Presión hidráulica.

III. GENERALIDADES Y ASPECTOS REFERENCIALES

A. PRESENTACIÓN Y RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA.

La empresa Transportes Libertad SAC, es una Empresa Peruana y Cusqueña que se creó hace más de 25 años con el fin de consolidarse una empresa de transporte líder en el sur del País. Con bases operativas en Arequipa, Cusco y Lima, actualmente según el estudio de mercado se encuentra en la quinta posición en el sur del país.

Sus inicios datan desde el año 2000 donde se constituye como transportista de carga pesada hacia la minera Las bambas, llevando materiales e insumos para la construcción.

La amplia experiencia en el transporte variado a diferentes mineras le ha posicionado con grandes clientes, por el profesionalismo y constante renovación de la flota, hace que Transportes Libertad SAC pueda garantizar la entrega logística a sus clientes con el más alto nivel de seguridad, calidad y tiempo adecuado de entrega, respetando y cuidando el medio ambiente, además generando oportunidades de desarrollo para todas las áreas que tienen como aliados.

Actualmente tiene la línea de negocios en los servicios de transportes de MATPEL, IQBF, hidrocarburos, concentrado y carga sobredimensionada.

La empresa cuenta con certificaciones internacionales como son: ISO9001:2015, ISO 14001:2015, ISO39001:2012, ISO45001:2018.

Transportes Libertad, actualmente tiene convenios con diferentes empresas para el transporte de productos según las necesidades, en las cuales son: Hudbay, Antapacay, Las Bambas, Anglo American, Marcobre, Buenaventura, Volcan, Antamina, Southern Copper, Cuajone, Cerro verde. Además, la experiencia con clientes como: Yura, Ransa, Industrias Cachimayo, ENAEX, MEPSA, REPSOL, MOLYCOP, RENASA, QUIMTIA, CYTEC, Petroperu, Siderperu, Gloria, Panasa, Piramide, Copeinca, Backus, Inkabor.

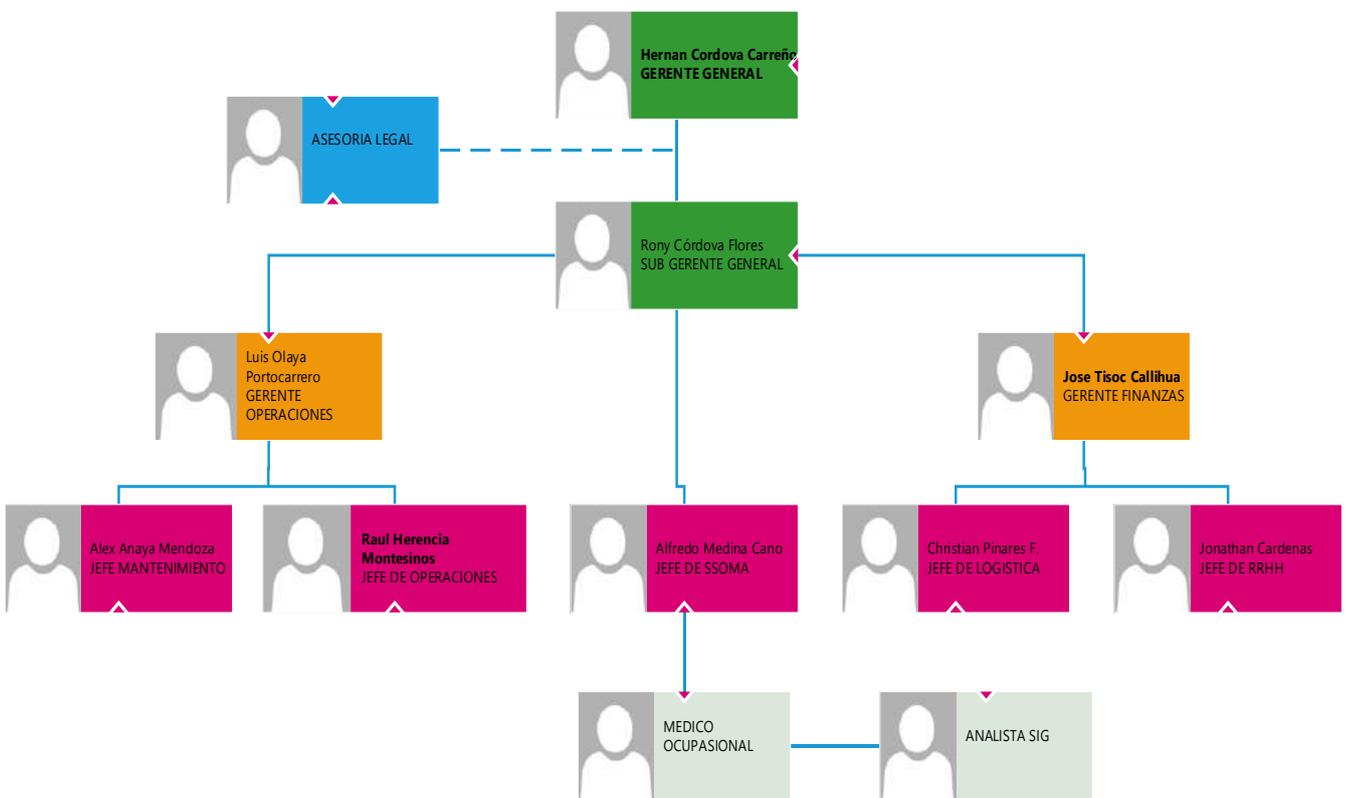
B. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA.

La empresa está organizada con la siguiente estructura que da soporte en todas las operaciones que se transporta desde los clientes hasta las unidades mineras. En la cual yo conformaba el organigrama como jefatura de mantenimiento.

- **Organigrama gerencial y jefatura.**

Figura 1

Organigrama gerencial y jefatura de la Empresa de Transportes Libertad S.A.C

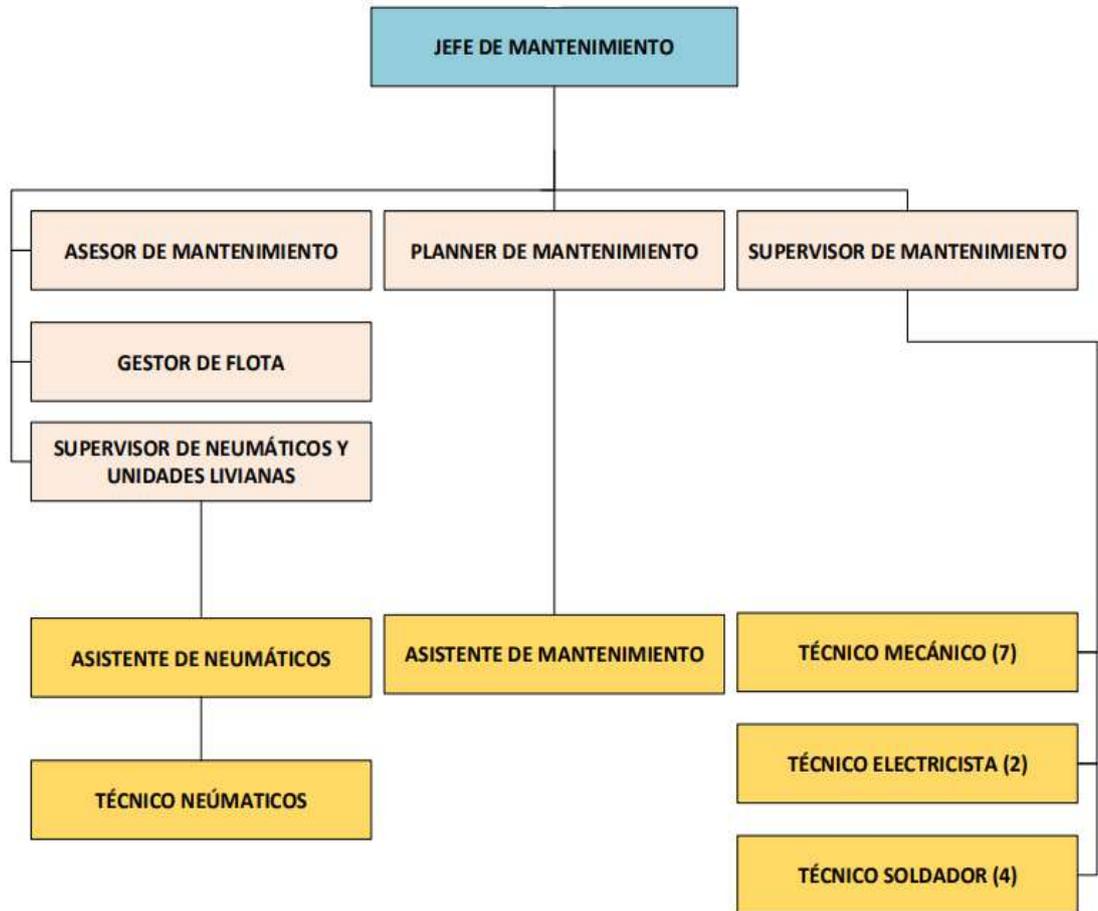


Fuente: Elaboración propia

- **ORGANIGRAMA DE EQUIPO DE EQUIPO DE MANTENIMIENTO.**

Figura 2

Organigrama de equipo de mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia

- **LABORES EJECUTADAS EN TRANSPORTES LIBERTAD SAC**

La experiencia que tuve en la empresa fue por dos años y 4 meses con el puesto de jefe de mantenimiento desde marzo 2022 hasta junio del 2024 en las cuales mis funciones principales fueron la siguiente:

1. Gestión de mantenimiento y administración de 115 unidades para el transporte de materiales peligrosos y mercancía en general.

2. Responsable del área de mantenimiento para las certificaciones y homologaciones a distintos clientes mineros e industriales.
3. Responsable en mantenimiento de la planificación y ejecución de proyectos nuevos.
4. Responsable de la administración e implementación de talleres que están destinadas en diferentes ciudades.
5. Responsable de la elaboración de los procesos documentarios para el control de las actividades y procedimientos.
6. Gestión y planificación de repuestos e insumos según la necesidad y planificación de consumos mensuales.
7. Responsable de la gestión de combustible y neumáticos.

Asumí el puesto de **jefe de mantenimiento**, con una supervisión directa de la gerencia de operaciones a cargo del **Ing. Luis Olaya (Ing. Mecánico de fluidos)**, quien fue mi jefatura directa en dicha empresa.

Con la experiencia adquirida en anteriores empresas, tuve la oportunidad de aportar mis conocimientos en Transportes Libertad SAC para una mejor gestión de mantenimiento. Además, la experiencia adquirida en las especialidades de: administración documentaria, gestión taller, costos y presupuestos de mantenimiento, gestión logística para mantenimiento y gestor de diseño de nuevos proyectos, fue determinante en la elaboración de este presente informe.

Los logros obtenidos en la empresa mencionada son los siguientes:

- ✓ Primer puesto en la operación de transporte hidrocarburos para el cliente REPSOL, en las áreas de operaciones y mantenimiento.
- ✓ Mejoras en el proceso de descarga de semirremolques(bombonas) de Cal, como antecedente de un tiempo de 2:45 horas a 1:45horas, implementando

sistema de vibración para acelerar el proceso de descarga.

- ✓ Costos de mantenimiento reducidos de hasta el 20% con respecto a años anteriores.
- ✓ Taller de mantenimiento con procesos implementados de las 5's
- ✓ Implementación de equipos de descarga de emulsión matriz para la descarga con un tiempo de reducción de 30 minutos en comparación de las demás empresas que transportan este mismo producto.
- ✓ Obtención de proceso de homologación de las normas ISO y clientes.
- ✓ Elaboración de planes de mantenimiento predictivo.

• **EXPERIENCIA LABORAL**

1. Empresa: TRANSPORTES LIBERTAD SAC.

Descripción: Jefe de mantenimiento de flotas de transporte pesado para diferentes centros mineros e industriales (115 unidades)

Tiempo: 2 años y 4 meses.

Periodo: Febrero 2022 – 2024.

2. Empresa: SERVOSA CARGO SAC.

Descripción: Jefe de taller de flotas de transporte de concentrado de cobre de la minera Las Bambas (120 unidades).

Tiempo: 7 meses.

Periodo: Junio 2021 – enero 2022.

3. Empresa: TRANSALTISA SA.

Descripción: Supervisión de mantenimiento de flotas de transporte de concentrado de cobre de la minera las Bambas (290 unidades).

Tiempo: 2 años y 11 meses.

Periodo: Junio 2018- mayo 2021

4. Empresa: TRANSPORTES 77 SA. Empresa subsidiada de AB INBEV

Descripción: Supervisor de mantenimiento de flota

Tiempo: 2 años y 9 meses.

Periodo: Enero 2015 al octubre 2017

5. Empresa: R&J Interoceánica SAC

Descripción: Jefe de mantenimiento de flotas de transporte pesado para diferentes centros mineros e industriales (120 unidades)

Tiempo: 4 años.

Periodo: febrero 2011 al diciembre 2014

- **DIPLOMADOS DE CAPACITACION CONTINUA**

1. DIPLOMADO (programa de alta especialización profesional) PAEP - TECSUP
Gestión del Mantenimiento de Flotas de Equipo Pesado
220 horas (junio 2020 a enero 2021)
2. DIPLOMADO (CEFOTRANS)
Administración de flota vehicular
140 horas (noviembre 2023- abril 2024)
3. DIPLOMADO (QUIMPETROL PERU ACADEMY)
programa especialización profesional Gestión de hidrocarburos
380 horas (2021)

- **EVIDENCIAS DE TRABAJOS REALIZADOS**

1. **Tema N.º 01: Implementación y mejora de la gestión de mantenimiento de flotas para transporte de combustible a la Mina Las Bambas.**

El diseño de un plan de mantenimiento y la elección del sistema adecuado para la empresa pasa por distintos factores, entre los que destacan el costo de implementación y la capacitación al personal para la ejecución de dicho plan sea efectiva y eficiente.

Teniendo en consideración que todo tipo de equipos está destinado a sufrir desgastes progresivos a lo largo de su vida útil. El control oportuno de estos desgastes permitirá en aprovechamiento máximo en sus funciones para lo cual fue diseñado; caso contrario estos elementos producirán una pérdida en la eficiencia y eficacia de los equipos.

En esta parte se detalla que el plan de mantenimiento actual no contempla ni abarca en su totalidad aspectos de control de los procedimientos de mantenimiento por equipos y sistemas, teniendo una deficiencia en

disponibilidad de unidades, retrasos de tiempos de entrega de unidades y fallas excesivas en ruta.

Otro de los aspectos que se ha detectado es que los planes de mantenimiento de las cisternas son muy limitadas, sin tomar en cuenta en sus componentes críticos que deberían tener un tema de control y seguimiento según un plan de mantenimiento dirigido y detallado para este tipo de transporte de combustible.

Mediante este resumen se describe que se hizo una mejora en los procedimientos, planes, cartillas, instructivos y formatos de control, que se refleja en las mejoras de los indicadores de mantenimiento y reducción de los costos de hasta 15%.

Además, se hizo una mejora en los procesos de registros y análisis de fallas según reportes de la operación, para canalizar y hacer un tratamiento adecuado aplicando técnicas preventivas y predictivas, donde el impacto fue la reducción de la tasa de fallas y el crecimiento de la confiabilidad operacional.

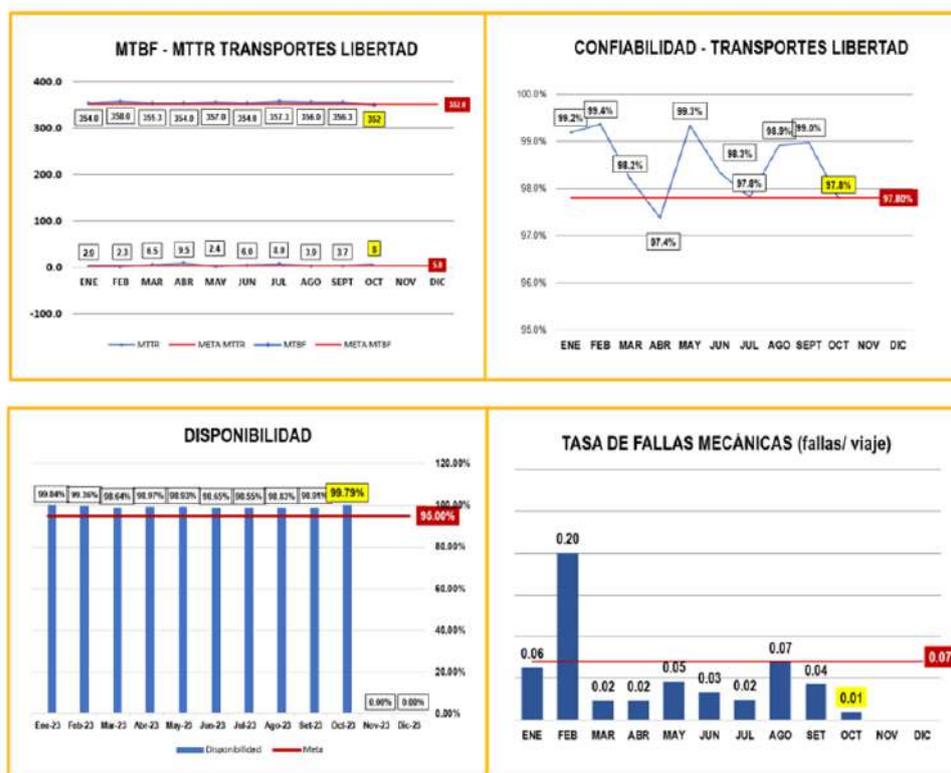
Figura 3

Mantenimientos de cisternas y remolcadores en el año 2023



Figura 4

Indicadores de mantenimiento del año 2023



Fuente: Elaboración propia

Detalles de las mejoras del proyecto.

- Analizando e implementando llegaremos a una gestión más adecuada a la operación, ya que habrá reducción de fallas imprevistas y reducción de costos.
- Los mantenimientos se llevarán de una manera planificada y a tiempo con las programaciones establecidas y no afectar la productividad.
- Además de que la ejecución e inspección sea más adecuada, tiempo corto, efectividad en el proceso, programaciones más exactas y con tiempos ya establecidos.
- Otros de los casos son de poder medir las efectividades de los tiempos de trabajo en taller para aprovechar lo máximo posible en la disponibilidad.

- Dentro del análisis del estado de los equipos se encontró componentes críticos con fallas y que no había un control al detalle por estos sistemas.
- Todas las acciones de cambio están basadas en normas internacionales en la cual se hicieron modificaciones y ajustes a dichos planes.
- Para la reducción de fallas y el aumento de la confiabilidad se aplicaron técnicas de mantenimiento preventivo y predictivo, sin que haya alteraciones como diseño de fábrica.
- Los tiempos de entrega fueron reducidos al máximo, teniendo en cuenta con los mismos recursos, aplicando los procedimientos modificados.
- Los costos de mantenimiento han sido reducidos hasta un 15% debido a que los planes han sido efectivos, alcanzando con un nivel de supervisión más a detalle y las correcciones fueron antes de las fallas ya que estuvieron establecidos los cambios en los programas de mantenimiento.

2. Tema N° 02: Estudio y confiabilidad de turbo compresores de motores ISX 450.

Se hizo un análisis de falla de los turbocompresores debido a que no llegan a su tiempo de vida útil, han empezado a fallar prematuramente y en gran mayoría de la misma flota y del mismo año como es los tractos freightliner C1120 con motor ISX, ante este evento era necesario analizar las causas probables para dar un plan de acción inmediata, ya que este componente involucra altos costos de mantenimiento y paradas inesperadas de la flota.

Se direcciona a los operadores por el tema de conducción y al personal técnico sobre los procedimientos de mantenimiento adecuado para este tipo de componentes.

Se utiliza equipos de diagnóstico para mejorar el control operacional y funcionamiento normal del componente, así de esta manera llegar a controlar y aumentar el tiempo de vida útil del componente.

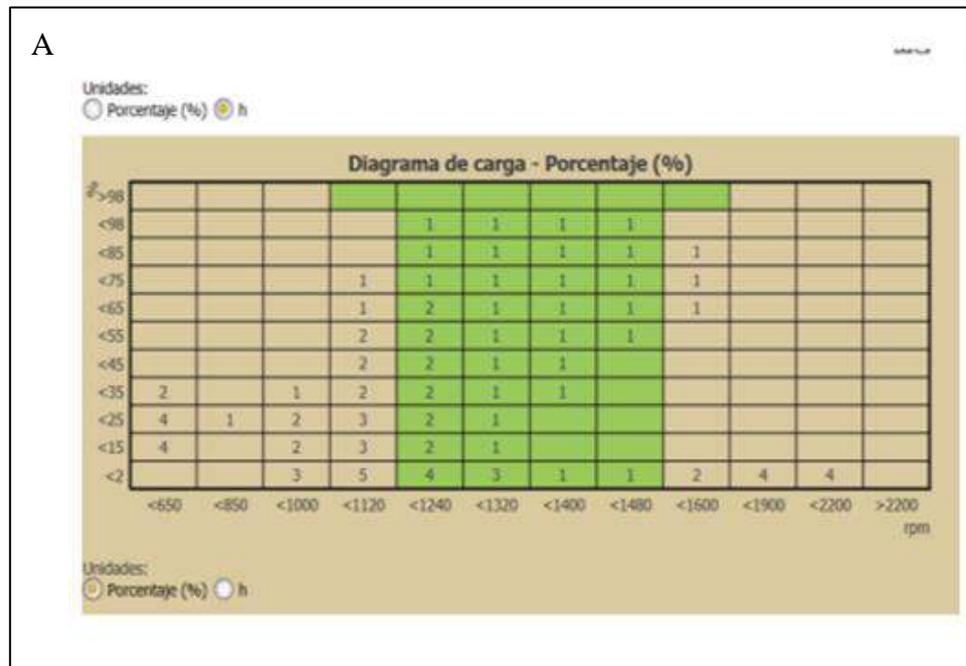
Figura 5

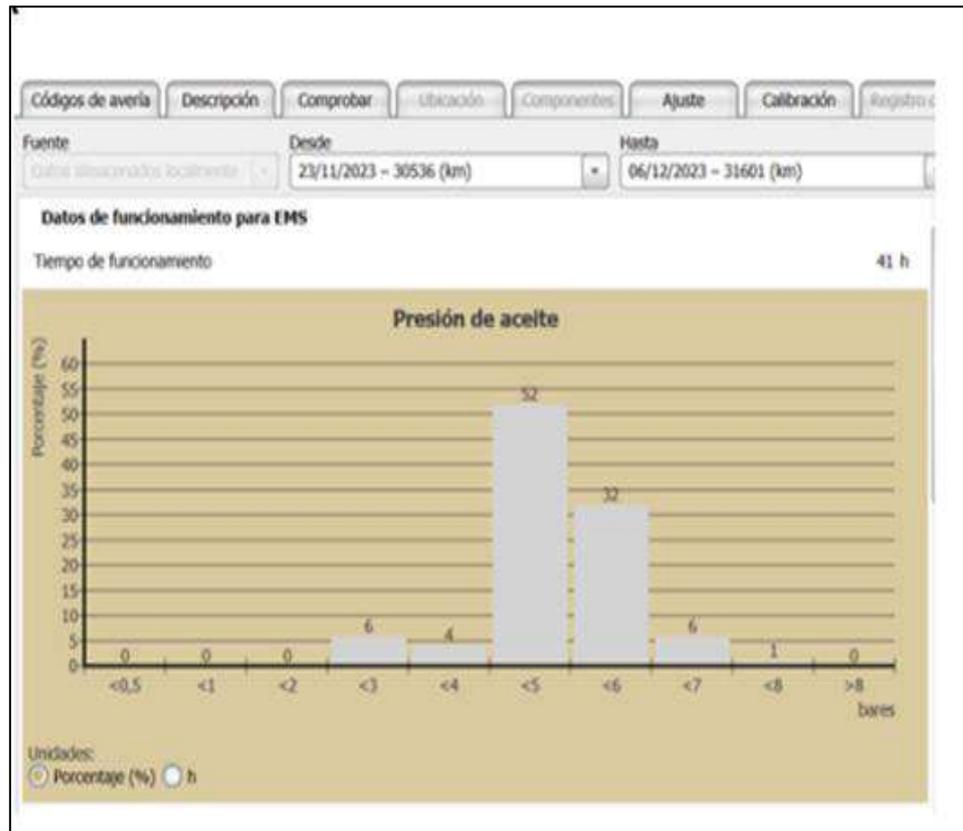
Problemas de los turbocompresores



Figura 6

Control electrónico de operación por escáner en el año 2023





Fuente: Elaboración propia

Detalles de las mejoras del proyecto.

- Se ha ejecutado un análisis de estudio sobre la funcionalidad del turbocompresor según los estándares del fabricante, además que pueda rendir al máximo para lo cual ha sido diseñado.
- Se encontró las fallas más recurrentes que están direccionadas a la operación del vehículo y técnicas de procedimiento de mantenimiento. Que afectan directamente al desgaste prematuro del componente.
- Las principales fallas son por temas de lubricación inadecuada, mala operación por sobre revolución y contaminación externa e interna.
- Se implementó las capacitaciones a los operadores en técnicas de manejo seguro y cuidado de máquina, además la capacitación sobre los procesos de inspección por mantenimiento.

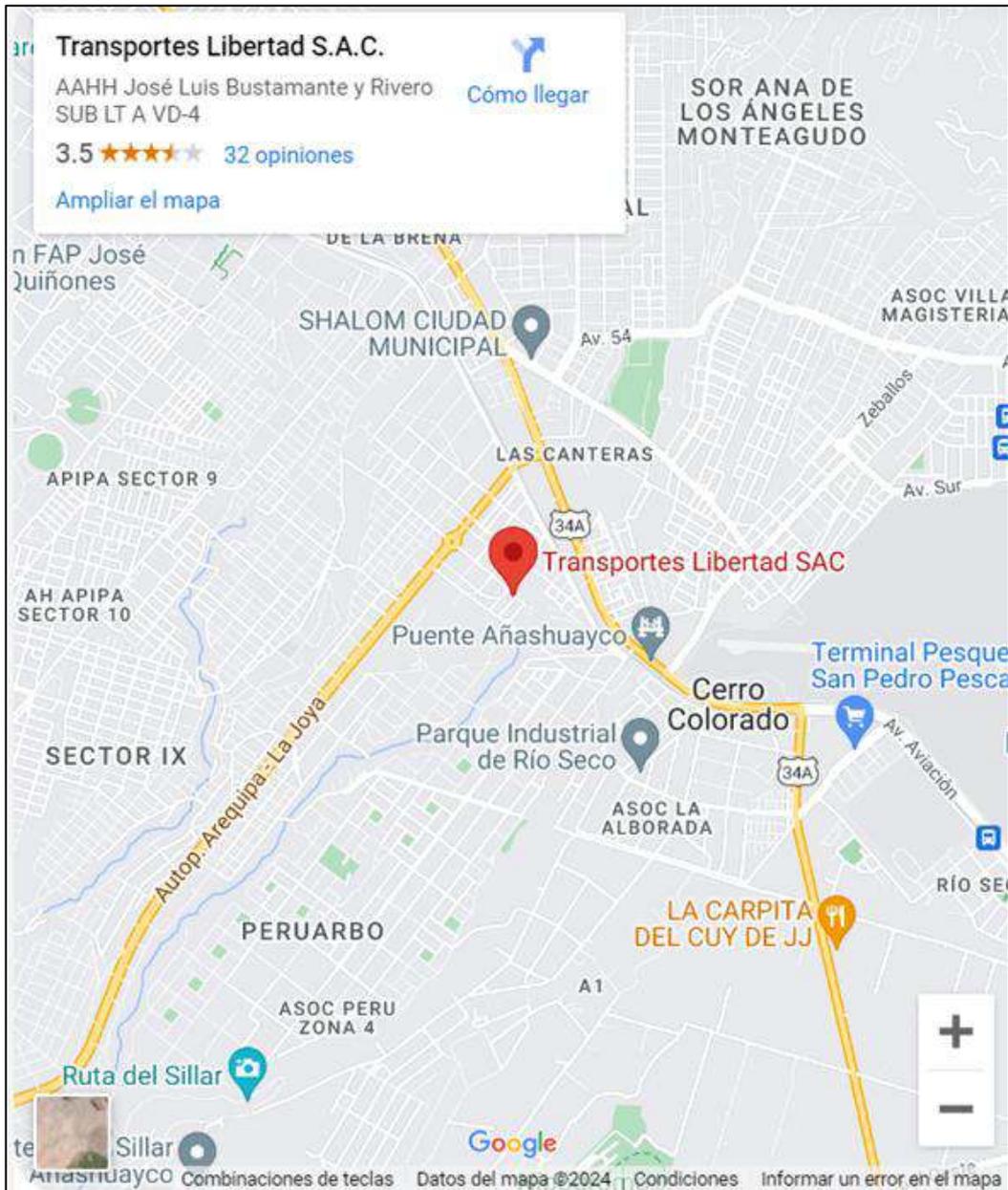
- Además, se ha incluido en los planes de mantenimiento actividades de inspección de contaminación, pruebas de diagnóstico de operación y funcionamiento del componente.
- Llevando el control y ejecución de los planes se han mejorado los tiempos de vida útil de los turbocompresores, con el cual se bajó los índices de fallas por esta causa y bajar el costo de mantenimiento por auxilios mecánicos, repuestos, y tiempo
- Las mejoras en los indicadores de mantenimiento por tener un MTBF bajo y un MTTR alto y una tasa de fallas de este componente alto.

C. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA EMPRESA.

La empresa Transportes Libertad SAC. opera a nivel nacional principalmente en la zona sur donde se encuentran sus principales clientes, teniendo como base central y taller a la Oficina Principal que queda ubicada en AA.HH. José Luis Bustamante y Rivero SUB-LT A VD-4. La razón social es con la dirección fiscal en Urb. San Francisco K12- Wánchaq Cusco.

Figura 7

Ubicación geográfica de la empresa transportes libertad SAC 2023



Fuente: Google Map, 2024

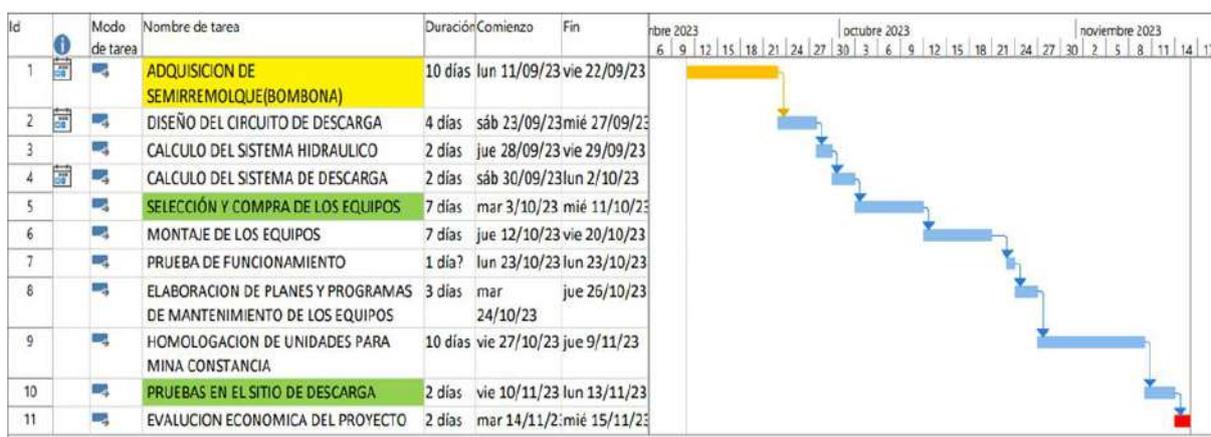
D. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO

A continuación, se demuestra el cronograma para el desarrollo del proyecto en la implementación de transporte de emulsión matriz, el cual empezó en setiembre del 2023 y culminó en noviembre del mismo año.

Las actividades desarrolladas en el siguiente informe se encuentran dentro del plan de ejecución del área de mantenimiento. En el que se programó desarrollar todos los entregables en 66 días calendario, entre la adquisición de la bombona, la documentación técnica; memorias de cálculo, listados de equipos, montaje de equipos; así como, el desarrollo de la implementación y puesta en marcha de los sistemas.

Figura 8

Diagrama de Gantt de los procesos de actividades en MS Project



Fuente: Elaboración propia

IV. INFORME TÉCNICO

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe detalla los trabajos realizados para el cálculo, selección e implementación de equipos para descarga de emulsión matriz a razón de 250kg/min con bombonas de 30tn en la Minera Constancia, con duración del proyecto de 1 mes en el Distrito de Cerro Colorado y Departamento de Arequipa.

Se planteo y se formuló el problema debido a la necesidad de transportar un nuevo producto que ha sido encargado por la gerencia general, se fijaron los objetivos para la ejecución del proyecto.

Se realizaron los cálculos, selección e implementación para el correcto dimensionamiento de los equipos de descarga de emulsión matriz. Se determinaron los costos incurridos en la adquisición de los equipos, accesorios, insumos y mano de obra utilizada en este proyecto.

Por la necesidad de transportar este nuevo producto a solicitud de la gerencia general se creó este nuevo proyecto con todas las áreas involucradas como operaciones, mantenimiento y logística para instalar los sistemas hidráulicos y sistema de bombeo de la emulsión matriz, para lo cual se hicieron todos los análisis teniendo en cuenta el tipo de producto a bombear y los accionamientos mecánicos a tomar en cuenta.

Para este proyecto de implementación se han tomado referencias sobre sistemas hidráulicos de fuerza (oleo hidráulica industrial), flujo de fluidos (sistemas de bombeo de fluidos), sistemas de acoples mecánicos (acoplamientos mecánicos), velocidades de rotación de equipos industriales (rotación de elementos de máquinas) y evaluación de lubricación industrial (lubricantes industriales).

Los equipos implementados en los sistemas son: Tomafuerza (PTO), bomba hidráulica, tanque de almacenamiento hidráulico, válvulas de control de caudal, motor hidráulico, acoples mecánicos, bomba de impulsión(engranajes) y tuberías de transporte de fluidos.

Se hicieron las pruebas de los equipos implementados con herramientas de temperatura (termógrafo digital) y velocidad rotacional (tacómetro) para la comprobación del funcionamiento del sistema hidráulico y de impulsión del producto, tomando como referencia los datos alcanzados por el cliente en temas de tiempos de descarga, velocidad de descarga, temperatura de descarga y presión de descarga.

Se han calculado los costos incurridos en este proyecto de implementación, teniendo como base los criterios de selección de los equipos en base a la aplicación y cálculos matemáticos efectuados, así como la calidad, garantía y eficiencia de los equipos.

1.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

A) Antecedentes internacionales.

- ✓ Emulsiones explosivas en Colombia de fabricante ENAEX “Presentación de emulsiones ENAEX Colombia”.

Autor: Mauricio Cao Rodríguez

B) Antecedentes nacionales

- ✓ Análisis dinámico estructural de un semirremolque tipo bombona para transporte de emulsión matriz con capacidad de 26.5 metros cúbicos, mediante simulaciones numéricas “tesis para optar el grado académico de magíster en ingeniería mecánica”

Autor: Ramón Aravena Barzola Osorio.

- ✓ Efectos potenciales de una propuesta de innovación en el costo del transporte tercerizado de emulsión para una empresa minera; “trabajo de suficiencia profesional para optar por el título de: ingeniero en gestión empresarial”

Autor: Juan Yino Vitor Colca

C) Antecedentes locales

- ✓ La emulsión gasificada: un explosivo eficiente para reducir los costos de voladura a tajo abierto. “presentación en PERUMIN SETIEMBRE 2009”

Autores: Romel Villanueva Lujan y Paul Uchurri Huaman.

1.2. ÁMBITO GEOGRÁFICO

El lugar en donde se va hacer la descarga del producto se ubica en la Minera Constancia a 4,100 msnm, en el área correspondiente es el área de operaciones de mina, en la provincia de Chumbivilcas distrito de Chilloroya, departamento de Cusco, a una distancia de 304 km desde Cusco.

Los 6 silos de almacenaje de emulsión matriz se ubican en la zona operaciones mina a 4117 msnm donde se ubican según lo indicado en la figura10 y figura 11.

Figura 9

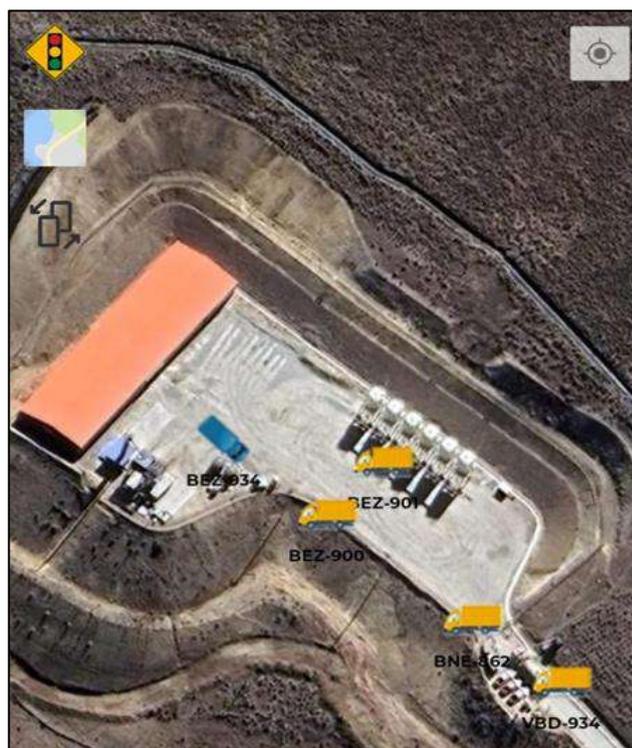
Instalaciones de la Minera Constancia



Fuente: Google Earth ,2024

Figura 10

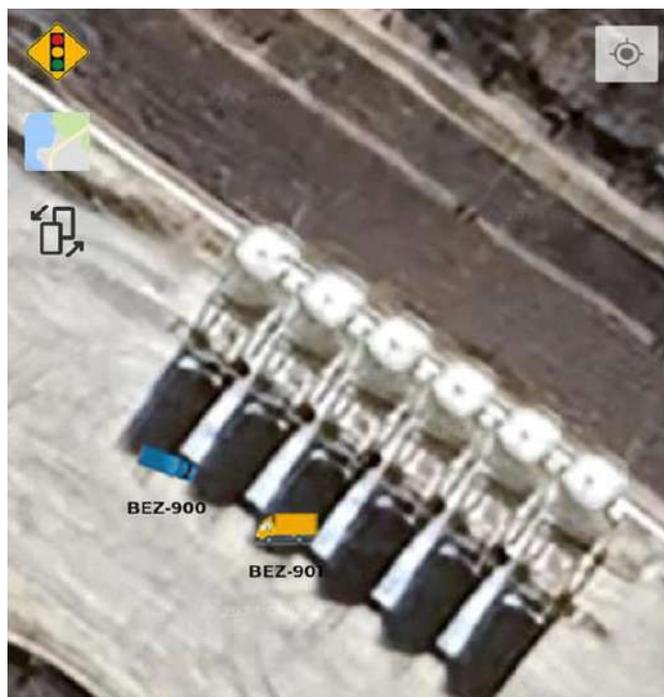
GPS Tracklog – imagen 2023



Fuente: GPS Tracklog – 2023

Figura 11

GPS Tracklog – imagen 2023



Fuente: GPS Tracklog 2023

2. ESTUDIO DE LA NECESIDAD DEL PROYECTO.

Debido a la necesidad de ampliar el sector de transporte en el rubro de materiales peligrosos como los explosivos, la empresa Transportes Libertad SAC genera la solicitud de unidades adecuadas para este tipo de transporte y que tengan la propia autonomía de descarga en los puntos requeridos por el cliente ENAEX fabricante de la emulsión matriz.

La empresa adquiere este tipo de unidades para el transporte de emulsión matriz, se crea como un proyecto nuevo en la operación para el servicio logístico de este producto mencionado, se hace el requerimiento al área de mantenimiento y finanzas la adquisición e implementación de los equipos a estas unidades que tienen que cumplir las necesidades según el requerimiento de transportar 30tn con un flujo de descarga a los silos de almacenaje en 250kg/min, sin variar ni alterar las propiedades físicas y químicas de la emulsión matriz.

3. FORMULACIÓN DE LA NECESIDAD DE IMPLEMENTACIÓN

Por las consideraciones anteriores, el presente informe pretende responder a la siguiente interrogante:

¿Cómo fue calculado, seleccionado e implementado los sistemas de descarga de la emulsión matriz de 30tn a razón de 250kg/min hacia los silos de la Minera Constancia, bajo las condiciones de requerimiento del cliente Minera Constancia y el medio ambiente?

4. NECESIDAD PRINCIPAL

Transportar 30tn de emulsión matriz en bombonas y descargar a razón de 250kg/min a los silos de la Minera Constancia.

5. OBJETIVOS DEL INFORME

5.1. OBJETIVO GENERAL

- Calcular, seleccionar e implementar los equipos para descarga de emulsión matriz a razón de 250kg/min con bombonas de 30tn en la Minera Constancia.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular los sistemas hidráulicos para el accionamiento del equipo de descarga de emulsión matriz, tanto en el remolcador y semirremolque (bombona).
- Calcular el sistema de descarga de la emulsión matriz.
- a razón de 250kg/min la cantidad de 30tn hacia los silos de almacenaje en la Minera Constancia.
- Seleccionar los equipos adecuados según los cálculos generados tomando como referencia las propiedades del producto a bombear y las condiciones físicas del lugar de la descarga.
- Implementar los equipos seleccionados aplicando los procedimientos de montaje y según normas internacionales. Hacer las pruebas de operación y eficiencia del sistema, además elaborar los planes y programas de mantenimiento de estos equipos instalados.
- Determinar el costo de la implementación de dicho proyecto, y el costo de mantenimiento por 5 años de duración del contrato por el transporte de dicho producto.

6. ALCANCES Y LIMITACIONES

6.1. ALCANCES

El alcance del presente informe es el cálculo, selección e implementación de equipos para descarga de emulsión matriz a razón de 250kg/min con bombonas de 30tn en la Minera Constancia, que tendrá una duración de un mes la implementación del sistema de descarga.

En el informe detalla los trabajos ejecutados en lo que respecta a la gestión y dirección de los recursos a necesitar y los pasos a seguir para la ejecución del proyecto como el cálculo, selección e implementación de los equipos.

En el informe también se realiza las pruebas de funcionamiento y la eficiencia del sistema según a la necesidad del cliente ENAEX.

Esta implementación es para todas las operaciones logísticas de Transportes Libertad SAC, que requieran transportar emulsión matriz desde una planta de fabricación hasta los silos de una unidad minera.

6.2. LIMITACIONES

Mi participación en el Proyecto se restringe a mi formación académica en Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y a mi experiencia profesional en el rubro de mantenimiento de flotas de transporte pesado de materiales peligrosos.

La implementación de estas unidades es netamente para el transporte de emulsión matriz, con las mismas propiedades o similares, no tiene el alcance para otras aplicaciones o transporte de otros productos diferentes a lo mencionado.

7. MEMORIA DESCRIPTIVA Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

7.1. NORMAS, ESTÁNDARES Y DOCUMENTOS REFERENCIALES

- ✓ American National Standard Institute (ANSI).
- ✓ American Society of Mechanical Engineers (ASME).
- ✓ American Society for Testing Materials (ASTM).
- ✓ Reglamento de Seguridad e Higiene Minera (DS-024-2016-EM).
- ✓ Society of Automotive Engineers (SAE)
- ✓ Nivel de contaminación de aceites (ISO 4406)
- ✓ Clasificación de aceites industriales (DIN 51519)
- ✓ Rendimiento de los filtros (ISO 16889)
- ✓ Sistemas hidráulicos de máquinas (ISO 4413)
- ✓ Simbología neumática e hidráulica (ISO 1219)
- ✓ Técnicas de medición de termografía (ISO 18434)
- ✓ Verificación de alineamiento de ejes (ASTM E 1012)
- ✓ Tanques de almacenamiento (API650)
- ✓ Instalación de válvulas (ISO 5211)

- ✓ Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos – Decreto Supremo N° 021-2008-MTC
- ✓ Reglamento Nacional de Administración de Transporte –Decreto Supremo N° 017-2009-MTC

7.2. MATERIALES

Se consideraron los siguientes materiales para la implementación:

- ✓ Tubería de acero ASTM500 / 3” de diámetro y 0.6m de longitud
- ✓ Manguera XLPE para solventes y ácidos (250psi) de 3” de diámetro y 0.3m de longitud.
- ✓ Abrazaderas industriales 74-79 de alta presión.
- ✓ Pernos hexagonales de ¾”x 3” grado 8
- ✓ Pernos hexagonales de 5/8”x 2” grado 8
- ✓ Niple y reducción Bushing Ntp De ¾ A 1/2 Acero
- ✓ Válvula de bola 1”1/2, tubo manguera.
- ✓ Acople rápido aguja para hidráulico de ½”
- ✓ Cañería polietileno de 3/8”
- ✓ Unión bronce B62: 3/8”x3/8”

8. CARACTERÍSTICAS.

El presente Informe detalla todo lo concerniente al cálculo, selección e implementación de los equipos de descarga de emulsión matriz, tiempos de la instalación de los equipos para cumplir con el requerimiento operacional y logístico.

Se detalla los costos de los equipos, así como el costo del montaje en las unidades, adicional a ello los costos que serán invertidos en los mantenimientos preventivos en un rango de 5 años de operación.

9. VARIABLES.

9.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.

- Propiedades del producto.
- Temperatura del medio ambiente
- Presión Atmosférica.
- Condiciones físicas del almacenamiento

9.2. VARIABLES DEPENDIENTES.

- Tiempo de descarga.
- Velocidad de descarga
- Presión de descarga
- Material de los equipos

10. CÁLCULO

10.1. CONSIDERACIONES DEL DISEÑO

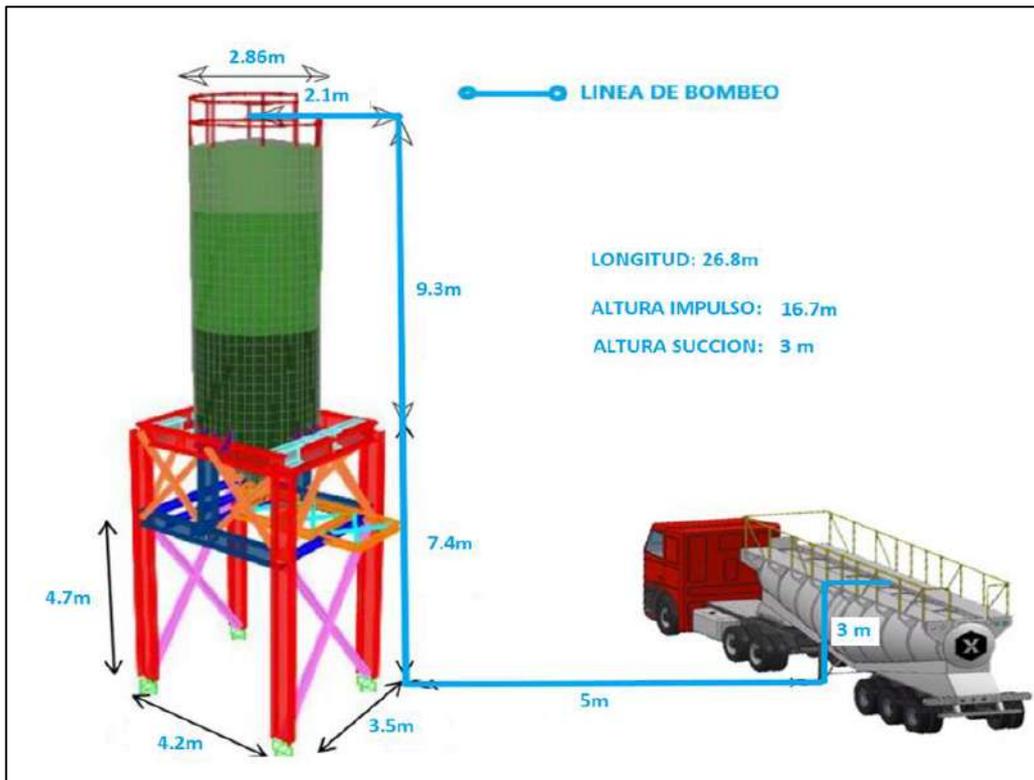
Se tiene que bombear la emulsión matriz desde la bombona de emulsión hasta una altura de impulso de 16.7m, utilizando el par de fuerza de giro con un motor hidráulico que es accionado por el sistema hidráulico de la toma de fuerza.

La razón de descarga es de 250kg/min una cantidad de 30tn de emulsión en los silos de almacenaje de la minera constancia.

El conducto de descarga es de 3” de diámetro, solo se utilizará una bomba de impulsión y la succión será por gravedad de la bombona de emulsión y la descarga será libre sin restricciones a presión atmosférica.

Figura 12

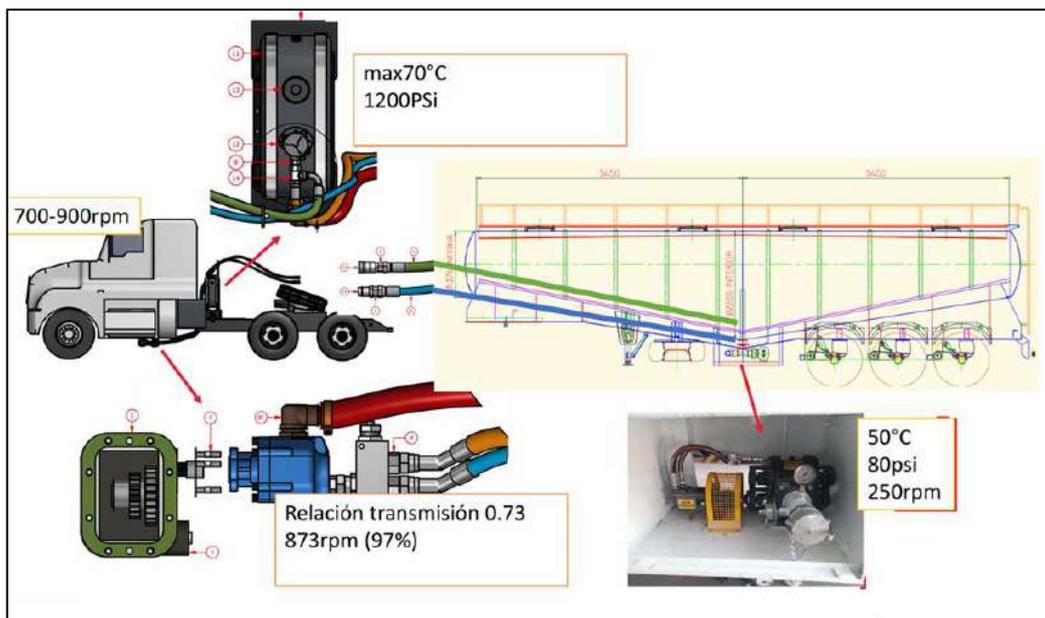
Sistema de bombeo hacia los silos



Fuente: Elaboración propia

Figura 13

Diagrama general de sistema de bombeo



Fuente: Elaboración propia

10.2. PARÁMETROS DE DISEÑO.

10.2.1. Condiciones del lugar de descarga

- Altura sobre el nivel del mar: 4100msnm
- Nivel de descarga sobre el tanque: 4117msnm
- Presión atmosférica: 63700Pa
- Temperatura promedio: 19°C

Características del fluido

- Fluido : emulsión matriz (EMULGEX G1)
- Densidad : 1300 a 1400 kg/m³
- Viscosidad dinámica 25°C : 20000 CP
- Punto de inflamación : 70°C
- Punto de congelación : -15°C
- Tipo concentración : Nitrato amonio, petróleo, agua
- PH : 6

Criterios de diseño

- Presión Max de descarga: 80psi.
- Temperatura Max de descarga: 50°C
- Velocidad de giro bomba máximo: 250rpm
- Diámetro de descarga: 3"
- Flujo de bombeo: 250kg/min
- Altura de bombeo promedio: 16.7m

10.3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS.

Para dimensionar los equipos a usar para esta descarga de emulsión matriz a razón de 250kg/min una cantidad de 30000kg, se ha requerido los cálculos de sistemas de bombeo de

fluidos en tuberías. Además, de los cálculos de sistemas hidráulicos para el accionamiento mecánico de la bomba de impulsión.

Se ha ejecutado en dos etapas para el cálculo: Cálculo de sistemas de bombeo de fluidos por ductos y cálculo de sistema hidráulico para accionamiento de un motor hidráulico.

10.3.1. CÁLCULO DE SISTEMA DE BOMBEO DE FLUIDOS POR DUCTOS.

Los datos exigidos por el cliente para este proceso son según la siguiente tabla:

Tabla 1

Cálculos de sistemas de bombeo de fluidos por ductos

Descripción	Valores	Unidades
Cantidad de emulsión matriz (We)	30000	kg
Flujo masico (Qm)	250	Kg/min
Presión máxima de bombeo (Pmax)	80	psi
Temperatura máxima de bombeo (T°)	50	°C
Velocidad máxima de la bomba. (RPMmax)	250	rpm

Fuente: Elaboración propia

Los datos físicos y químicos del producto (emulsión matriz) a bombear es:

Tabla 2

Datos físicos y químicos del producto (emulsión matriz)

Descripción	Valores	Unidades
Densidad del producto (ρ)	1300 @1400	Kg/m ³
Peso específico del producto (γ)	13734	N/m ³
Viscosidad dinámica (μ)	20000(20)	CP(Pa.s)
Acides	6	ph
Temperatura de inflamación	70	°C
Temperatura de congelación	-15	°C

Fuente: Elaboración propia

Los datos de las condiciones del ducto son los siguientes:

Tabla 3

Condiciones del ducto

Descripción	Valores	Unidades
Diámetro de la tubería (D), ASTM500	3	pulg
Válvula mariposa tipo Wafer	4	pulg
Acople rápido Can Lock	3	pulg
Codo Cedula80 a 90°	3	pulg
Manguera XLPE para solventes y ácidos (250psi)	3	pulg

Fuente: Elaboración propia

Las condiciones ambientales de descarga son los siguientes:

Tabla 4

Condiciones ambientales

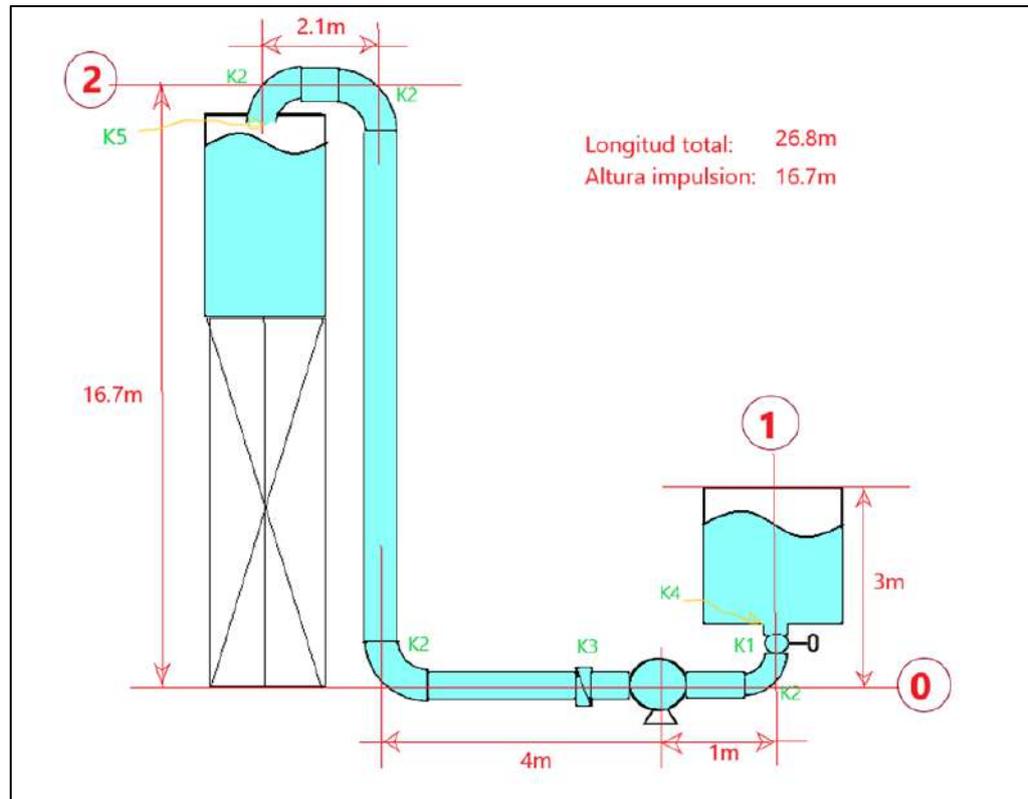
Descripción	Valores	Unidades
Temperatura de ambiente (T°)	19	°C
Gravedad (g)	9.81	m/s ²
Presión atmosférica 15°C (P2)	63700	N/m ²
Altura msnm	4117	m

Fuente: Elaboración propia

Se muestra el diagrama del sistema a descarga, bajo las condiciones planteadas y según las condiciones físicas y de ambiente en la Minera Constanica.

Figura 14

Diagrama de bombeo de emulsión



Fuente: Elaboración propia

La ecuación general de energía para este diagrama sería la siguiente:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + H_B = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2}$$

La velocidad en el punto 1 (ver figura 13) sería muy bajo debido a que el producto está en la bombona de emulsión con un volumen grande, por lo cual sería aproximadamente cero, adicional a ello la presión es la atmosférica el tanque está expuesto libremente de igual forma sería aproximadamente cero.

Entonces la reducción de la ecuación para la altura dinámica (HB) de bombeo quedaría de la siguiente manera:

$$H_B = Z_2 - Z_1 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + hf_{1-2}$$

Ecuación 1

- Hallamos el caudal de bombeo de los datos del flujo masico.

$$Q = \frac{Q_m}{\rho} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

$$Q = \frac{250/60}{1400} (m^3/s) = 0.0030 m^3/s$$

- Hallamos el área (A) del ducto de descarga no hay variación de diámetro.

$$A = \pi \frac{D^2}{4} (m^2)$$

$$A = \pi * \frac{(3*0.0254)^2}{4} = 0.00456 m^2.$$

- Hallamos la velocidad (V2) en el punto 2. (ver figura 13)

$$V_2 = \frac{Q}{A} \left(\frac{m}{s} \right)$$

$$V_2 = \frac{0.0030}{0.00456} = 0.65 (m/s)$$

- La altura de succión $Z_1 = 3m$.
- La altura de impulsión $Z_2 = 16.7m$.
- La longitud equivalente de succión $L_1 = 4m$.
- La longitud equivalente de impulsión $L_2 = 22.8m$.
- Cálculo de la viscosidad cinemática (ν)

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{m^2}{s} \right)$$

$$\nu = \frac{20}{1400} = 0.01429 m^2/s$$

- Cálculo del número de Reynold (Re) en succión y en impulsión por ser el mismo diámetro son equivalentes donde el diámetro es $D = 0.0762m$

$$Re = \frac{V * D}{\nu} \quad \text{reemplazando se tiene: } Re = \frac{0.65 * 0.0762}{0.01429} = 3.48$$

$Re = 3.48$ (menor que 2000 es un flujo laminar).

- Hallamos el factor de fricción (f) para flujo laminar se tiene.

$$f = \frac{64}{Re}$$

$$f = \frac{64}{3.48} = 18.385, \text{ esta es igual en la zona de succión e impulsión.}$$

- Hallamos las pérdidas primarias (hf)

$$hf = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad \dots\dots \text{Ecuación 2}$$

Reemplazando en esta ecuación 2 en la zona de succión (hfs).

$$hfs = 18.385 * \frac{4}{0.0762} * \frac{0.65^2}{2 * 9.81} = 20.951m$$

Reemplazando en esta ecuación 2 en la zona de impulsión (hfi).

$$hfi = 18.385 * \frac{22.8}{0.0762} * \frac{0.65^2}{2 * 9.81} = 119.4m$$

- Hallamos las pérdidas secundarias (hv) del diagrama de descarga utilizando el factor de pérdida por los accesorios del circuito (k) según tablas.

$$hv = k * \frac{v^2}{2g} \quad \dots \text{Ecuación 3}$$

Donde (ks) sería la sumatoria de todos los accesorios en la zona de succión:

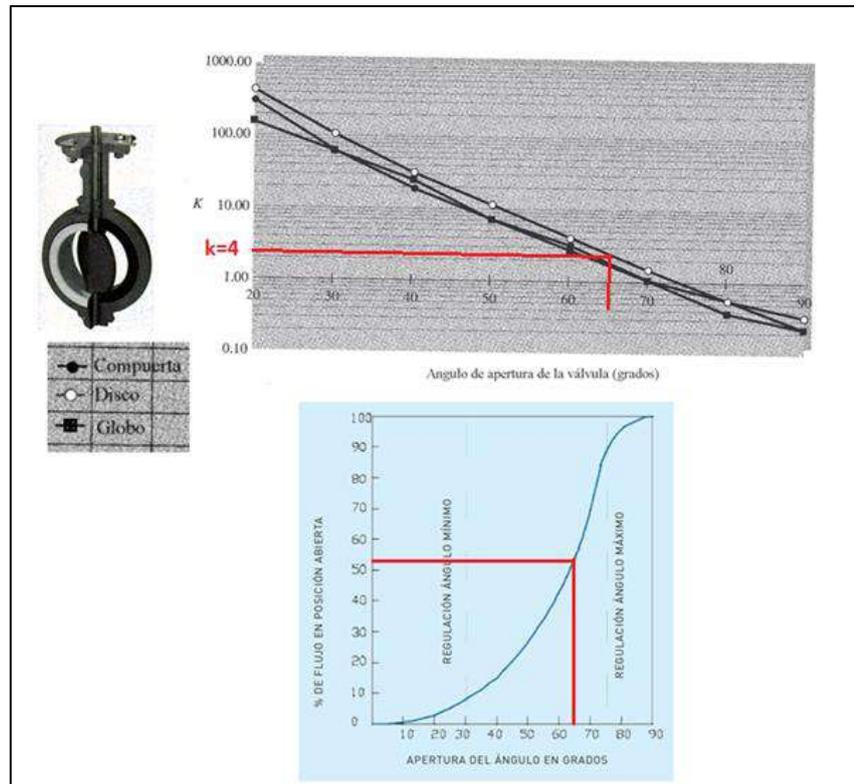
$$Ks = k1 + k2 + k4$$

Sacamos estas constantes de los gráficos de pérdidas según accesorios.

- ✓ $K1 = 4$ (válvula mariposa tipo Wafer) según FIG 15 a un 50% apertura.

Figura 15

Diagrama de válvulas tipo mariposa



Fuente: White (1994) y Genebre (2014)

- ✓ De la TABLA 02 se calcula el promedio para codos metálicos $K_2=0.74$
- ✓ De la FIG 22 (bordes afilados) $K_4=0.5$

Entonces de la Ecuación 3, se reemplaza los datos para hallar las pérdidas secundarias de succión (hvs):

$$h_{v_s} = (4 + 0.74 + 0.5) * \frac{0.65^2}{2 * 9.81} = 0.114 \text{ m}$$

Se procede hallar las constantes (Ki) en la zona de impulsión:

$$K_i = k_2 + k_3 + k_5$$

Sacamos estas constantes de los gráficos de pérdidas según accesorios.

- ✓ De la TABLA 01 se saca para conector abierto $K_3=0.05$

- ✓ Como $K_2=0.74$ tenemos en la línea 3 codos.
- ✓ De la FIG 23 se obtiene que $K_5=1$

Entonces de la Ecuación 3, se reemplaza los datos para hallar las pérdidas secundarias de impulsión (h_{vi}):

$$h_{v_i} = (0.74 * 3 + 1 + 0.05) * \frac{0.65^2}{2*9.81} = 0.071\text{m}$$

Las pérdidas totales (hf_{1-2}) sería lo siguiente:

$$hf_{1-2} = h_{v_s} + h_{v_i} + hf_s + hf_i = (0.114 + 0.071 + 20.951 + 119.400) = 140.553\text{m}$$

De este modo reemplazando en la **Ecuacion1**, se tendría lo siguiente:

$$H_B = \left(16.7 - 3 + \frac{0.65^2}{2*9.81} + \frac{63700}{13734} + 140.553 \right) = 158.913\text{m}$$

Entonces la altura dinámica para la bomba será de: **$H_B = 158.913\text{m}$**

- Hallamos la potencia de la bomba (P_{tb}) para esta altura dinamina

$$P_{tb} = \frac{\gamma * Q * H_B}{\eta}$$

Para bombas de engranajes de fluidos asumimos un rendimiento ($\eta=95\%$)

$$P_{tb} = \frac{13734*0.030*158.913}{0.95} = 6837.43 \text{ watts} = 6.837\text{kW}$$

$$P_{tb} = 9.17 \text{ hp}$$

La potencia del freno del eje de la bomba sería aproximando a un entero:

$$\mathbf{P_{tb} = 9 BHP}$$

El torque requerido de la bomba (T_b) será expresado de la siguiente manera:

$$Bhp = \text{torque (lb-ft) x rpm} / 5252$$

$$T_b = P_{tb} * 5252 / RPM \text{ (lb-ft)}$$

$$T_b = 9 * \frac{5252}{250} = 244.121 \text{ lb-ft}$$

$$\mathbf{T_b = 330.97 (N - m)}$$

10.4. SELECCIÓN DE LA BOMBA DE IMPULSION.

Valores obtenidos para la selección de la bomba de impulsión.

Tabla 5

Tabla de datos de la bomba Bowie-bomba de emulsión.

Descripción	Valores	Unidades
Potencia de la bomba (Ptb)	9	BHP
Revolución máxima (RPMmax)	250	rpm
Presión máxima de bombeo (Pmax)	80	psi
Caudal del sistema (Q)	48	GPM
Torque del eje de la bomba (Tb)	331	N-m

Fuente: Elaboración propia

Según la figura 16 del catálogo de las bombas de marca Bowie se obtiene los siguientes datos:

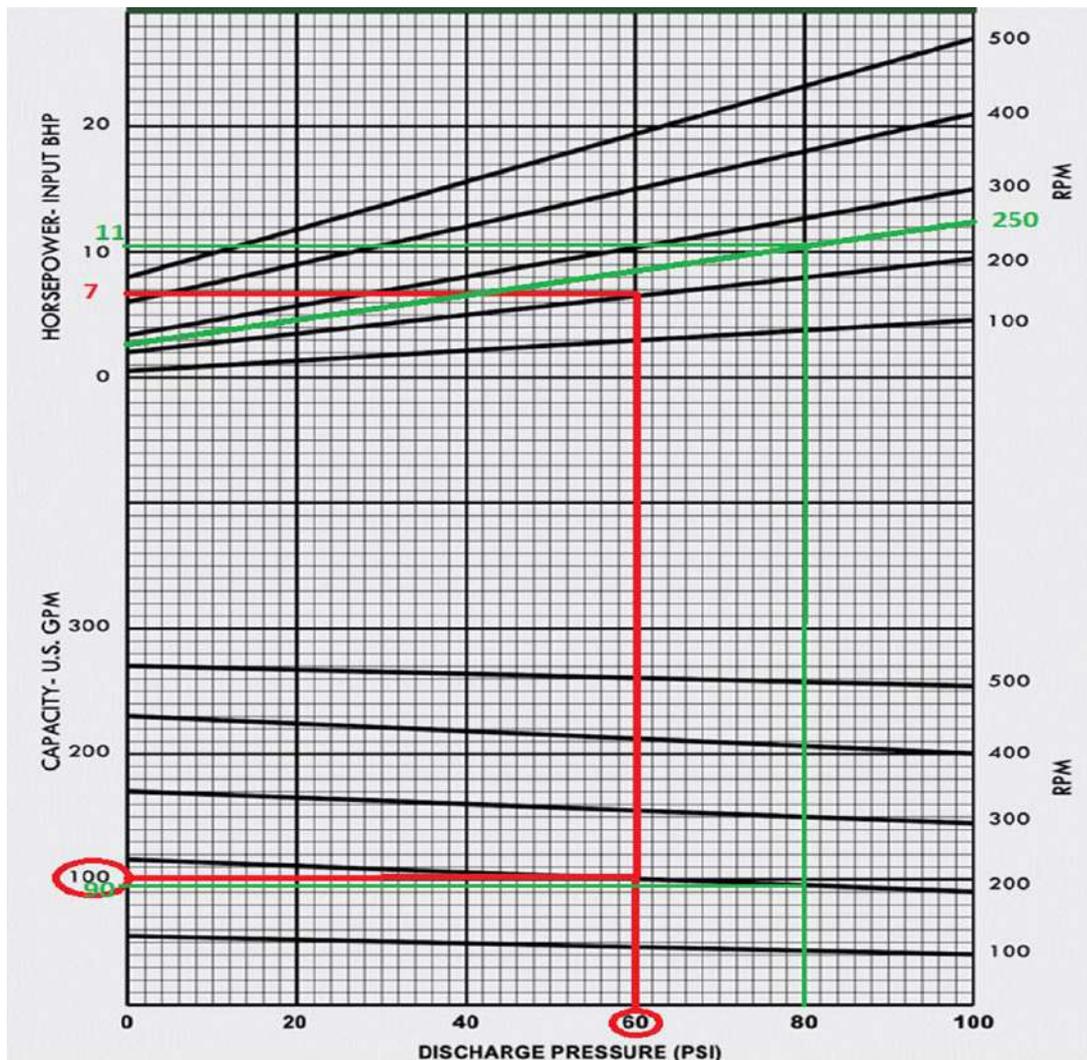
La potencia de bombeo para este modelo serie de XP3400 (3") sería los siguiente:

Potencia max. a 250rpm y 80psi	11 BHP	90GPM mayor que 48GPM
Potencia nominal a 200rpm y 60psi	7 BHP	100GPM mayor que 48GPM

Como se evidencia se selecciona esta bomba de esta serie ya que el caudal de bombeo de este modelo está por encima de los 48GPM.

Figura 16

Bomba Bowie



Fuente: Manual operación 400 Series Pump

Otras de las características que debe tener la bomba es lo siguiente:

- ✓ No debe generar chispa (según TABLA 06 engranajes de Buna-N nitrilo).
- ✓ Anticorrosivo (TABLA 06 carcasa con recubrimiento anticorrosivo).
- ✓ Ducto de succión e impulsión de 3" (TABLA 06 el modelo XP3400 es de 3").
- ✓ Tiene que resistir presiones de hasta 80psi. (según TABLA 07 la presión es 125psi).
- ✓ Máximas revoluciones de 250rpm (según TABLA 07 la revolución es de 500rpm).

- ✓ Máxima temperatura de operación 50°C (según TABLA 07 es hasta 70°C°).

Tabla 6

Especificación de la bomba Bowie XP3400

	Standard		Option(s)
Drive Configuration	Drive on Top		Drive on Bottom
Port Configuration	180 Degree		
Housing	Ductile Iron		
End Plates	Ductile Iron		
Wear Plates	Hardened Steel		
Gears	Buna-N Nitrile	Helical Steel	Helical Delrin
Bushings	N/A		N/A
Bearings	High Load Steel		
Packing	N/A		N/A
Lip Seals	Buna-N Nitrile		N/A
Mechanical Seal	N/A		N/A
Shafts	1 1/8" Steel		1 1/8" Stainless Steel

Fuente: Manual bomba Bowie 400

Tabla 7

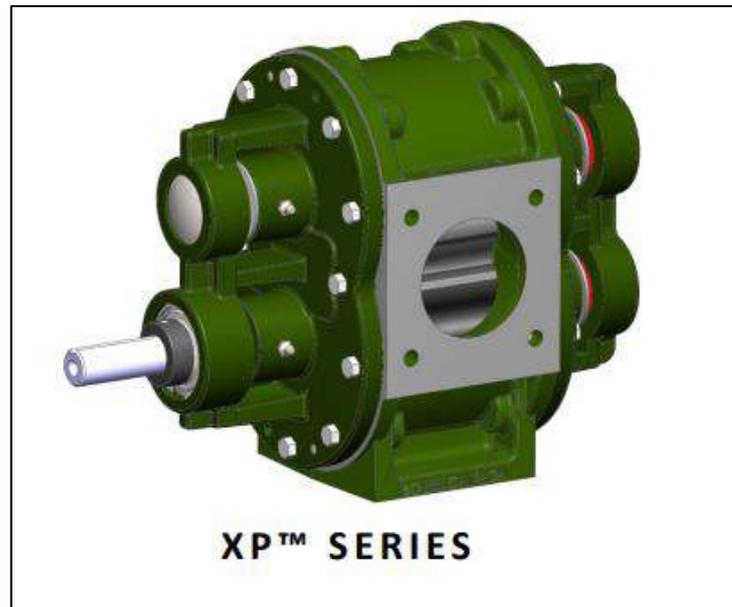
Características de la operación de la bomba Bowie XP3400

Operating Criteria	Buna-N Rubber Gears	Progressive Helical Steel Gears
Maximum Operating Temperature*	70°C	160°C
Maximum Speed*	500 RPM	750 RPM
Maximum Viscosity*	60000 SSU	
Maximum Differential Pressure*	125 psi	150 psi
Maximum Working Pressure*	125 psi	150 psi

Fuente: Manual de operación de bombas Bowie serie 400

Figura 17

Bomba Bowie XP3400



Fuente: Manual operación 400 Series Pump

Por lo tanto, se elige la bomba Bowie XP3400.

10.5. CÁLCULO DEL SISTEMA HIDRAULICO PARA EL ACCIONAMIENTO DEL MOTOR HIDRÁULICO.

Este cálculo se tomará en cuenta de los datos obtenidos de la bomba de impulsión según el torque requerido para accionar esta bomba, que será accionado con un motor hidráulico.

Tabla 8

Tabla de datos del motor hidráulico

Descripción	Valores	Unidades
Torque requerido (Tm)	331	N-m
Presión hidráulica (Ph)	2000	psi
Revoluciones del motor hidráulico (RPMm)	250	rp m
Temperatura máxima de sistema hidráulico (T°)	70	°C

Fuente: Elaboración propia

Determinaremos la configuración del sistema hidráulico para que se cumpla estos parámetros.

10.5.1. Cálculo de la toma de fuerza (TDF) del vehículo.

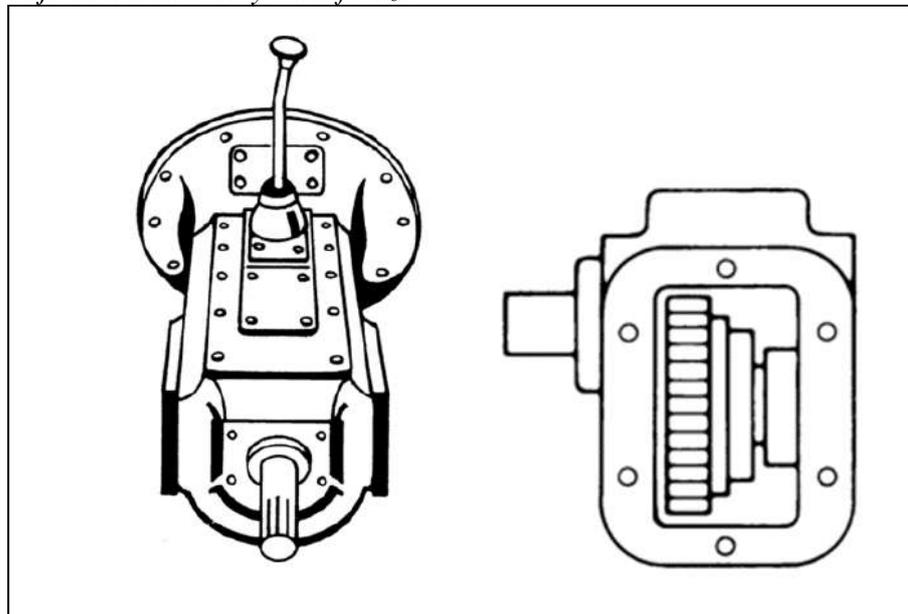
El porcentaje de la transmisión que envía al piñón de contacto de la toma de fuerza es un 97% de la RPM nominales del motor.

PORCENTAJE DE TRANSMISION (% TDF)	97%
RELACION DE TRANSMISION (r)	0.73

La caja de transmisión es de marca Eaton Fuller modelo RTLO-16918B

Figura 18

Caja de transmisión y toma fuerza

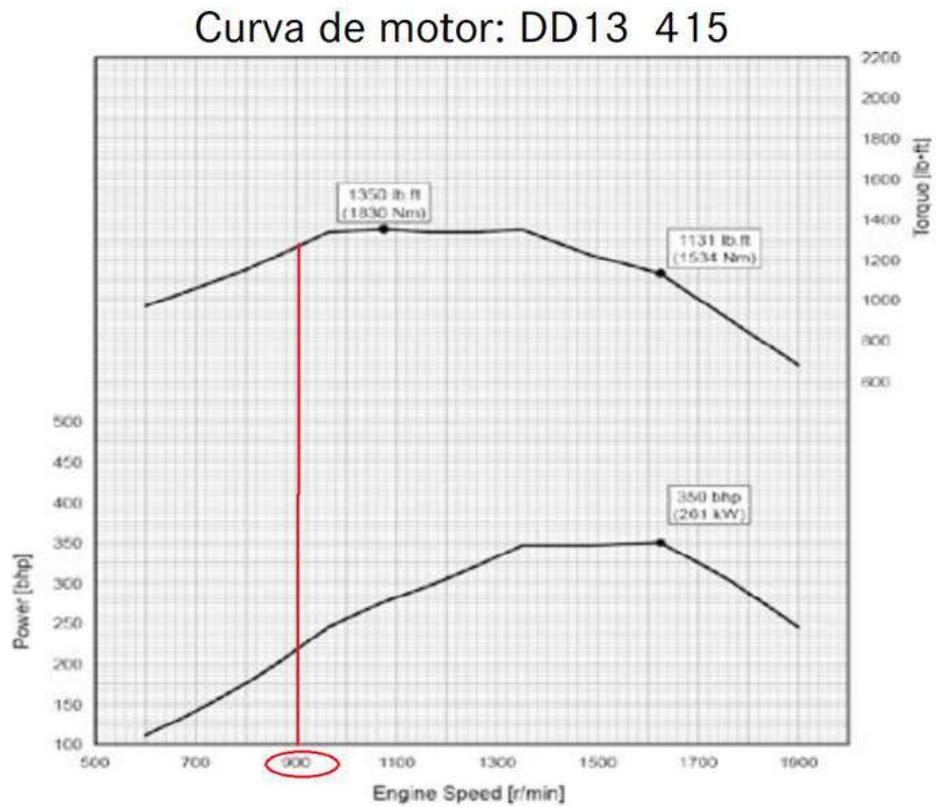


Fuente: Manual Eaton Fuller

El tracto camión es un Freightliner SD114 con una potencia de motor de 450HP a 1800RPM, el motor tiene un ralentí de 750RPM, en la cual debido a que el tiempo de funcionamiento del motor es más de una hora a bajas revoluciones, se configura a más revoluciones para el desenvolvimiento optimo del motor y se propone a 900RPM (Figura 19).

Figura 19

Curva de motor Freightliner SD114/450HP



Fuente: Ficha técnica freightliner SD114

- ✓ Revolución de conexión del TDF:

$$TDF = RPM_{motor} * \%TDF$$

$$TDF = 900 * 0.97 = 873 \text{ rpm}$$

- ✓ Revolución de salida del eje RPM_{TDF} :

$$RPM_{TDF} = TDF * r(rpm)$$

$$RPM_{TDF} = 873 * 0.73 = 637.29 \text{ rpm}$$

REVOLUCION DE MOTOR (RPMmotor)	900	Rpm
REVOLUCION CONEXIÓN (TDF)	873	Rpm
REVOLUCION DE SALIDA EJE (RPM TDF)	637.29	Rpm

10.5.2. Cálculo del motor hidráulico.

- ✓ Calculamos el desplazamiento del motor hidráulico (D_m) en base a los datos del torque y presión hidráulica del sistema.

La eficiencia mecánica (η_m) de un motor hidráulico se asigna en: 88%.

La fórmula del desplazamiento de un motor hidráulico esta dado por:

$$D_m = \frac{2\pi T_m}{P_h * \eta_m} \left(\frac{\text{pulg}^3}{\text{rev}} \right)$$

$$D_m = \frac{2 * \pi * 331}{2000 * 0.88} = 10.458 \text{ pulg}^3/\text{rev}$$

$$D_m = 171.378 \text{ cc/rev} \quad \text{aproximando seria: } D_m = 172 \text{ cc/rev}$$

- ✓ Hallamos el caudal del sistema (Q_h)

La eficiencia volumétrica (η_v) del motor hidráulico se asigna en: 90%

La fórmula del caudal del sistema está dada por:

$$Q_h = D_m * \frac{RPM_m}{\eta_v * 1000} \left(\frac{l}{min} \right)$$

$$Q_h = \frac{172 * 250}{0.9 * 1000} = 47.61 \left(\frac{l}{min} \right); \quad Q_h = 13 \text{ GPM}$$

10.5.3. Cálculo de la bomba hidráulica.

- ✓ La eficiencia de la bomba hidráulica (η_b) se asigna en un: 93%
- ✓ La fórmula del desplazamiento (D_b) de la bomba hidráulica está dada por:

$$D_b = \frac{Q_h * 231 * \eta_b}{RPM_{TDF}} (\text{pul}^3/\text{rev})$$

$$D_b = \frac{13 * 231 * 0.93}{637.29} = 4.38 \text{ pul}^3/\text{rev}$$

$$D_b = 71.78 \text{ cc/rev} \quad \text{Aproximando seria: } D_b = 72 \text{ cc/rev}$$

10.6. SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS HIDRÁULICOS.

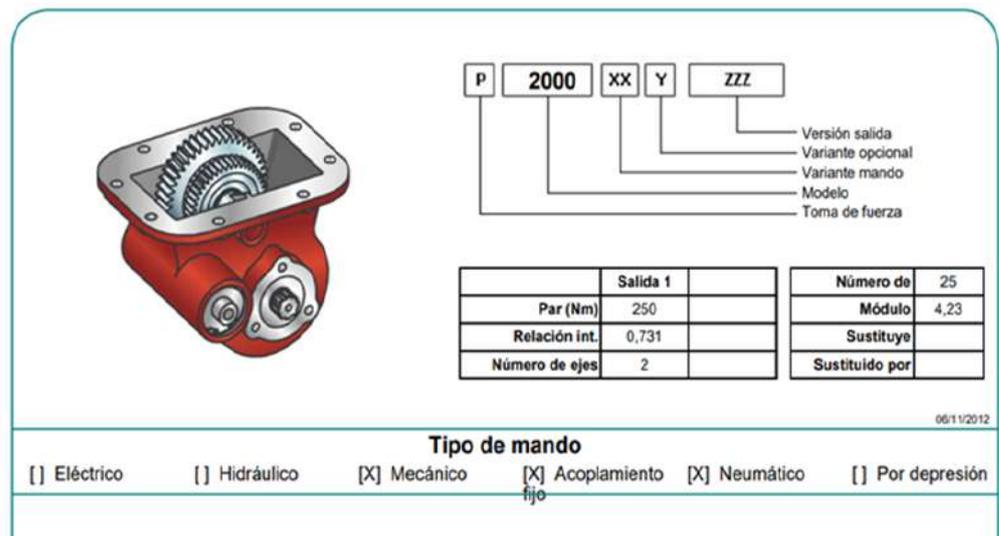
10.6.1. Selección de la toma fuerza (PTO)

- ✓ La relación de toma de fuerza es de $r=0.73$ (en la Figura 20 la relación es de 0.731, con lo cual el requisito)
- ✓ El torque que debe transmitir la toma fuerza es de 158 N-m. (en la FIG 34 el modelo se tiene que el torque máximo es de 250N.m, con lo cual cumple el requisito)
- ✓ Accionamiento neumático (según figura 20)

Por lo tanto, se elige él toma fuerza Hydrocar 2000-25/2/4.23

Figura 20

Toma fuerza (PTO) serie 2000 Hydrocar



Fuente: Ficha técnica Hydrocar

10.6.2. Selección de la bomba hidráulica

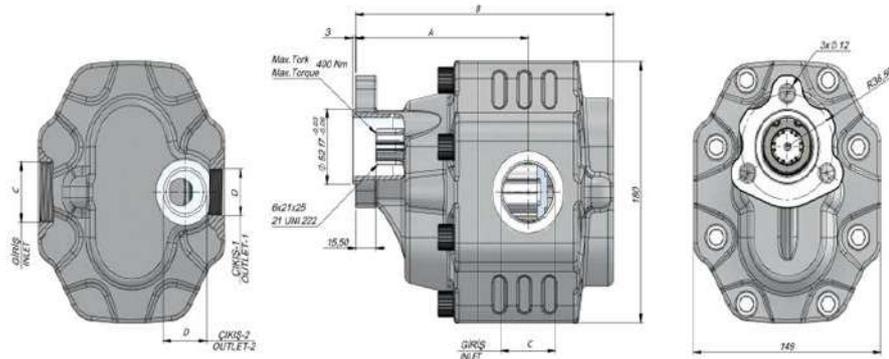
- ✓ Caudal hidráulico (Q_h) es de: 13GPM (depende de la graduación de la válvula reguladora de flujo en el circuito)
- ✓ La presión del sistema (P_h) es de: 2000psi (138bar); según la Figura 21 puede soportar en ciclos continuos 275bar con ello queda conforme.
- ✓ El desplazamiento (D_b) es de: 72cc/rev; se elige de la figura 21 de 73cc/rev con lo cual queda conforme.

- ✓ Revolución de la bomba es de: 637.29rpm, en la Figura 21 la bomba puede girar hasta 2800rpm lo cual queda conforme.

Por lo tanto, se elige la bomba Kozmaksan KH01040730252L/R-2

Figura 21

Ficha técnica de bombas serie 40 kozmaksan



Code	Displacement	Max.Continuous Pressure	Max.intermittent Pressure	Max.Peak Pressure	Max.Continuous Speed	Max.intermittent Speed	Min.Speed	A	B	Inlet	Outlet
Left (L) / Right (R)	(cm ³ /rev)	(100%)(BAR)	(20 sec.max.)(BAR)	(5 sec.max.)(BAR)	(RPM)	(RPM)	(RPM)	(mm)	(mm)	C	D
KH01040530252L/R-2	63	280	310	330				127	188	G1"	G3/4"
KH01040730252L/R-2	73	275	300	320	1800	2800	300	127	192	G1 1/4"	
KH01040870252L/R-2	87	265	285	300				131	197		G1"
KH01041090252L/R-2	109	240	260	285				137	205	G1 1/2"	
KH01041330252L/R-2	133	230	250	270	1500	2500	300	138	214		
KH01041510252L/R-2	151	180	200	230				140.5	220		

Fuente: Ficha técnica kozmaksan

10.6.3. Selección del motor hidráulico

- ✓ El caudal hidráulico máximo (Qh) es de: 13GPM (según la figura 22 se tiene un caudal máximo de funcionamiento de 20GPM, con lo cual estaría conforme).
- ✓ La presión hidráulica (Ph) es de: 2000psi (en la figura 22 la presión máxima de trabajo estaría en 3000psi para trabajo continuo con lo cual estaría conforme).
- ✓ El desplazamiento del motor (Dm) es de: 172cc/rev (en la Figura 22 se elige un motor más grande y según tabla sería el siguiente dimensión de 195cc/rev).

- ✓ La revolución máxima requerida es de: 250rpm (la velocidad máxima en la figura 22 es de 385rpm para trabajo continuo con lo cual es conforme)
- ✓ El torque de operación (T_m) que debe tener es de: 331 N.m (según la Figura 22 el torque máximo es de 540N-m para trabajo continuo, con lo cual está conforme).

Por lo tanto, se elige el motor hidráulico Eaton 2000 M02119

Figura 22

Ficha técnica de motores hidráulicos Eaton serie 2000



2000 Series
Geroler element 13 Displacements

Specification data – 2000 series motors		34	41	66	80	90	100	130	160	195	245	305	395	490
Displ. cm ³ /r [in ³ /r]		[2.1]	[2.5]	[4.0]	[4.9]	[5.5]	[6.2]	[8.0]	[9.6]	[11.9]	[14.9]	[18.7]	[24.0]	[29.8]
Max. Speed (RPM) @ Flow	Continuous	1215	1104	1075	908	836	742	575	477	385	308	246	191	153
	Intermittent	1215	1216	1214	908	1042	924	720	713	577	462	365	335	230
Flow l/min [GPM]	Continuous	42	45	72	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	Intermittent	[11]	[12]	[19]	[20]	[20]	[20]	[20]	[20]	[20]	[20]	[20]	[20]	[20]
Torque* Nm [lb - in]	Continuous	98	112	186	235	265	295	385	455	540	660	765	775	845
	Intermittent	[864]	[988]	[1643]	[2065]	[2326]	[2630]	[3420]	[4040]	[4780]	[5850]	[6750]	[6840]	[7470]
Pressure Δ bar [Δ PSI]	Continuous	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	155	120
	Intermittent	[3000]	[3000]	[3000]	[3000]	[3000]	[3000]	[3000]	[3000]	[3000]	[3000]	[3000]	[2250]	[1750]
	Peak	310	310	310	310	310	310	310	260	260	260	240	190	140
Weight kg [lb]	Standard or Wheel mount	8.8	8.8	8.8	9.3	9.3	9.5	9.8	10.0	10.4	11.3	11.3	11.8	12.2
	Bearingless	[19.4]	[19.4]	[19.4]	[20.5]	[20.5]	[21.0]	[21.5]	[22.0]	[23.0]	[25.0]	[25.0]	[26.0]	[27.0]

Maximum case pressure: See case pressure seal limitation graph. *See shaft torque ratings for limitations.

Fuente: Ficha técnica Eaton

10.6.4. Selección del tanque hidráulico

El sistema es en base a la bomba hidráulica y el motor hidráulico como accionador, la capacidad del depósito debe ser igual al doble del caudal calculado del sistema operativo; entonces se representa de la siguiente manera:

$Q_h = 13GPM$; por ende, el doble de caudal sería:

$Q_t = 13 * 2 = 26GPM$ entonces el tanque tendría una capacidad mínima de 26 galones.

Por lo tanto, seleccionamos un tanque con las siguientes características adicionales:

- ✓ Capacidad mínima de 26 galones (se elige de la figura 23 con capacidad de 32 galones que es mayor a lo calculado quedando conforme)
- ✓ Filtro de aireación (según modelo de la figura 23 contiene este filtro)
- ✓ Tubería de retorno con filtro (Si contiene el tipo seleccionado de la figura 23)
- ✓ Mirilla de nivel (si contiene la mirilla según modelo escogido de la figura 23)
- ✓ Material metálico para disipar rápidamente el calor (si es metálica según figura 23)

Figura 23

Ficha técnica de tanque hidráulico Bezares

Lateral Side - 120 / 140 / 160 / 200 L



Descripción Description

Depósito de montaje lateral, con brida para filtro, indicador de nivel y escuadras de sujeción. Acabado en aluminio.

Oil Tank for side mounting with filter flange, level indicator and anchorage supports. Finished in aluminium.

Datos Principales Main Data					
Capacidad Capacity (L)	120	140	160	200	
A (mm)	350	400	450	500	
Capacidad hasta nivel Capacity until level indicator	127	138	162	196	
Codigo Part Number	Aluminio Aluminium	90AS12M	90AS14M	90AS16M	90AS20M
	Inox Stainless Steel	90IS12M	90IS14M	90IS16M	90IS20M
	Chapa Steel	90SS12M	90SS14M	90SS16M	90SS20M
Peso aproximado Approximate weight (Kg)	11	12,3	13,4	14,7	

Accesorios Accessories									
Escuadra Bracket	Fleje Strap	Goma escuadra Rubber protector	Goma fleje Strap protector	Bulon fijación Fixing kit	Filtro Filter	Tapón des-vaporizador Oil vent plug	Placas base Base Plates	Distribuidor Tipping valve	
9041710	9015210	9025310	9041510	9018210 904810 (kit)	9040910	9014699	9044690 9023990 9066190	BZDP150 BZDP180 BZDP250	

Fuente: Ficha técnica BEZARES

10.6.5. Selección de la válvula reguladora de flujo y alivio.

La selección de la válvula reguladora de flujo y válvula de alivio debe tener las siguientes características para el funcionamiento correcto del sistema y describe de la siguiente manera:

- ✓ Flujo del caudal máximo 13GPM (se escoge de las figuras 24 y 25 la válvula de alivio y válvula reguladora respectivamente con 30GPM quedando conforme)
- ✓ Presión máxima del circuito hidráulica 3000psi (De las figuras 24 y

- 25 las dos válvulas tienen con máxima presión de 3000psi)
- ✓ Presión de trabajo de 2000psi @ 10GPM (De la figura 24 la válvula de alivio se puede regular a la presión deseada)
 - ✓ Acoples de 3/4" NPTF (de las figuras 24 y 25 se selecciona los modelos con estas medidas deseadas con lo cual queda conforme).

Por lo tanto, se elige la válvula de alivio Prince RV-2H 3/4"NPTF

Figura 24

Ficha técnica prince CATV 67-07-13-02

DIFFERENTIAL POPPET STYLE
RELIEF VALVES - RV AND DRV SERIES

MODEL RV

DIFFERENTIAL POPPET
INLINE RELIEF



The PRINCE valve model RV is a differential poppet type inline relief. The valve is made up of a relief cartridge and a cast iron valve body. The differential poppet type relief provides smooth quiet performance with a minimum variation between cracking and full flow pressures. This type relief is also less sensitive to system contamination. The model RV is well suited as a system relief up to 30 GPM and 3000 psi. It is available in two pressure ranges and both an externally adjustable and shim adjustable version.

VALVE SPECIFICATIONS:

Capacity: 30 gpm max inlet flow
Weight: 3 lbs.

Pressure: 3000 psi max

MODEL RV-0

DIFFERENTIAL POPPET
RELIEF CARTRIDGE



The PRINCE valve model RV-0 is the differential poppet relief cartridge used in many valve models. It is available preset to install into RV valves in the field or into a custom application. This relief cartridge can also be used in the RD5100, RD5200, RD5300 and SV stack valve inlet section.

VALVE SPECIFICATIONS:

Capacity: 30 gpm max inlet flow
Pressure: 3000 psi max

STANDARD MODELS AVAILABLE

MODEL NUMBER	MODEL NUMBER	VALVE TYPE	RELIEF SETTING	PORT SIZE
RV-1H	DRV-1HH	ADJUSTABLE 1500-3000 PSI	2000 PSI @ 10 GPM	#12 SAE
RV-2H	DRV-2HH	ADJUSTABLE 1500-3000 PSI	2000 PSI @ 10 GPM	3/4" NPTF
RV-4H	DRV-4HH	ADJUSTABLE 1500-3000 PSI	2000 PSI @ 10 GPM	1/2" NPTF
RV-2L	DRV-2LL	ADJUSTABLE 500-1500 PSI	1000 PSI @ 10 GPM	3/4" NPTF

Fuente: Ficha técnica PRINCE

Por lo tanto, se elige la válvula reguladora Prince RD-175-30 3/4"NPTF

Figura 25

Ficha técnica Prince CATV 61-07-13-02

PRESSURE COMPENSATED ADJUSTABLE FLOW CONTROL VALVES				
<p>MODEL RD-100 TOP PORT FLOW CONTROL</p> 		<p>The PRINCE valve models RD-100 and RD-1900 are pressure compensated adjustable flow control valves. By rotating the handle, the flow out the "CF", or controlled flow port, can be varied from approximately 0 to the maximum controlled flow shown in the chart below. Any remaining flow is bypassed to the "EF" or excess flow port. This flow can be used to power another circuit or can be returned to tank. Once the controlled flow is set it will remain nearly constant with variations in pressure on either the controlled or excess flow ports.</p> <p>Please note: If during operation the controlled flow port is blocked the valve will compensate in such a way as to shut off flow to the excess port.</p> <p>These valves can also be used as a restrictive flow control by plugging the excess flow port.</p>		
<p>MODEL RD-1900 SIDE PORT FLOW CONTROL</p> 		<p>The PRINCE valve models RDRS-100 and RDRS-1900 have a built in adjustable pressure relief. For these models the excess flow port must be connected to tank.</p> <p>It should be noted that whenever these or any valve is used to bypass or restrict, flow heat will be generated. Steps may be required to keep oil temperature from becoming too high.</p>		
		<p>VALVE SPECIFICATIONS: Capacity: 30 gpm max inlet flow Pressure: 3000 psi max Weight: RD-100 8 lbs. RD-1900 9 lbs.</p>	<p>FIELD REPAIR KITS: Handle hardware 660301002 Seal Kit 660501001</p>	
STANDARD MODELS AVAILABLE				
MODEL NUMBER		PORT SIZES	CONTROLLED FLOW RANGE	For Other Relief Settings Please Specify:
RD-137-8	RD-1937-8	3/8 NPTF	0-8 GPM	
RD-150-8	RD-1950-8	1/2 NPTF	0-8 GPM	RDRS-150-16-20 └ Relief Pressure in Hundreds Example: 20=2000 PSI
RD-150-16	RD-1950-16	1/2 NPTF	0-16 GPM	
RD-175-16	RD-1975-16	3/4 NPTF	0-16 GPM	
RD-175-30	RD-1975-30	3/4 NPTF	0-30 GPM	RDRS-1950-16-20 └ Relief Pressure in Hundreds Example: 20=2000 PSI
RD-108-8	RD-1908-8	#8 SAE	0-8 GPM	
RD-112-30	RD-1912-30	#12 SAE	0-30 GPM	
RDRS-150-16	RDRS-1950-16	1/2 NPTF	0-16 GPM	These models have built in relief set at 1500 psi @ 10 GPM.
RDRS-175-30	RDRS-1975-30	3/4 NPTF	0-30 GPM	

Fuente: Ficha técnica PRINCE

10.6.6. Selección de las mangueras hidráulicas.

Las mangueras hidráulicas tienen que tener las especificaciones según la SAE, es por ello se debe escoger según las condiciones de operación y se describe de la siguiente manera:

- ✓ Presión máxima de 3000psi (según las figuras 26 y 27 se escoge el tipo de manguera que está en la línea de alta presión)
- ✓ Presión de retorno de 1500psi (Según las figuras 26 y 27 se escoge el tipo de manguera que está en la línea de retorno después del motor)

hidráulico)

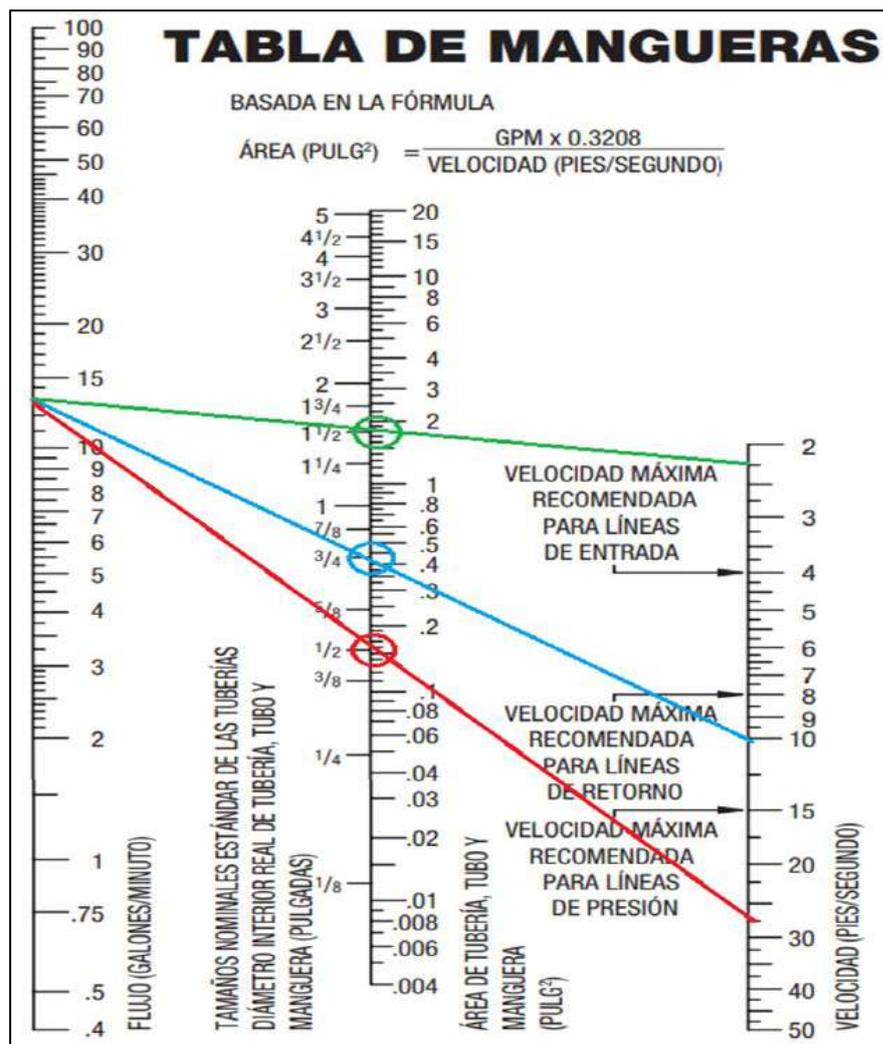
- ✓ Presión de entradas que no colapse bajo el vacío de 150psi (Según las figuras 26 y 27 se escoge el tipo de manguera que está en la entrada de la línea de succión)
- ✓ Flujo del sistema hidráulico 13GPM. (Las mangueras se eligieron con este dato en la figura 27)

Por lo tanto, se elige las mangueras siguientes:

- Manguera de línea de presión SAE 100R2/2SC (1/2")
- Manguera de retorno de la línea SAE 100R1/1SC (3/4")
- Manguera de entrada o de toma SAE 100R4 (1 1/2")

Figura 26

Mangueras hidráulicas Muncie power



Fuente: Manual hidráulica Muncie Power

Figura 27

Mangueras hidráulicas Muncie power



PRESIONES DE FUNCIONAMIENTO DE LA MANGUERA (PSI)									
TAMAÑO DE MANGUERA	¼ (-04)	⅜ (-06)	½ (-08)	⅝ (-10)	¾ (-12)	1 (-16)	1¼ (20)	1½ (-24)	2 (-32)
TIPO DE MANGUERA	PRESIÓN MÁXIMA DE FUNCIONAMIENTO*								
SAE 100R1	2,800	2,250	2,000	1,500	1,250	1,000	625	500	375
1SC	3,200	2,600	2,300	1,800	1,500	1,250	-	-	-
SAE 100R17	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
SAE 100R2	5,000	4,000	3,500	2,800	2,250	2,000	1,625	1,250	1,125
2SC	5,800	4,800	4,000	3,600	3,100	2,400	-	-	-
SAE 100R4	-	-	-	300	300	250	20	150	100
SAE 100R7	3,000	2,300	2,000	1,500	1,300	1,000	-	-	-
SAE 100R8	5,000	4,000	3,500	2,900	2,400	2,030	-	-	-

Fuente: Manual hidráulica Muncie Power

10.6.7. Selección del aceite hidráulico y filtro.

Para la selección del aceite hidráulico y el filtro se toma en cuenta de los parámetros de funcionamiento de los equipos y el nivel de limpieza que deben tener constantemente en plena operación a pesar de las condiciones críticas que podrían generarse en el sitio de descarga.

De esta manera se describe las características de los equipos:

Tabla 9*Datos y características del sistema hidráulico de accionamiento*

Temperatura de ambiente	-12°C @ 19°C	Variación de temperaturas en el año
Presión de trabajo Bomba	2000psi (138bar)	Escogemos para esta presión menores que 200bar de la figura 27.
Nivel contaminación bomba	Contaminación 12/21/18 Capacidad de filtraje: Bx=75 y 40μ	Se escoge de la figura 27 con presión menor de 200bar
Rango de temperatura de la bomba	-10°C @ 80°C	Selección de la figura 27
Viscosidad de operación de la bomba	-12 @ 100 cSt	Selección de la figura 27
Nivel de contaminación de la válvula de reguladora y alivio	Contaminación 17/14/19	Selección de la figura 28
Viscosidad de operación motor hidráulico	13 cSt	Selección de la figura 29
Rango de operación del motor hidráulico	-34 @ 82 °C	Selección de la figura 29
Nivel de contaminación del motor hidráulico	Contaminación 20/18/13	Selección de la figura 29

Fuente: Elaboración propia

Figura 28*Ficha técnica de bombas kozmaksan*

Inlet Pressure		0.7÷ 1.5 bar	
Operating Viscosity Range		-12:100 cSt	
Fluid Temperature		-10 °C+80 °C	
Working Pressure	Contamination		Filter
	NAS 1638	ISO 4406	βx=75
≥200 bar	11	20/17	25 μm
≤200 bar	12	21/18	40 μm



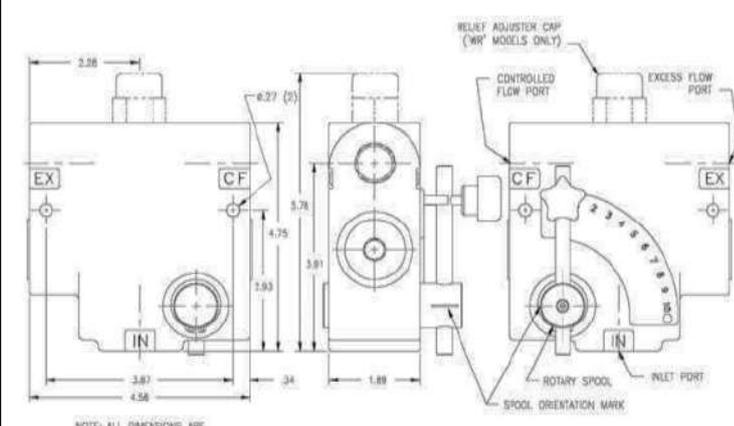
HYDRAULIC SYMBOL

Fuente: Ficha técnica kozmaksan

Figura 29

Ficha técnica Prince

RELIEF PRESSURE INFORMATION:
 Inlet relief protection available on "WR" models. Relief pressure preset at 1500 PSI. To adjust, remove acorn nut, turn adjusting screw clockwise to increase pressure, counterclockwise to reduce pressure. Reinstall acorn nut after adjusting. Use a pressure gauge when making adjustments.



VALVE SPECIFICATIONS

- 30 GPM max flow
- 3000 PSI max
- 180° F max temp
- Filtration 17/14/19
- For use with mineral based hydraulic fluid
- Side port configuration
- 100% Tested
- External seals on rotary spool prevent contamination from locking up spool

KITS

PART NO.	DESCRIPTION	LIST
660170064	HANDLE KIT	16.50
660170086	RELIEF KIT	34.00
660570004	SEAL KIT	16.00

Fuente: Ficha técnica PRINCE

Figura 30

Características de motor Eaton serie 2000

2000 Series

Specifications

Note: To assure best motor life, run motor in low speed high torque mode at approximately 30% of continuous pressure and 50% of continuous flow for 30 minutes in each direction before application of full load. Ensure that motor is filled with fluid prior to operation.

Maximum inlet pressure:
310 bar [4500 PSI]

Do not exceed Δ pressure rating (see chart above).

Maximum return pressure:
310 bar [4500 PSI] with case drain line installed.

Do not exceed Δ pressure rating (see chart above).

Δ bar [Δ PSI]
The true pressure difference between inlet port and outlet port.

Continuous rating:
Motor may be run continuously at these ratings.

Intermittent operation:
10% of every minute

Peak operation:
1% of every minute

Recommended fluids:
Premium quality, anti-wear type hydraulic oil with a viscosity of not less than 13 cSt [70 SUS] at operating temperature.

Recommended system operating temp:
-34°C to 82°C [-30°F to 180°F]

Recommended filtration:
per ISO Cleanliness Code, 4406: 20/18/13

Thermal shock warning:
Do not operate the motor with fluid that is 70F or more above the motor temperature.

Minimum delta pressure warning:
Motors must not run with equal inlet and outlet pressure 50 PSID minimum delta pressure between motor ports is required at all times (except when switching direction of rotation)

C-1

Fuente: EATON LOW SPEED HIGH TORQUE MOTORS E-MOLO-MC001-E9—July 2021

Entonces la selección del filtro de aceite será lo siguiente según la tabla de datos generados.

21/18/12	Bomba
19/17/14	Válvula reguladora y alivio
20/18/13	Motor hidráulico
Bx=75	Tasa de beta

Seleccionamos el código de limpieza 19/17/12 según la TABLA 10 y seleccionamos el tipo de filtro de la (figura 31).

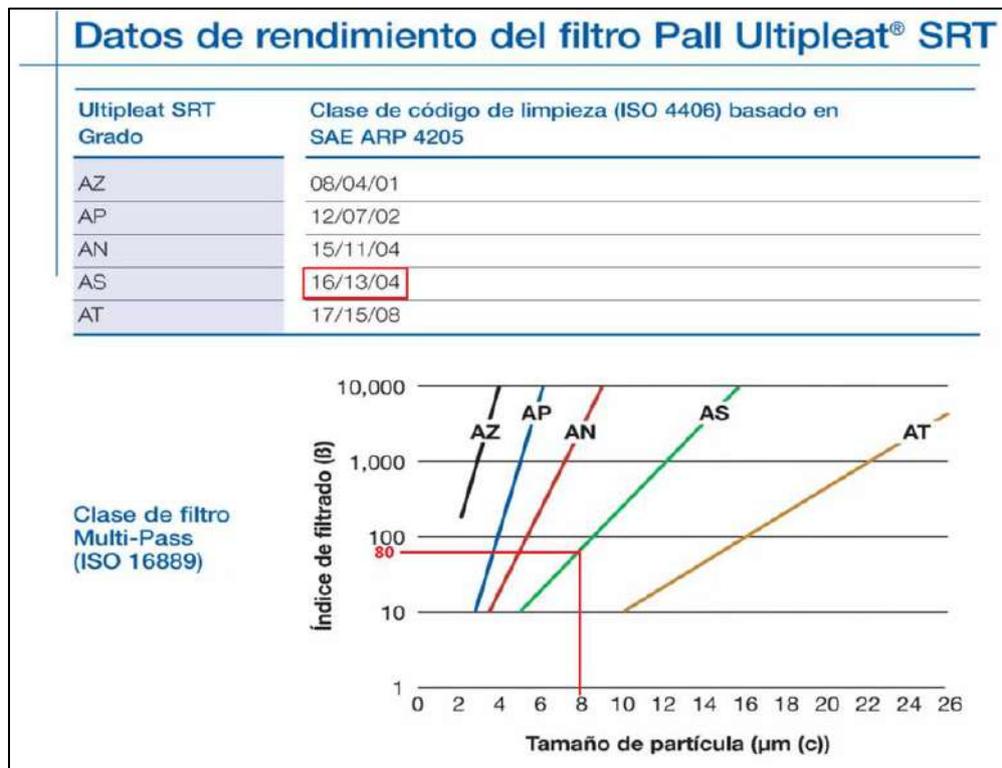
Por lo tanto, se elige el filtro Pall Ultipleat AS 16/13/04 (Bx=80) (25μ)

Seleccionamos el aceite hidráulico para un rango de temperatura de -10°C @ 82°C y -12 @ 100 sCt y de la TABLA 11 se obtiene lo siguiente:

Por lo tanto, se elige el aceite hidráulico ISO VG32-índice de viscosidad 115.

Figura 31

Rendimiento de filtros hidráulicos Pall Ultipleat



Fuente: Ficha técnica Pall Ultipleat SRT

Tabla 10*Escala de contaminación ISO 4406*

Número de partículas por ml (CODIGO ISO4406:1999)					
Desde	Hasta	>4micrones	>6 micrones	>14 micrones	Rango de número
2500000					>28
1300000	2500000				28
640000	1300000				27
320000	640000				26
160000	320000				25
80000	160000				24
40000	80000				23
20000	40000				22
10000	20000	21			21
5000	10000	20			20
2500	5000	19			19
1300	2500		18		18
640	1300		17		17
320	640				16
160	320				15
80	160			14	14
40	80			13	13
20	40			12	12
10	20				11
5	10				10
2.5	5				9
1.3	2.5				8
0.64	1.3				7
0.32	0.64				6

Fuente: Manual ISO 4406

Tabla 11*Tabla de viscosidades según norma DIN51519*

Tabla de viscosidad DIN 51519

Viscosidad ISO	Viscosidad a 40 °C [mm ² /s]	Límites de viscosidad		
		Nominal	Media	Mínima
ISO VG 2	2.2		1.98	2.42
ISO VG 3	3.2		2.88	3.52
ISO VG 5	4.6		4.14	5.06
ISO VG 7	6.8		6.12	7.48
ISO VG 10	10		9.00	11
ISO VG 15	15		13.50	16.5
ISO VG 22	22		19.80	24.2
ISO VG 32	32		28.80	35.2
ISO VG 46	46		41.40	50.6
ISO VG 68	68		61.20	74.8
ISO VG 100	100		90.00	110
ISO VG 150	150		135.00	165
ISO VG 220	220		198.00	242
ISO VG 320	320		288.00	352
ISO VG 460	460		414.00	506
ISO VG 680	680		612.00	748
ISO VG 1000	1000		900.00	1100
ISO VG 2200	2200		1,980.00	2420
ISO VG 3200	3200		2,880.00	3520

Fuente: Manual de la norma DIN51519

10.7. Montaje de equipos

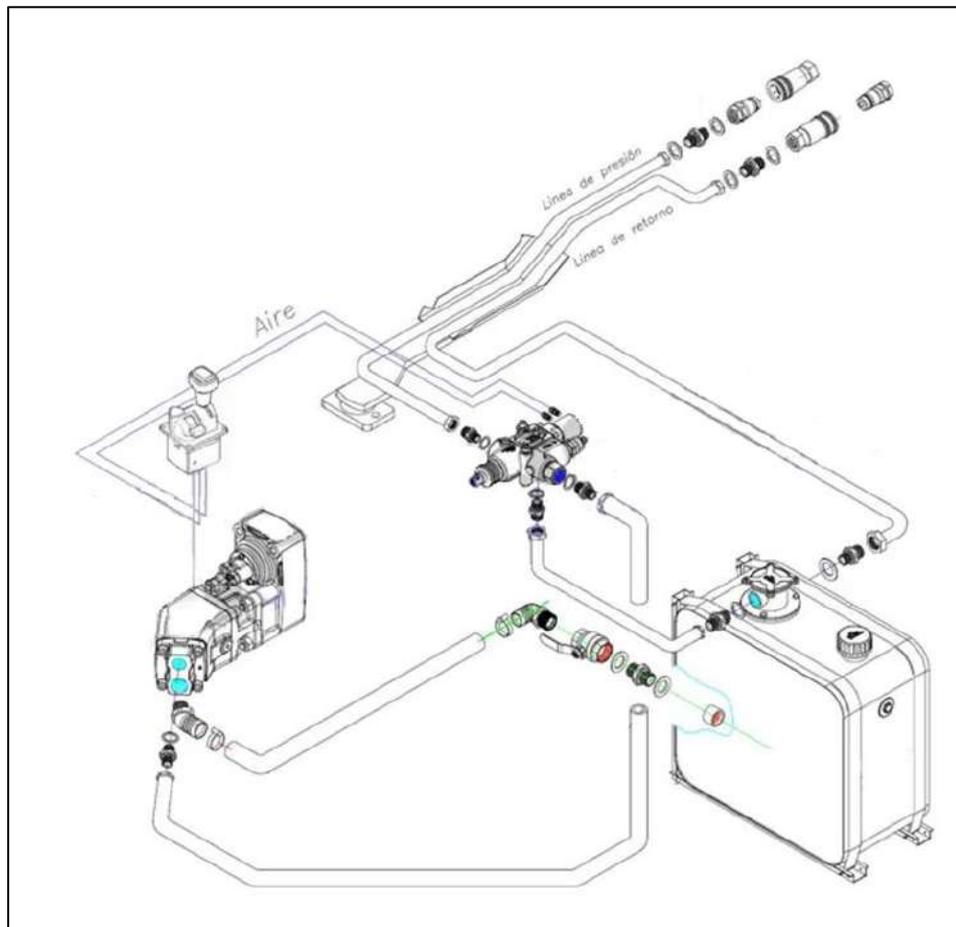
Las actividades de montaje de los equipos hidráulicos y de descarga son las actividades más críticas en el proceso constructivo por lo cual se deben de seguir a detalle las recomendaciones de los fabricantes, los estándares y las normas que aplican para cada proceso.

10.7.1. Montaje del sistema hidráulico.

El montaje de los equipos hidráulicos son las principales actividades, desde la parte de la transmisión del vehículo hasta motor hidráulico.

Figura 32

Diagrama de sistema hidráulico PTO



Fuente: Elaboración propia

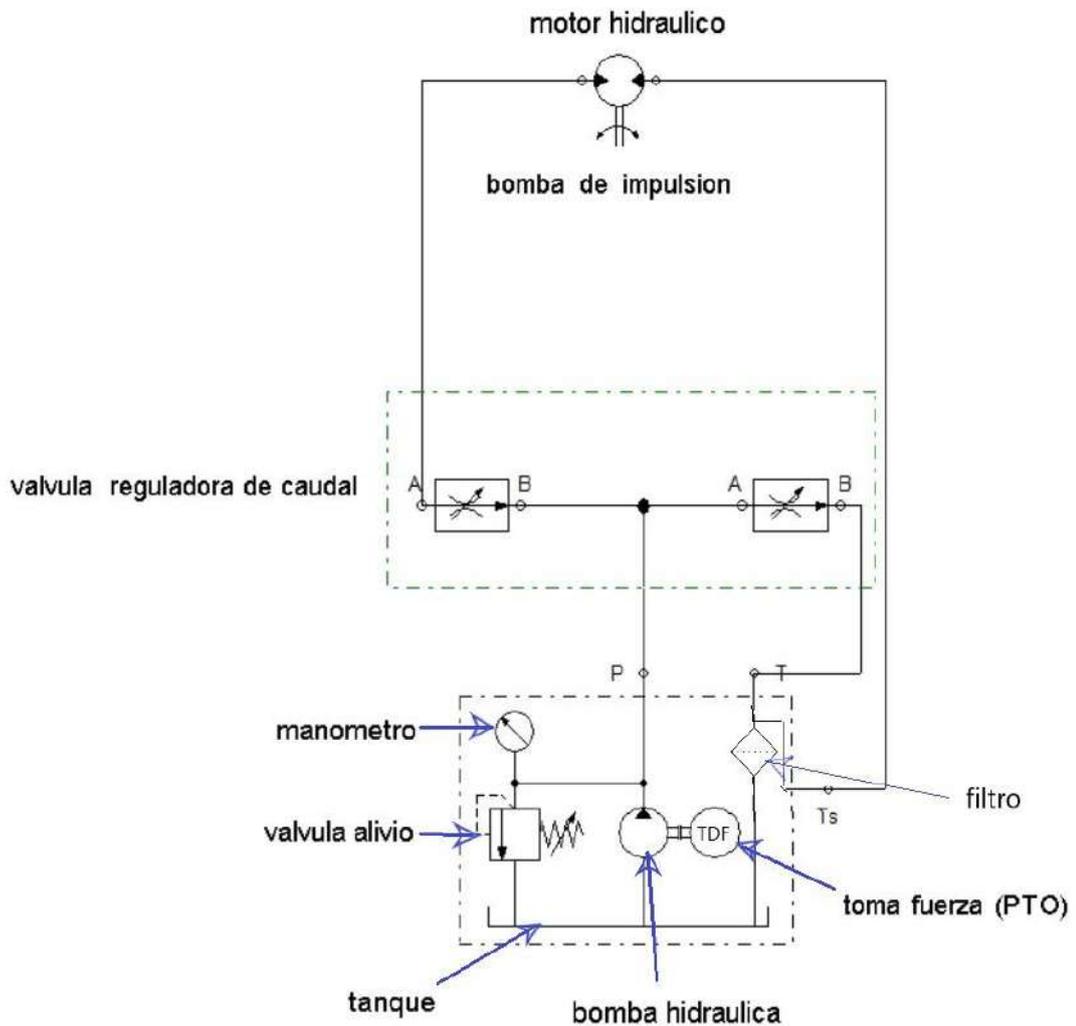
El diagrama de flujo del proceso en la instalación seria de la siguiente manera:



El diagrama hidráulico de esta instalación para el proyecto seria de la siguiente forma.

Figura 33

Diagrama de sistema hidráulico general



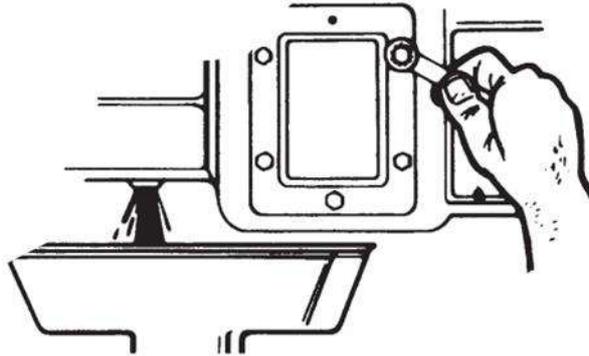
Fuente: Elaboración propia

10.7.1.1. Montaje de la toma de fuerza (pto)

1. Se destapa la cubierta del PTO en la caja de transmisión para la instalación de la toma fuerza.

Figura 34

Desmontaje tapa de PTO

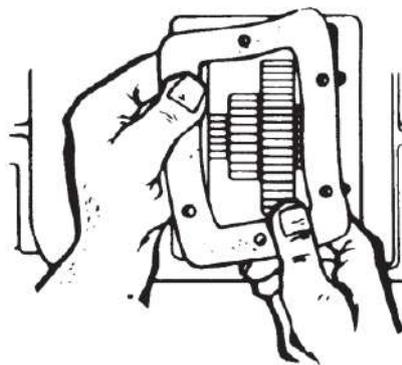


Fuente: Manual Eaton Fuller

2. Se coloca el empaque de sellado de las bridas de conexión para evitar la fuga del aceite de caja de velocidades.

Figura 35

Empaque de tapa de PTO



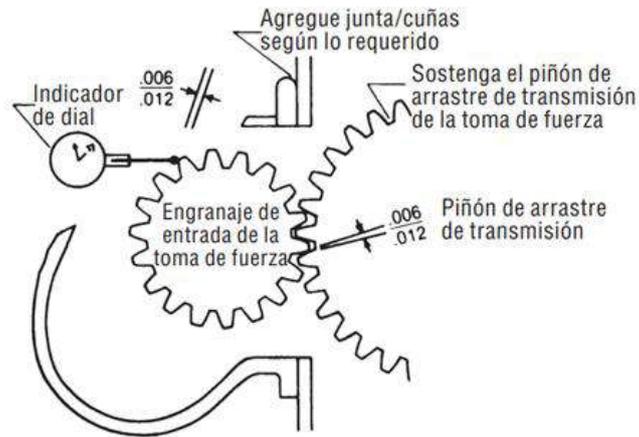
Fuente: Manual Eaton Fuller.

3. Al momento de la instalación se inspecciona la holgura entre los piñones de la caja y la toma fuerza a ser instalada, la tolerancia de juego de piñones debe estar entre

los rangos de 0.006pulg a 0.012pulg.

Figura 36

Acople de toma de fuerza-holguras

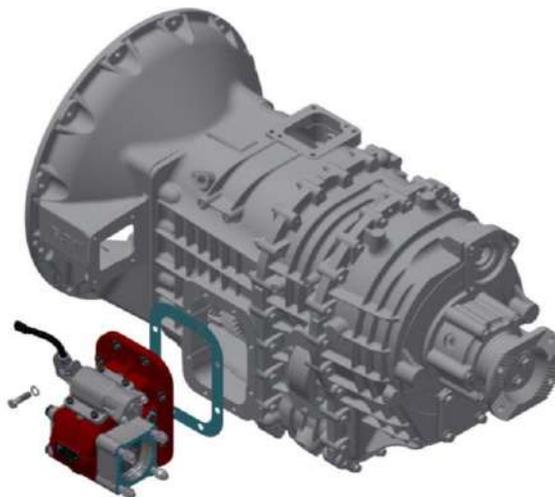


Fuente: Manual Eaton Fuller

4. Una vez instalado se termina ajustando los 6 pernos de la brida de unión los pernos de 12mm deberán tener 122 N-m de torque

Figura 37

Instalación de toma de fuerza



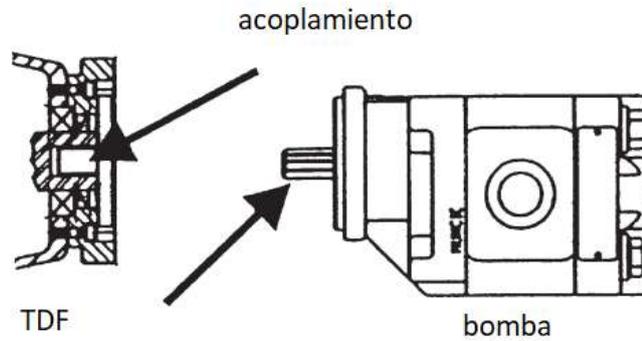
Fuente: Manual Eaton Fuller

10.7.1.2. *Montaje de la bomba hidráulica.*

1. Se hace la conexión de la brida del eje de conexión de la bomba y la toma fuerza.

Figura 38

Montaje de bomba hidráulica

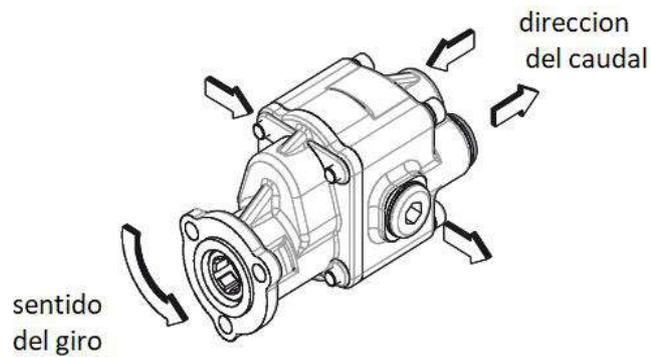


Fuente: Manual técnico kozmaksan

2. Se toma en cuenta el sentido de giro de la bomba para determinar la dirección de alta presión de fluido hidráulico, en la cual se determinó el giro antihorario y se marcó la salida del flujo de alta presión.

Figura 39

Sentido de flujo de bomba hidráulica

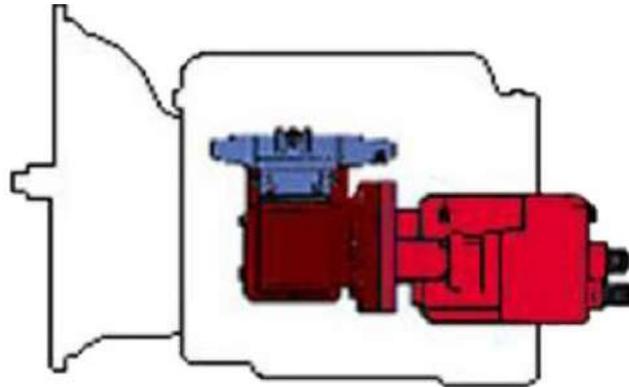


Fuente: Manual técnico kozmaksan

3. El ajuste entre la brida de la bomba y la toma de fuerza son 4 pernos de 12mm que deberán tener un ajuste de 122N-m.

Figura 40

Instalación de bomba hidráulica



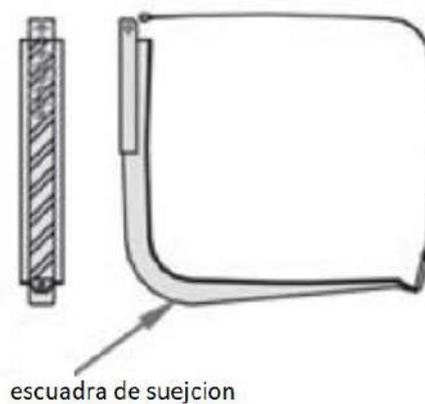
Fuente: Manual Eaton Fuller

10.7.1.3. Montaje del tanque hidráulico

Instalación de la escuadra de sujeción al chasis con pernos de 5/8x3" con un torque de 210N-m para el aseguramiento del tanque hidráulico.

Figura 41

Instalación de tanque hidráulico

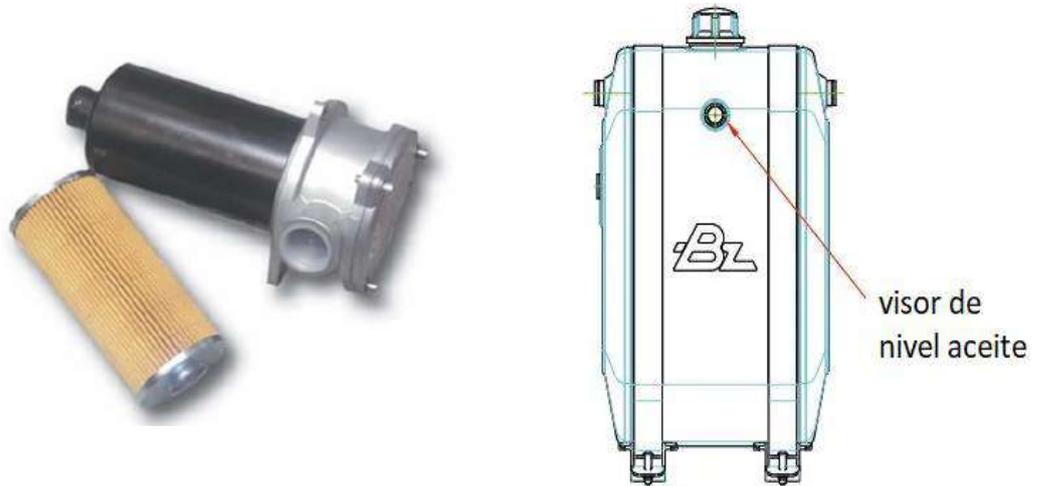


Fuente: Manual Bezares

Instalación del filtro de tanque de aceite según las especificaciones recomendadas y evaluadas en este informe, así mismo el relleno del aceite hidráulico hasta que se divise en el visor de nivel de aceite.

Figura 42

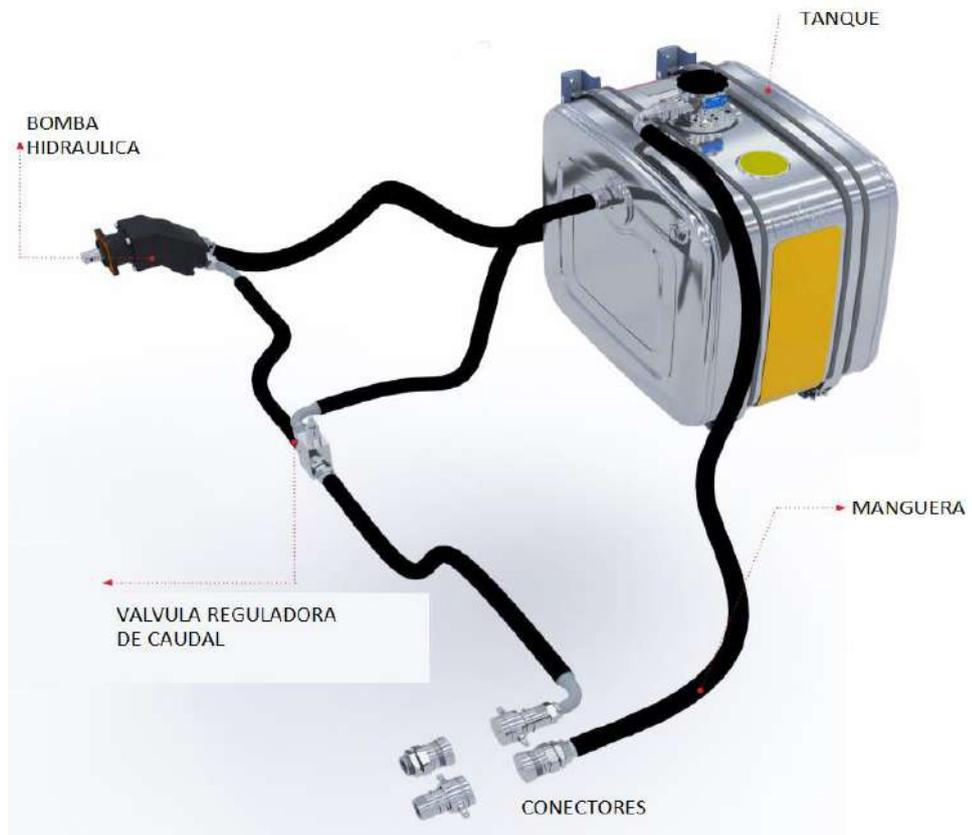
Kit de filtros de tanque hidráulico



Fuente: Manual Bezares

Figura 43

Sistema de tanque hidráulico



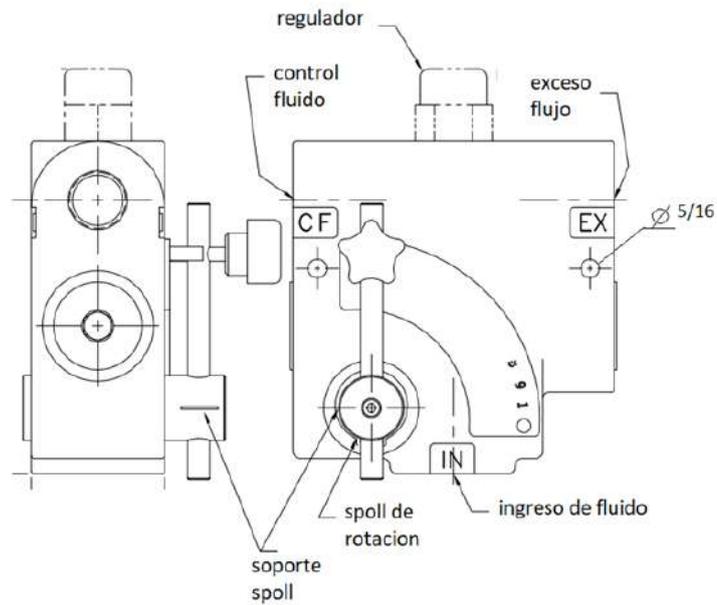
Fuente: Manual Bezares

10.7.1.4. Montaje de la válvula reguladora de caudal y conexiones hidráulicas

1. Instalación del soporte de la válvula con pernos de 5/16x3" con un ajuste de 13N-m.

Figura 44

Válvula reguladora de caudal

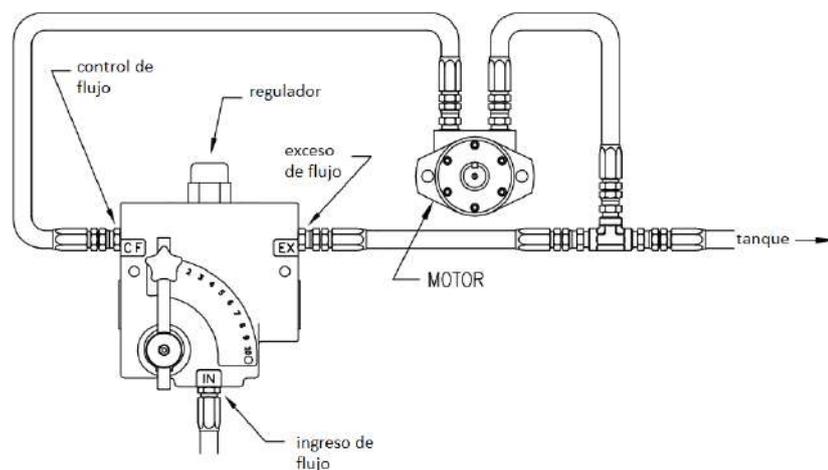


Fuente: Ficha técnica PRINCE

2. Se instala las conexiones de las mangueras hidráulicas y accesorios de conexión del sistema según diagrama para las conexiones del circuito a los equipos.

Figura 45

Diagrama de instalación válvula reguladora de caudal

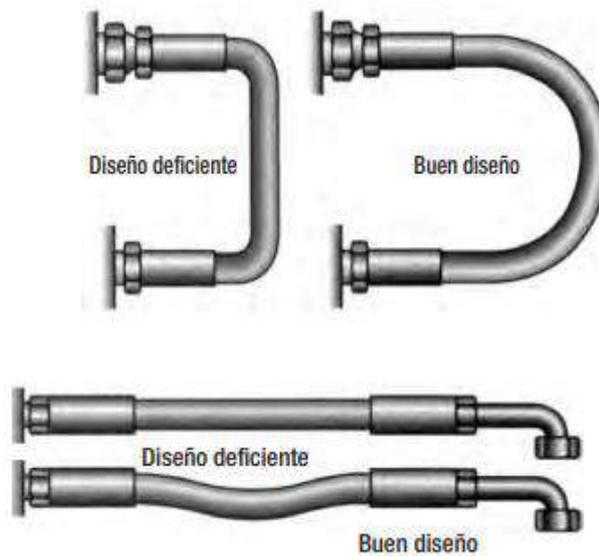


Fuente: Ficha técnica PRINCE

3. Las mangueras deben ser conectadas con las siguientes especificaciones según la forma de instalación, y los ajustes de los niples en los conectores es de 100N-m.

Figura 46

Diagrama de conexiones de mangueras hidráulicas



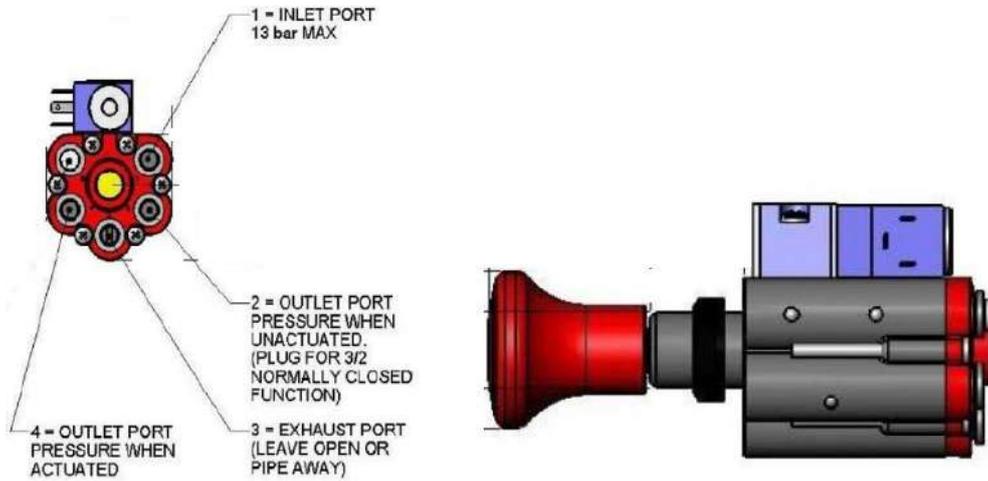
Fuente: Manual de Muncie Power

10.7.1.5. Instalación de sistema neumático para accionamiento pto.

La instalación del sistema de accionamiento neumático de la toma fuerza será del sistema neumático de la unidad que tomará parte del flujo de aire almacenado en el tanque de aire del remolcador, esta será comandada por una válvula de control manual en el tablero de la unidad, la presión de trabajo será de 120psi como máximo, esto quiere decir que al activar dicha válvula se acoplara el tomade fuerza con la caja de transmisión y dará el movimiento mediante el eje de acople a la bomba hidráulica.

Figura 47

Diagrama de conexiones de interruptor neumático PTO



Fuente: Manual de Muncie Power

10.7.1.6. *Instalación del sistema de descarga.*

Figura 48

Imagen de instalación sistema descarga emulsión



Fuente: Elaboración propia

- ✓ Comprobación de la rotación de la bomba a 200RPM con el equipo de tacómetro. A una presión de 1800psi en el sistema hidráulico.

Figura 49

Imagen de instalación sistema descarga emulsión



Fuente: Elaboración propia

- ✓ Se comprobó la descarga en la Unidad Minera Constancia con el tiempo de descarga y con las mismas condiciones del producto.

Figura 50

Imagen de instalación sistema descarga emulsión



Fuente: Elaboración propia

11. EVALUACIÓN ECONÓMICA.

En este capítulo detalla los costos referenciales incurridos para la ejecución de los trabajos.

Los costos reales han sido dependientes de muchos factores como frecuencia de traslado, la distancia desde la planta hasta los silos de almacenaje, cantidad de material transportado.

Los materiales y equipos a implementar se van a detallar en este informe por cada unidad puesta en marcha.

La decisión de compra de los equipos y accesorios se ha tomado bajo los siguientes criterios:

✓ Criterio de características de los equipos y accesorios.

1. Costo
2. Calidad y tipo de material
3. Disponibilidad
4. Soporte post venta
5. Aplicación
6. Accesorios para mantenimiento
7. Capacidad
8. Diseño del equipo
9. Factibilidad de montaje

✓ **Criterio por criticidad de los equipos y accesorios**

Tabla 12

ITEM	EQUIPOS Y ACCESORIOS	NIVEL DE CRITICIDAD DE EQUIPOS	RIESGOS
1	Tanque hidráulico	ALTO	Derrame de aceite hidráulico
2	Válvula reguladora de caudal	ALTO	Derrame de aceite hidráulico
3	Bomba de emulsión	ALTO	Derrame de emulsión matriz
4	Mangueras hidráulicas	ALTO	Derrame de aceite hidráulico
5	Disco de ruptura	ALTO	Derrame de emulsión matriz
6	Manómetros	ALTO	Derrame de aceite hidráulico
7	Acoples rápidos	ALTO	Derrame de aceite hidráulico
8	Válvula mariposa	ALTO	Derrame de emulsión matriz
9	Toma fuerza	BAJO	Parada del sistema
10	Interruptores de PTO	BAJO	Parada del sistema
11	Acople de eje motor-bomba	BAJO	Parada del sistema
12	Bomba hidráulica	LEVE	Parada del sistema y/o falla a otros componentes
13	Motor hidráulico	LEVE	Parada del sistema y/o falla a otros componentes

Criterios de evaluación por criticidad

Fuente: Elaboración propia

Tomando estos criterios de selección se han adquirido los equipos y accesorios según los requerimientos del área de logística con los proveedores que cumplan los dos criterios.

Las compras por el área de logística como órdenes de compra se tienen en el anexo siguiente:

- ✓ ORDEN COMPRA DE LA BOMBA BOWIE A003-00010968
- ✓ ORDEN DE COMPRA MOTOR HIDRÁULICO A003-00011058
- ✓ ORDEN DE COMPRA DE KIT SISTEMA HIDRÁULICO A003-000010204

11.1. Costo de implementación de los equipos

El costo de la implementación de los equipos hidráulicos para el accionamiento del equipo de descarga está dividido de la siguiente manera:

11.1.1. Equipo hidráulico y PTO por cada unidad implementada.

Tabla 13

Tabla de Costos de equipos y accesorios

ITEM	DESCRIPCION DE COMPONENTES	CANTIDAD	UNIDADES	COSTO (\$:dólar)	COSTO SUB TOTAL
1	Mando NTCO BZ101	1	pza	70.00	\$70.00
2	Bomba de engranajes de 60Lt	1	pza	630.00	\$630.00
3	PTO S2000 BZ	1	pza	700.00	\$700.00
4	Válvula de alivio RV-2H	1	und	150.00	\$150.00
5	Válvula reguladora de flujo	1	und	300.00	\$300.00
6	Estanque hidráulico lateral 160lt más filtros	1	pza	700.00	\$700.00
7	Manómetro de presión 3000psi	1	pza	80.00	\$80.00
8	Aceite hidráulico ISO VG 32 kit de mangueras 1/2" y	32	gal	16.00	\$512.00
9	niples hidráulicos	1	kit	400.00	\$400.00

Total ED: 3,462.00 dólares

Fuente: Elaboración propia

11.1.2. Equipo de descarga de emulsión matriz

Tabla 14

Costos de instalación de sistema de descarga de emulsión matriz

INSTALACIÓN DE SISTEMA DE DESCARGA DE EMULSIÓN (BOMBONA)					
ITEM	DESCRIPCION DE COMPONENTES	CANTIDAD	UNIDADES	COSTO	COSTO SUB TOTAL
1	Bomba bowie 3in - L3400	1	und	3106	3106
2	Motor hidráulico	1	und	500	500
3	Acople de L110 1 1/8"	1	pza	83.78	85
4	Disco de ruptura de 100psi	1	pza	330.4	330
5	Válvula mariposa de 4"	1	pza	48.64	50
6	Manometro 100psi	1	und	30.92	31
7	Acople camlock A3"	1	und	17.4	18
8	Tapa para camlock F-300	1	und	9.45	10
9	Acople hidráulico de 1/2" macho y hembra	1	kit	33.9	34
10	Membrana de manómetro de presión	1	pza	81.08	82

Total ED: \$4,375.00 dólares

Fuente: Elaboración propia

11.1.3. Costo de servicio de instalación del sistema hidráulico y descarga.

Se evaluó los costos de mano de obra de los técnicos de distintas áreas y la supervisión de los trabajos en cada actividad.

Tabla 15

Costos técnicos

COSTOS DE TÉCNICOS				
ITEM	DESCRIPCION DE COMPONENTES	CANTIDAD	TIEMPO	COSTO
1	Costo del soldador	1	día	\$ 31
2	Costo del mecánico	1	día	\$ 31
3	Costo del pintor	1	día	\$ 26
4	Costo del supervisor	1	día	\$ 40

Fuente: Elaboración propia

Los costos de mano de obra de la instalación en los dos sistemas implementados serán de la siguiente forma:

Tabla 16

Costos de actividades de instalación de sistemas hidráulicos

COSTOS DE ACTIVIDADES DE INSTALACIÓN DE SISTEMA HIDRÁULICO							
ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	TÉCNICO	TIEMPO	UNIDADES	CANTIDAD OPER.	COSTO	COSTO SUB TOTAL
1	Fabricación de soporte de válvulas hidráulicas	Soldador	1	día	1	\$31.00	\$31.00
		Pintor	0.25	día	1	\$26.00	\$6.50
2	Fabricación de soporte de estanque hidráulico	Soldador	1	día	1	\$31.00	\$31.00
		Pintor	0.25	día	1	\$26.00	\$6.50
3	Fabricación de base de motor hidráulico	Soldador	0.5	día	1	\$31.00	\$15.50
		Pintor	0.25	día	1	\$26.00	\$6.50
4	Drenaje del aceite caja para montaje PTO	Mecánico	0.1	día	1	\$31.00	\$3.10
5	Montaje de la toma fuerza PTO	Mecánico	0.75	día	2	\$31.00	\$46.50
6	Instalación accionamiento neumático PTO	Mecánico	1	día	2	\$31.00	\$62.00
7	Montaje de la bomba hidráulica	Mecánico	1	día	1	\$31.00	\$31.00
8	Instalación de estanque hidráulico	Mecánico	1	día	2	\$31.00	\$62.00
9	Instalación de las válvulas hidráulicas	Mecánico	1	día	1	\$31.00	\$31.00
10	Instalación de las mangueras hidráulicas y accesorios del sistema estanque-válvulas-bomba hidráulica	Mecánico	1	día	2	\$31.00	\$62.00
11	Colocar aceite hidráulico de sistema	Mecánico	0.15	día	1	\$31.00	\$4.65
12	Colocar aceite de caja y prueba del componente	Mecánico	0.25	día	1	\$31.00	\$7.75
13	Prueba de funcionamiento del sistema	Mecánico	0.5	día	2	\$31.00	\$31.00
14	Supervisión de las actividades totales	Supervisor	5	día	1	\$40.00	\$200.00

Total MQ-SH: \$638.00 dólares

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17*Costos de actividades de instalación de sistemas hidráulicos de descarga*

COSTOS DE ACTIVIDADES DE INSTALACION DE SISTEMA DE DESCARGA							
ITEM	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	TECNICO	TIEMPO	UNIDADES	CANTIDAD OPER.	COSTO	COSTO SUB TOTAL
1	Instalación de acoples hidráulicos en la tubería de la bombona	Mecánico	0.5	día	1	31	\$15.50
2	Instalación de manguera hidráulica desde la tubería de paso de la bombona al motor hidráulico	Mecánico	0.15	día	1	31	\$4.65
3	Instalación de motor hidráulico	Mecánico	0.25	día	1	31	\$7.75
4	Instalación llaves de paso tipo mariposa en la tubería de succión	Mecánico	0.25	día	1	31	\$7.75
5	Instalación de la tubería de succión	Mecánico	0.25	día	2	31	\$15.50
6	Instalación de bomba de descarga	Mecánico	0.5	día	2	31	\$31.00
7	Instalación de tubería de	Mecánico	0.5	día	1	31	\$15.50
8	descarga	Soldador	0.25	día	1	31	\$7.75
9	Instalación de accesorios: disco ruptura, manómetro, acople	Soldador	0.5	día	1	31	\$15.50
10	Pintado de tubería de succión y descarga	Pintor	0.25	día	1	26	\$6.50
11	Instalación de acople de eje bomba-motor hidráulico y alineamiento de ejes	Mecánico	1	día	2	31	\$62.00
12	Fabricación de guarda de protección del eje del motor	Soldador	0.5	día	1	31	\$15.50
13	y motor hidráulico	Pintor	0.1	día	1	26	\$2.60
14	Prueba de funcionamiento del sistema	Mecánico	0.5	día	2	31	\$31.00
15	Supervisión de las actividades totales	Supervisor	4	día	1	40	\$160.00
Total MO-ED:						\$239.00 dólares	

Fuente: Elaboración propia

11.2. Planes y programas de mantenimiento

Los planes y programas de mantenimiento están relacionados a los equipos implementados para un seguimiento y control del funcionamiento óptimo del sistema.

✓ **Mantenimiento preventivo de remolcador y sistema hidráulico PTO.** **(Anexo: PLAN DE MANTENIMIENTO DE REMOLCADORES)**

Plan de Mantenimiento Preventivo de Remolcadores, se debe realizar tomando en consideración los planes de mantenimiento del fabricante asimismo se prioriza la inspección, y lubricación con menor frecuencia para mejorar la disponibilidad de los vehículos, por tal efecto se toman 04 rutinas de mantenimiento y 01 de lubricación que la que se describen a continuación.

- Rutina de mantenimiento Tipo “L” a 7500” Km.
- Rutina de mantenimiento Tipo “MP1” de “15000” Km.
- Rutina de mantenimiento Tipo “MP2” equivale a “60000” Km.
- Rutina de mantenimiento Tipo “MP3” equivale a “120000” Km.
- Rutina de mantenimiento Tipo “MP4” equivale a “240000” Km.

✓ **Mantenimiento preventivo de la bombona y sistema de descarga de emulsión.** **(Anexo: PLAN DE MANTENIMIENTO DE SEMIRREMOLQUES)**

Se realiza tomando en consideración las recomendaciones de los fabricantes de sistemas de frenos, rodamiento y lubricantes, también se priorizo la inspección, y lubricación con menor frecuencia para mejorar la operatividad de los vehículos, por tal efecto se tomaron 02 rutinas de mantenimiento y 01 rutina de lubricación que se describen a continuación:

- Rutina de mantenimiento Tipo “L”equivale a “7500” Km.
- Rutina de mantenimiento Tipo “MP1” equivale a “30000” Km.
- Rutina de mantenimiento Tipo “MP2” equivale a “60000” Km.

- Inspección de bomba de emulsión matriz, equivale a cada viaje.

(anexo: FORMATO DE CHECK LIST BOMBA BOWIE Y ACCESORIOS)

Todos los formatos que se describen están contemplados los equipos, accesorios e insumos del sistema de descarga de emulsión matriz, y estos son los siguientes.

- ✓ Bomba de emulsión matriz
- ✓ Bomba hidráulica de engranajes
- ✓ Motor hidráulico
- ✓ Tanque de aceite hidráulico
- ✓ Válvula reguladora de caudal
- ✓ Manómetro
- ✓ Toma de fuerza
- ✓ Interruptores de activación de PTO
- ✓ Mangueras hidráulicas
- ✓ Acoples hidráulicos
- ✓ Disco de ruptura
- ✓ Llave tipo mariposa de 4"
- ✓ Filtro de aceite hidráulico
- ✓ Filtro de respiradero
- ✓ Aceite hidráulico
- ✓ Acople mecánico de eje de motor-bomba hidráulica

12. CONCLUSIONES.

- Se ha calculado el sistema hidráulico tanto en el remolcador y semirremolque, según el requerimiento de la presión del sistema a 2000psi y velocidad de giro del motor hidráulico a 200rpm.
- Se ha calculado el sistema de descarga de emulsión como se ha solicitado la razón de bombeo es de 250Kg/min en un tiempo aproximado de 1 hora y 30 minutos, por un conducto de descarga de 3” de diámetro. EL volumen descargado por cada bombona es de 30000kg, esta será bombeado a los silos de la Minera Constancia, bajo las mismas condiciones físicas y químicas de la emulsión matriz.
- Se ha calculado el sistema en conjunto para la selección de los equipos de descarga y sistema hidráulico para el accionamiento de la bomba de emulsión. El sistema de descarga, utilizara una bomba de impulsión que cumplen las características de torque, caudal y velocidades adecuadas según diseño del circuito y requerimiento del cliente, adicional a ello se instaló elementos de seguridad y control en plena operación.
- Se han implementado los equipos según los cálculos seleccionados, se ha tomado referencias de instalación y sujeción de ajuste de pernos, alineamiento de ejes, ajuste de tuercas de mangueras, aislamiento de mangueras hidráulicas, e instalaciones de soportes y accesorios del sistema.
- Se han calculado los costos de implementación del proyecto, en base a los costos que requerirá renovación en un tiempo de 5 años.
- Se han implementado los planes y programas de mantenimiento que describen del funcionamiento de los equipos implementados y según las características de los equipos, así como las condiciones operacionales. Adicional a ello se hicieron las pruebas de funcionamiento según los parámetros deseados.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Barzola, R. (2021). Análisis dinámico estructural de un semirremolque tipo bombona para transporte de emulsión matriz con capacidad de 26.5 metros cúbicos, mediante simulaciones numéricas.
- Carrera Alegre, M., Castejón Herrer, L., Malón, H., Valladares Hernando, D., Martín Lafuente, C., García de Jalón, J., ... & Martín López, Á. L. (2016). Estudio de la vida frente a fatiga de semirremolques. Banco de ensayo y simulación por ordenador. Dyna (Spain).
- DOT (2017). Norma norteamericana para el transporte de materiales peligrosos Department of Transportation (DOT), The code of federal regulations (CFR) title-49, ultima consultado 20 de abril 2017. Recuperado de <http://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=a0fcbd8531de41b122bed5d0926a89b&mc=true&n=sp49.3.178.j&r=SUBPART&ty=HTML>
- Jutglar, L. (2008). Bombas, ventiladores y compresores.
- Kentish, D. (1988): Diseño, Selección, Cálculo, Accesorios: D.N.W. Kentish
- Méndez, M. V. (1995). Tuberías a presión en los sistemas de abastecimiento de Agua. Universidad Católica Andres.
- MTC, (2006). Decreto Supremo N. ° 058-2003-MTC. Publicado el 01 abril (2006), Reglamento Nacional De Vehículos.
- MUNCIE (2020). Conceptos básicos de los sistemas de toma fuerza. Octava edición.
- MUNCIE (2023). Conceptos básicos de los sistemas hidráulicos montados en camiones. Octava edición.
- Niño, J. (1996). Manual moderno sobre alineamiento de ejes de maquinarias.
- Palacin, F. (2008). Mecánica de fluidos. Editorial San Marcos EIRL. Primera edición.
- Ranate, F. (2011). Manual hidráulico básica-manual de trabajo.
- Villaronga, M. (1933) Manual de Olehidraulica Industrial-España 5ta edición

14. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer un estudio de la línea de la descarga en las bombonas de emulsión, ya que en este proyecto se consideró según ya el diseño efectuado por el fabricante de la bombona.
- Se recomienda tomar en cuenta para otros productos similares que tengan las mismas características y que requieran transportar y hacer la descarga con el mismo procedimiento descrito en este informe.
- Se recomienda para próximos diseños evaluar la instalación de elementos de medición en los mismos equipos, donde nos tenga la visión constante durante la operación como, por ejemplo: medidor de temperatura, medidor de revolución del eje de la bomba.
- Se recomienda el estudio de elementos o sistemas de enfriamiento del circuito hidráulico en caso la operación exceda los parámetros de temperatura.

15. ANEXO

15.1. MARCO TEÓRICO

15.1.1. Fluidos hidráulicos

✓ **Flujo de fluidos**

El flujo se define a un fluido en movimiento sin alterar sus propiedades en función de ciertas variables físicas como son presión, densidad y velocidad en todas las partes de los puntos del fluido.

✓ **Viscosidad**

Se define como la resistencia que ofrece un cuerpo a fluir, de este modo la viscosidad del fluido determina la existencia de un gradiente de velocidades para el flujo interno de un fluido a través de una conducción.

✓ **Presión hidráulica.**

Es la energía generada por un accionamiento de un equipo hidráulico como una bomba que genera un caudal de un fluido.

15.1.2. Equipos hidráulicos.

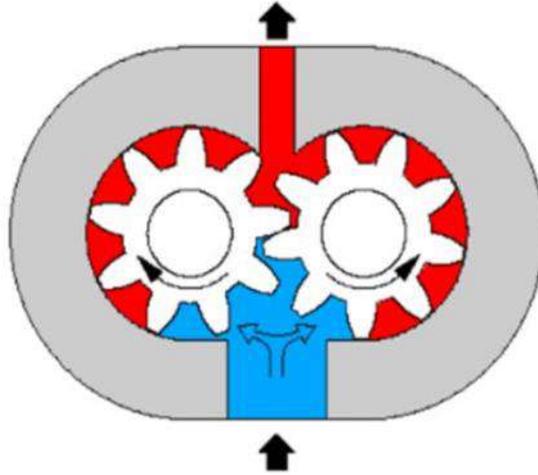
✓ **Bomba de engranajes.**

Son un tipo de bombas industriales utilizadas especialmente para el bombeo de fluidos que presentan un alto grado de viscosidad.

Tienen la característica de ser de desplazamiento positivo, es decir se encargan de guiar el fluido a lo largo de toda la instalación, manteniendo un flujo suave proporcional a la velocidad a la que giran sus engranajes internos o ruedas dentadas.

Figura 51

Imagen de bomba hidráulica de engranajes



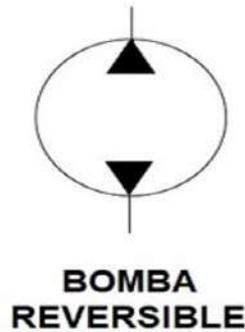
Fuente: Manual de olehidraulica industrial VICKERS-quinta edición 1993

Ventajas principales.

- El caudal puede alcanzar de 1 a 600 l/min su presión varía de 213 a 2500psi (presión de punta hasta 2800psi).
- La velocidad de rotación es de 500 a 3000 rpm
- Tienen una construcción simple con reparaciones simples y costo bajo
- Cojinetes externos que facilitan el mantenimiento y menos tiempo
- Pueden llegar a un 93% de rendimiento volumétrico.
- El tipo de diseño interno más usual es el de engranajes rectos.

Figura 52

Símbolo de bomba hidráulica doble sentido



Fuente: Manual hidráulica FESTO TP 501

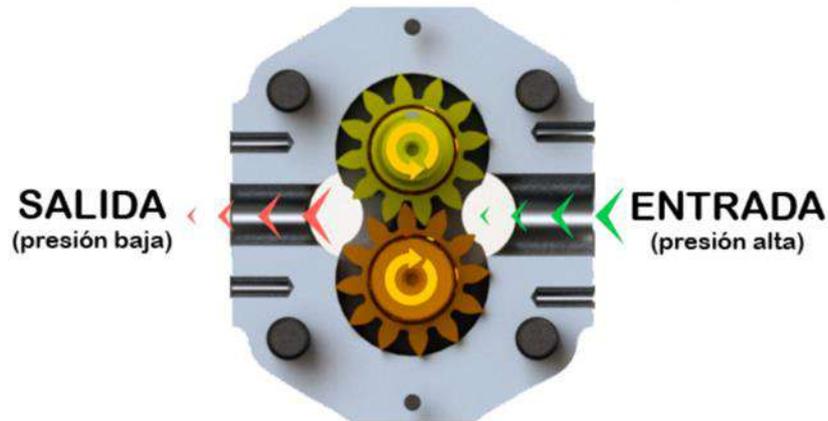
✓ **Motor hidráulico.**

Se define como un actuador mecánico, que convierte la presión y flujo, dentro de un sistema hidráulico, en par de torsión y con un desplazamiento angular, en otras palabras, una rotación o giro. La función que desempeña este actuador es la contraria a una bomba hidráulica.

La selección del tipo de motor hidráulico es en base a la confiabilidad operacional requerida, vida útil requerido, y desempeño. Cuando se determine el tipo de fluido a utilizar y la presión del sistema se procede la selección del tamaño y la economía de la instalación del componente en mención.

Figura 53

Diagrama de motor hidráulico



Fuente: Muncie Power 9na edición

Figura 54

Simbología de bomba hidráulica reversible



Fuente: Manual hidráulica FESTO TP 501

Otra de las características utilizadas en un motor hidráulico es su desplazamiento, que es el volumen de aceite que requiere el motor para girar una completa. La rotación por la cual el motor hidráulico gira, depende de la velocidad del llenado con aceite en el sistema. Es por ello que esta revolución es directamente proporcional a la razón de flujo del aceite hidráulico a través del motor hidráulico, y a su vez es inversamente proporcional al desplazamiento del motor hidráulico.

Los motores hidráulicos se clasifican en los de alta velocidad con torque bajo o motores hidráulicos de baja velocidad con torque alto. Esta última descripción también se denomina motor gerotor y se utiliza comúnmente para los accionamientos de bombas, torres para grúas o escaleras, así como para los accionamientos de taladros. Generalmente, estos motores funcionan a revoluciones de menos de 100 RPM hasta 800 RPM. La ventaja del diseño gerotor es la de multiplicar un torque dentro del motor hidráulico, lo que lo convierte en una buena opción para todas las aplicaciones que demandan un alto torque en el arranque.

Figura 55

Imagen de motor hidráulico tipo Gerotor



Diseño tipo gerotor

Fuente: Muncie Power 9na edición

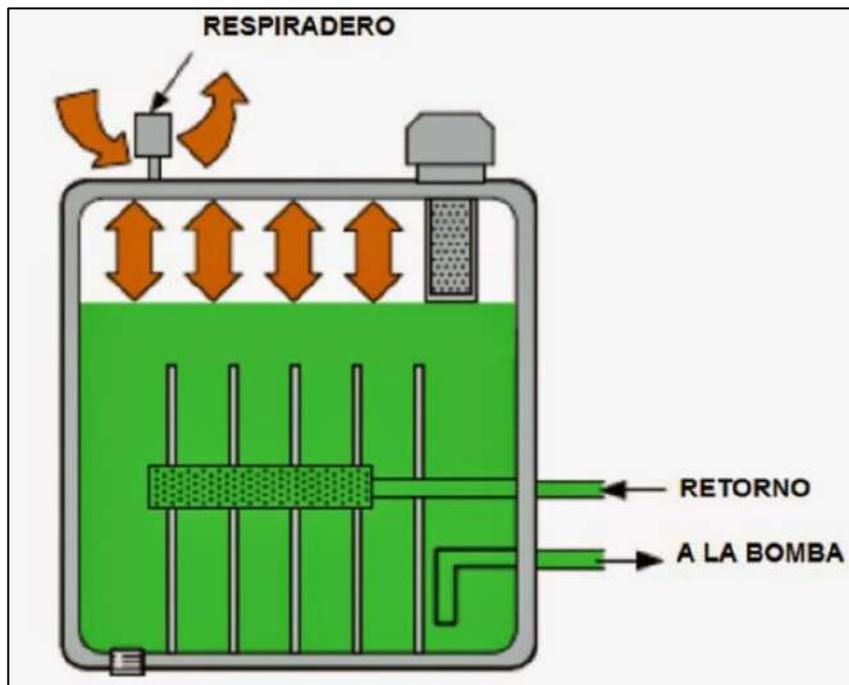
✓ **Tanque hidráulico.**

También llamado depósito hidráulico, es un depósito de aspiración e impulsión del sistema hidráulico de bombeo y cumple las siguientes funciones:

- Contiene y almacena el aceite de un sistema hidráulico.
- Disipar el calor.
- Sedimenta del aceite en movimiento.
- Separa el aire dentro del circuito.
- Separa del agua del aceite hidráulico.

Figura 56

Gráfica de tanque hidráulico



Fuente: Muncie Power 9na edición

✓ **Válvula reguladora de flujo más alivio**

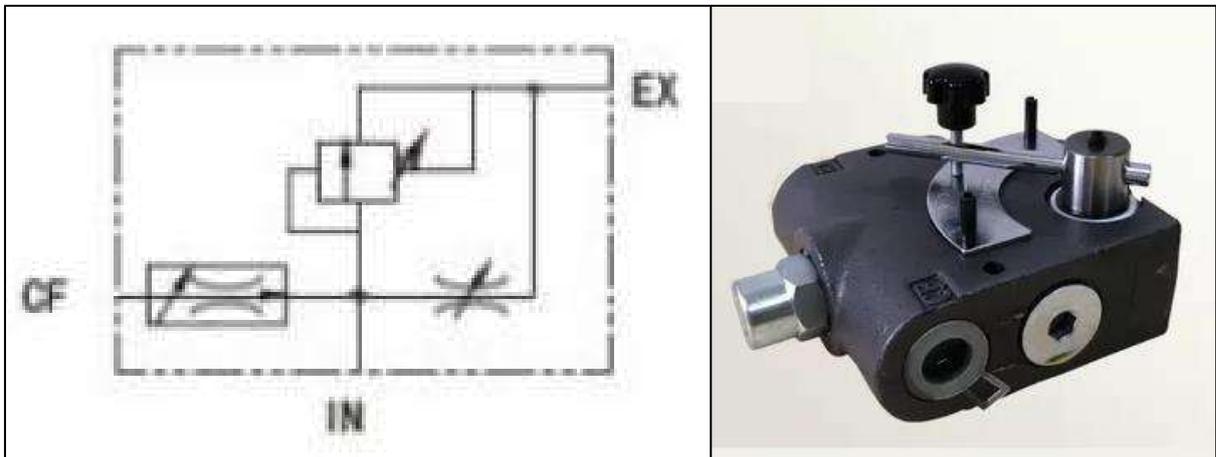
Son válvulas hidráulicas de circuito cerrado que al accionar manualmente se ajustan a variaciones en presión y caudal.

En un sistema hidráulico, las válvulas de control de flujo se encargan de regular la velocidad del caudal. El flujo también determina la cantidad de transferencia de energía a una presión requerida.

Las válvulas de control de flujo variable, compensadas en presión vienen disponibles con válvulas antirretorno, lo que permite el flujo libre en la dirección opuesta, así como también válvulas de control de presión para sobrecarga, que envían el fluido a tanque cuando la presión máxima es excedida.

Figura 57

Gráfica de válvula reguladora de flujo



Fuente: ficha técnica Prince CTV 62-07-13-02

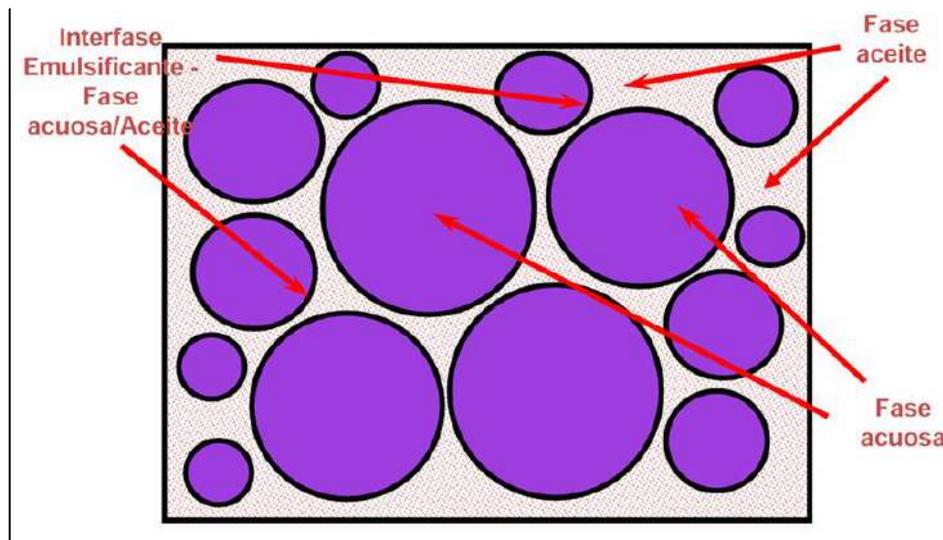
15.2. Sistema de descarga de emulsión.

✓ Emulsión matriz

Sistema que contiene dos fases líquidas naturalmente, inmiscibles entre sí, una de ellas se dispersa como gotas pequeñas (fase discontinua) dentro de la otra (fase continua). Este sistema requiere además de otras sustancias (emulsificantes) para mejorar la estabilidad.

Figura 58

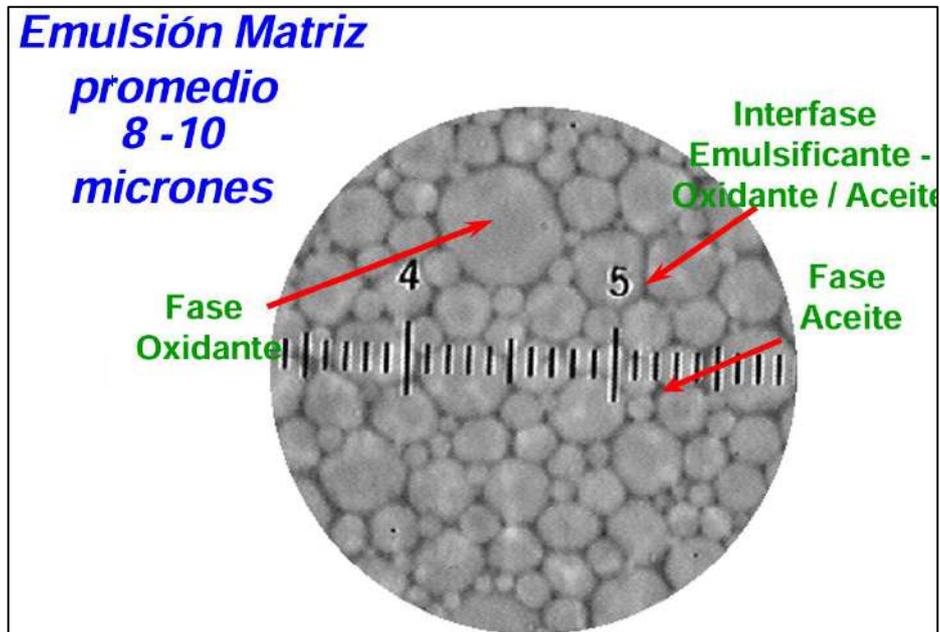
Estructura interna emulsión Matriz



Fuente: Emulsiones explosivas en Colombia- Mauricio Cao Rodríguez

Figura 59

Microfotografía de una emulsión



Fuente: Emulsiones explosivas en Colombia- Mauricio Cao Rodríguez

La composición de la emulsión matriz está dada en la siguiente figura:

Figura 60

Composición de la emulsión matriz



Fuente: Emulsiones explosivas en Colombia- Mauricio Cao Rodríguez

Las características de la emulsión matriz están dadas por la siguiente manera:

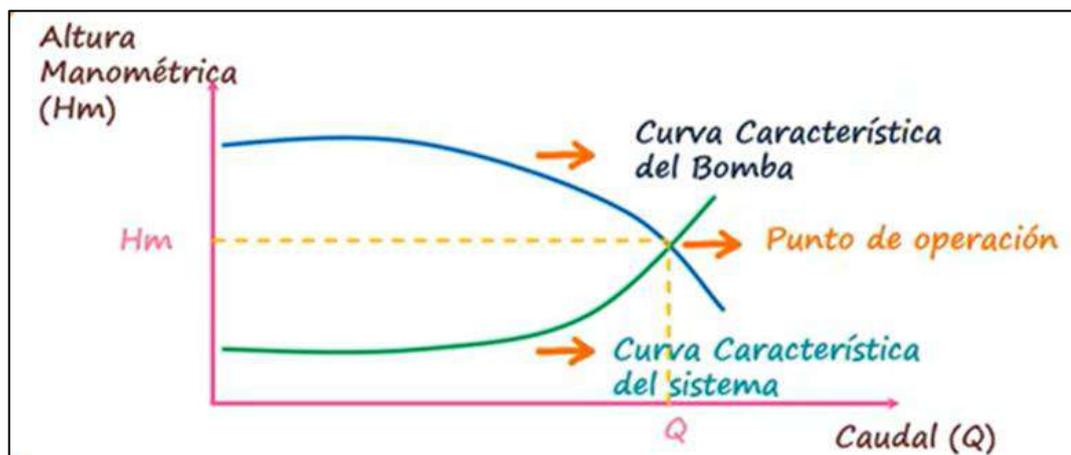
- Es un producto comburente
 - No es explosivo en estas condiciones físicas
 - Esta en la clase de riesgo: 5.1
 - Bases de altos explosivos y agentes de voladura
- ✓ **Bomba de emulsión.**

La rotación de los engranajes provoca una ligera depresión a la entrada, con el resultado de que, a la salida la rotación de los engranajes crea un vacío, absorbiendo los fluidos bombeados al espacio entre los dientes del engranaje. El producto es llevado entre los dientes y la carcasa hacia el lado opuesto de la bomba. El fluido también es empujado a la línea de descarga por la rotación de los engranajes, además pueden bombear viscosidades variables.

La curva característica de las bombas es lo siguiente:

Figura 61

Gráfica de rendimiento bombas de fluidos

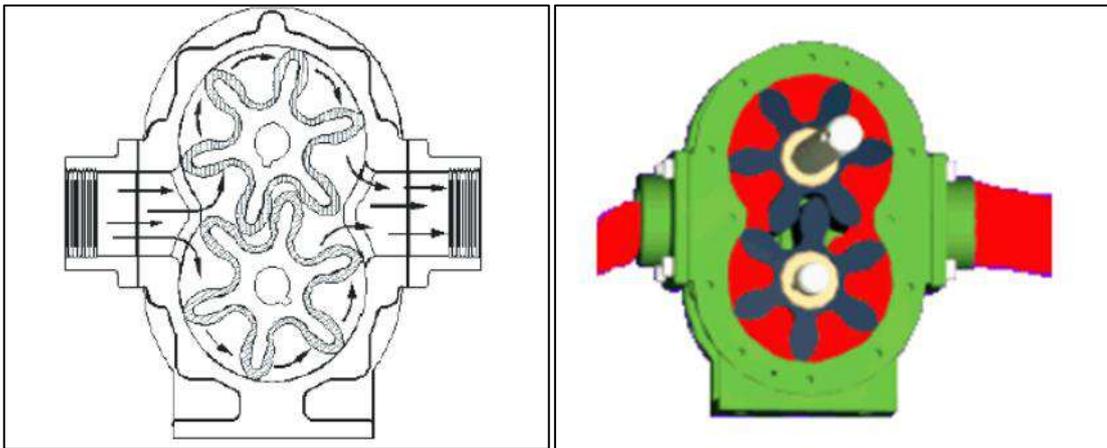


Fuente: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=6OtafPMo4cY>

Este tipo de Bombas Bowie son de desplazamiento positivo. Los engranajes de bombeo son del mismo tamaño y son las dos únicas partes móviles en la bomba, lo cual favorece a una vida útil mayor.

Figura 62

Gráfica de bombas de engranajes



Fuente: Manual de bombas Bowie serie 400

Las bombas bowies es un tipo especial de engranajes de buna N-nitrilo que no generan chispa por contacto metálico, ideal cuando se requiere alta presión y alta succión. Además, esta bomba con un tamaño de puerto de 3” es altamente recomendada para aplicaciones que involucran materiales potencialmente peligrosos como explosivos a granel.

Normalmente, estas bombas mueven explosivos de emulsión en plantas y a través de vehículos y equipos de manejo de explosivos en las industrias de minería del carbón, canteras, minería metálica y construcción civil.

Al bombear materiales explosivos, la temperatura y presión máxima de funcionamiento de las bombas de la serie XP no deben exceder las recomendadas por el fabricante de explosivos.

✓ **Acoples flexibles de eje.**

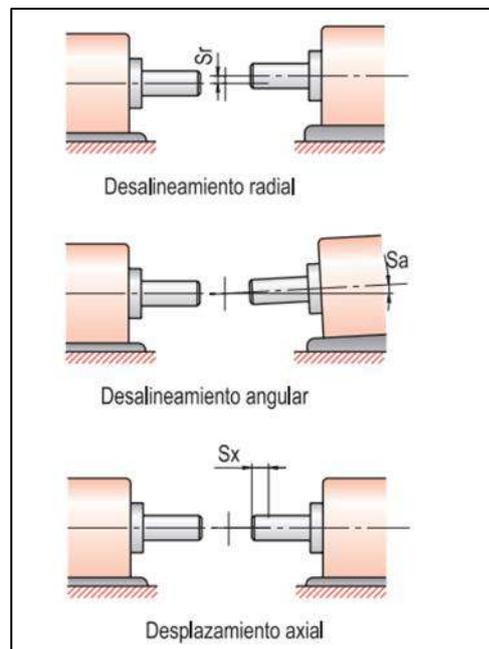
Estos elementos ayudan en la resolución de problemas en la transmisión del movimiento entre los ejes o árboles de los equipos. El sistema de acoplamiento es la vía más eficaz y sencilla de alcanzar una adecuada transmisión, uniendo los extremos de los ejes, lo que permite una rotación apropiada de un eje a otro.

La selección de un acoplamiento debe ser una selección adecuada la cual está regida por diferentes factores como el costo, espacio de montaje, la duración requerida y las aplicaciones de transmisión analizadas, las cuales deben cumplir con las exigencias para el funcionamiento del sistema.

La principal aplicación es la absorción de las desalineaciones y carga sobre los ejes debido a las desalineaciones inherentes en el montaje mecánico las cuales dificultan la transmisión del movimiento de ejes. Estas desalineaciones pueden ser axiales, radiales o angulares según (Fig 61).

Figura 63

Gráfica de desalineamientos en acoples



Fuente: <https://www.skf.com/pe/products/maintenance-products/alignment-tools>

El adecuado funcionamiento del equipo, así como la vida útil de los equipos acoplados dependen de una buena selección e instalación de dicha transmisión.

✓ **Acoplamiento flexible tipo mandíbula**

Estos acoplamientos no requieren lubricación y proporcionar servicio altamente confiable para la luz, medio y pesado motor eléctrico y la transmisión de potencia de combustión interna de las aplicaciones.

Las características que tiene este tipo de acoplamientos son los siguientes:

- Capacidad de absorción en las desalineaciones radiales
- No produce desviaciones cinemáticas en la transmisión de ejes
- Elimina las cargas sobre los ejes de los equipos
- Tiene una protección mecánica ante pares excesivos
- Disco es recambiable

Figura 64

Acoplamiento flexible tipo mandíbula L100



Fuente: Ficha técnica TIMKEN ACOPLAMIENTOS QUICKFLEX

✓ **Disco de ruptura de presión**

Un disco de ruptura es un dispositivo de alivio de presión que se utiliza para proteger al equipo y al personal de la sobrepresión. Este dispositivo de alivio de presión sin cierre que está diseñado para abrirse a una presión predeterminada y proporcionar un camino para liberar el exceso de presión.

Estos dispositivos cumplen con la misma función básica que un dispositivo de seguridad. Sin embargo, la diferencia principal radica en que intervienen como resultado en las fuerzas diferenciales a la que están sometidos, una vez que se abren no pueden volver a cerrarse, por lo cual deben ser reemplazados.

Existen de diferentes tipos y tamaños, algunos son fabricados con metal resistente a la corrosión o en grafito, también cubren diferentes presiones de ruptura y temperaturas de funcionamiento del sistema.

✓ **Disco de ruptura de grafito.**

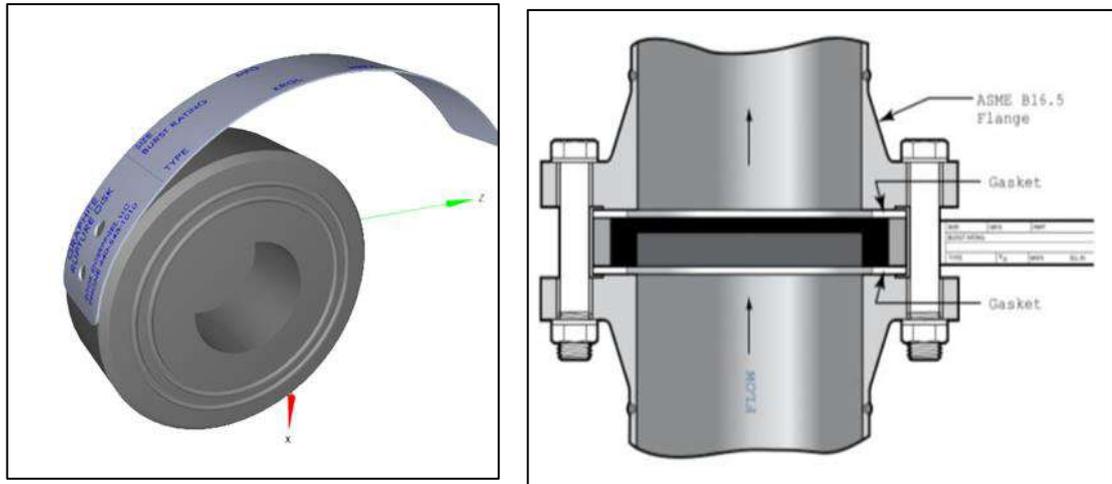
Los discos de grafito ZOOK mejoran la seguridad en los sectores químico, petroquímico, farmacéutico, alimentario, médico y afines. Sistemas de procesamiento especiales.

Otras aplicaciones incluyen: tanques de almacenamiento, remolques cisterna, vagones, barcasas. Diseñado para adaptarse a bridas estándar de la industria ASME B16.5, ISO y JIS donde tienen las características siguientes:

- Clasificación de explosión de 0,25 psi (0,02 bar) a 150 psi (10,34 bar)
- Clasificaciones de temperatura -290°F a $+700^{\circ}\text{F}$ (-179°C a $+371^{\circ}\text{C}$)
- Los soportes de vacío están para clasificaciones inferiores a 25 psi (1,72 bar)

Figura 65

Disco de ruptura 100psi



Fuente: Ficha técnica ZOOK INSTRUCCIONES DE INSTALACION Para los discos de ruptura de grafito.

15.3. TEORÍA DE CÁLCULO HIDRÁULICO EN ESTADO ESTACIONARIO

15.3.1. Flujo en estado estacionario.

El método más común para transportar fluidos de un punto de salida a otro destino, es impulsarlo a través de un sistema de tuberías. El comportamiento de los fluidos está gobernado por un conjunto de leyes físicas, las cuales se representan a través de ecuaciones apropiadas.

La aplicación de leyes tales como la conservación de la masa, segunda ley de movimiento de Newton y la ley de la Termodinámica, forman la base del análisis del flujo de fluidos a través de una tubería.

✓ **Altura dinámica total (m).**

La altura dinámica total se define como la ecuación general de energía como principio de continuidad, el cual establece que el flujo del sistema es el mismo a través de un sistema de flujo estable.

✓ **Caudal del fluido (Q)**

Se define como la cantidad de fluido que circula a través de una sección de un conducto (tubería, cañería, canal, etc.) por unidad de tiempo. Generalmente se describe como el volumen que pasa por un área transversal dada en la unidad de tiempo. También se identifica como el flujo másico o masa que pasa por un área determinada en la unidad de tiempo.

La ecuación de energía entre dos puntos se representa de la siguiente manera:

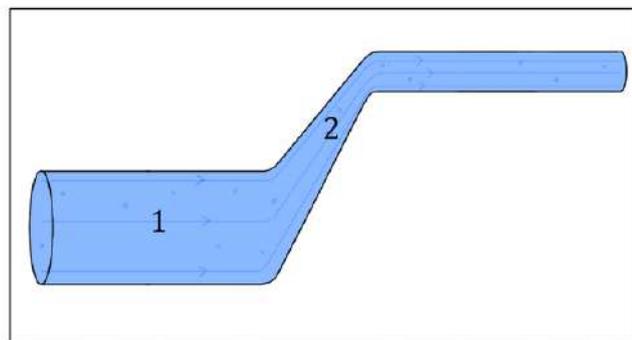
Q1=Q2: Flujo en un sistema desde un punto 1 y 2.

Todo esto compone la ecuación de Bernoulli.

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Figura 66

Grafica ecuación Bernoulli



Fuente: Munson B. R. et al., 1994

Se tiene varias restricciones para utilizar la ecuación de Bernoulli las cuales son las siguientes:

- ✓ Sólo es válida para los fluidos incompresibles.

- ✓ Cuando se tiene dos secciones de interés no puede haber dispositivos mecánicos como bombas, motores hidráulicos o turbinas.
- ✓ No hay pérdida de energía por la fricción o turbulencia que generen válvulas y accesorios en el sistema de flujo estacionario.
- ✓ No existe transferencia de calor hacia el sistema de flujo estacionario o fuera de éste.

Todas las válvulas como conexiones tipo T, codos, reductor y agrandamiento, ocasiona que se pierda energía del fluido.

En un sistema extenso la magnitud de las pérdidas por las válvulas y accesorios, en general es pequeña en comparación con las pérdidas por fricción en las tuberías. Por tanto, dichas pérdidas reciben generalmente el nombre de pérdida menores.

Entonces, la ecuación se convierte según la gráfica en lo siguiente:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

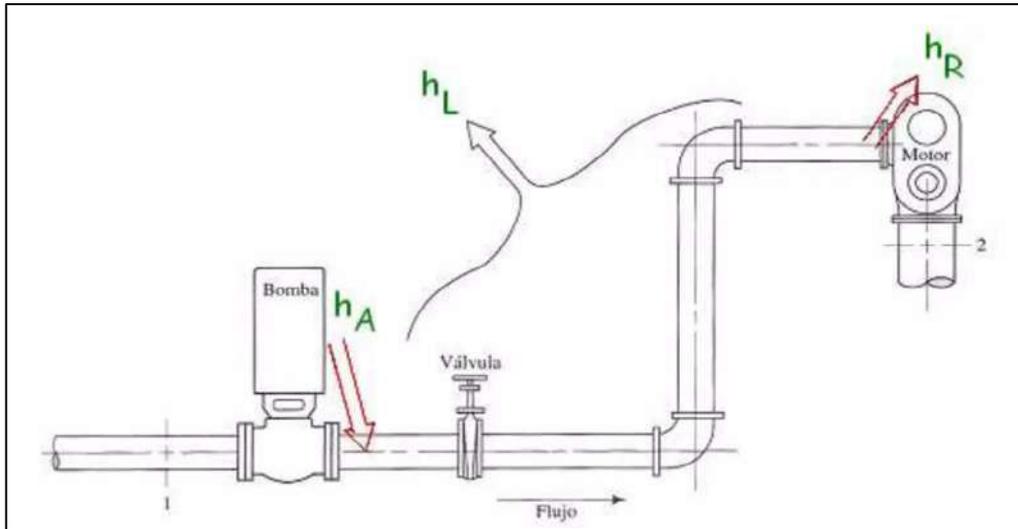
Ha: Energía que se aumenta al fluido con un dispositivo mecánico, puede ser una bomba; es frecuente a que se denomine carga total sobre la bomba.

hR: Energía que se extrae del fluido por medio de un dispositivo mecánico, como un motor hidráulico.

hL: Pérdidas de energía en el sistema por la fricción en las tuberías, o también pérdidas menores por válvulas y otros accesorios adicionales.

Figura 67

Diagrama de sistema de impulsión de fluidos



Fuente: Elaboración propia

15.3.2. Número de Reynolds.

Se define la relación de la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un flujo de un sistema en una expresión adimensional, que aplica en problemas de dinámica de fluidos. Este número se relaciona con el hecho de que el flujo pueda considerarse laminar (número de Reynolds pequeño) o turbulento (número de Reynolds grande).

Para un fluido hidráulico que circula por el interior de una tubería circular recta, el número de Reynolds viene dado por:

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

ó

$$R_e = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

Donde:

- ρ : Densidad de un fluido (kg/m³).
- v : Velocidad característica de un fluido (m/s)

- D : Diámetro de la tubería a través que circula el fluido o longitud característica de un sistema (m)

- μ : Viscosidad dinámica de un fluido (Pa-s)

- ν : Viscosidad cinemática de un fluido (m²/s)

15.3.3. La ecuación de Darcy-Weisbach

Es una ecuación empírica que relaciona la pérdida de carga hidráulica a lo largo de una tubería con la velocidad media del flujo del fluido.

Esta fórmula ayuda en la evaluación apropiada del efecto de cada uno de los factores que influyen en la pérdida de energía en una determinada tubería.

Una de las ventajas de esta fórmula es que puede aplicarse a todos los tipos de flujo hidráulico (laminar, transicional y turbulento).

La forma general de esta ecuación de Darcy-Weisbach es:

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

Donde:

- h_f : Pérdida de la carga debida a la fricción (m)
- f : Factor de fricción de Darcy
- L : Longitud de la tubería (m)
- D : Diámetro de la tubería (m)
- V : Velocidad media del fluido hidráulico (m/s)
- g : Aceleración de la gravedad $\approx 9,79$ m/s² para las condiciones dadas.

Si la caída de presión entre la entrada y salida es menor que el 10% de la presión de entrada, la ecuación de Darcy puede ser aplicada para el flujo de fluidos compresibles.

Sin embargo, cuando esta caída de presión sea mayor que el 10% pero menor del 40%,

se podrá usar la ecuación de Darcy, teniendo en cuenta que se ha empleado los valores promedios de la densidad y volumen específico del fluido hidráulico para las condiciones de entrada y salida.

15.3.4. El factor de fricción f

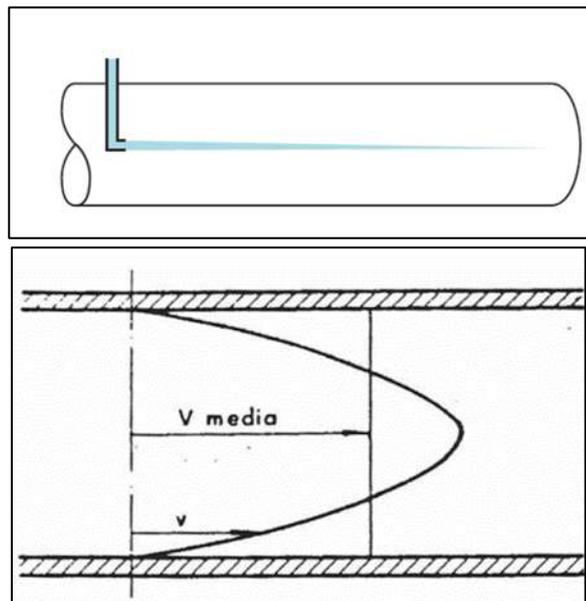
Este factor es adimensional y varía de acuerdo con los parámetros de la tubería (rugosidad y diámetro) y del tipo de flujo estudiado (número de Reynolds).

a) **Para flujos laminares:** Como consecuencia de la Ley de Poiseuille, este factor de fricción f se relaciona con el número de Reynolds (Re) como:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Figura 68

Gráfica flujo laminar



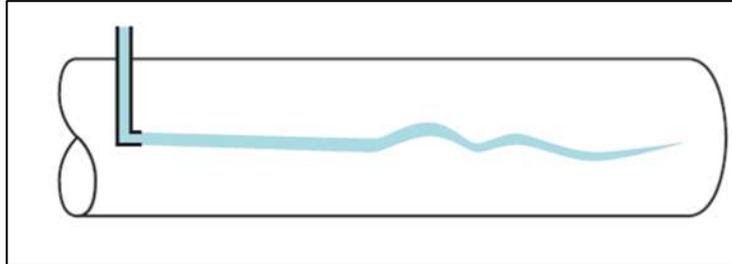
Fuente: Munson B. R. et al., 1994

b) **Para flujo en transición y turbulento:** Se da para un número de Reynolds $2000 < Re < 4000$, donde se considera que el fluido presenta régimen de flujo transicional.

En la zona de transición, los valores de f son inciertos en esta parte, ya que el flujo se comporta de manera dual, laminar y turbulento, mostrando gran inestabilidad.

Figura 69

Gráfica flujo laminar

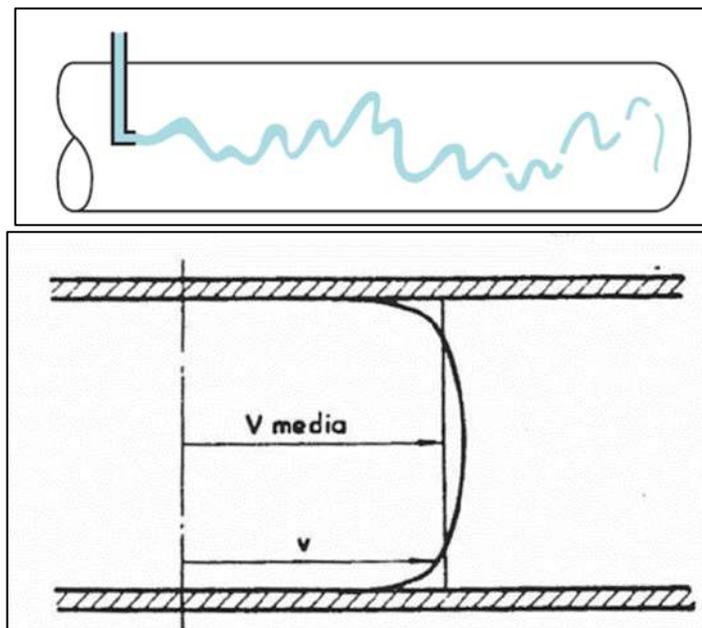


Fuente: Munson B. R. et al., 1994

Para $Re > 4,000$, se considera en el régimen de flujo turbulento

Figura 70

Gráfica flujo turbulento



Fuente: Munson B. R. et al., 1994

De esta manera la ecuación más usada para calcular el factor de fricción f en este tipo de régimen de flujo es la Ecuación de Colebrook-White:

$$f = 2 \log \left[\left(\frac{7}{Re} \right)^{0.9} + \frac{3.24 \varepsilon}{Di} \right]^{-2}$$

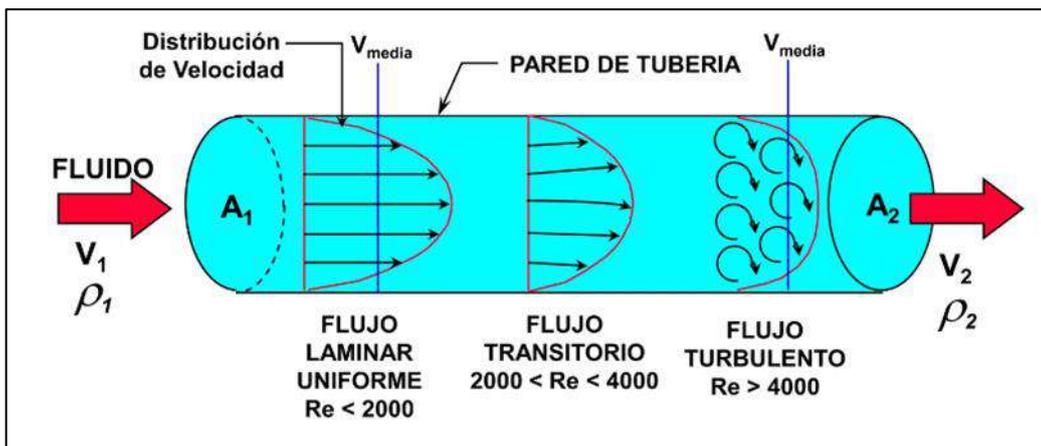
Donde:

- f : factor de fricción
- Re : número de Reynolds
- Di : Diámetro interior de la tubería (m)
- ε : La rugosidad absoluta del interior de la tubería (m). proporcionado por fabricantes

Para estos análisis se concluye que los regímenes de flujo son de la siguiente manera:

Figura 71

Gráfica de flujo según REYNOLDS



Fuente: Munson B. R. et al., 1994

15.3.5. Pérdidas de presión en válvulas y accesorios.

También llamadas pérdidas secundarias o pérdidas menores, son las que ocurren en los componentes que se encuentran en la tubería (codos, válvulas, reducciones de diámetro, etc),

- **Perdida en válvulas (h_v)**

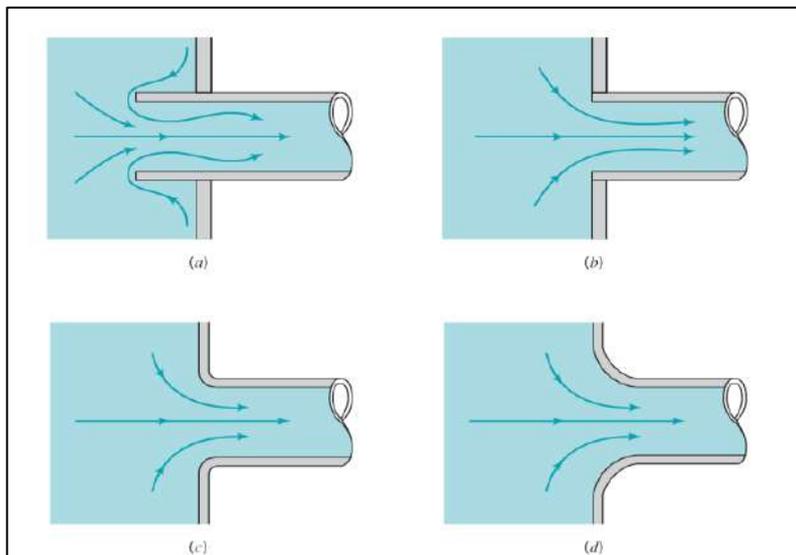
Es el método más común usado para determinar las pérdidas o caídas de presión está basado en un coeficiente de pérdidas k el cual es definido de la siguiente manera:

$$h_v = k * \frac{V^2}{2g}$$

Pérdidas bajo condiciones de entrada del fluido.

Figura 72

Coefficiente de pérdidas para diferentes condiciones de entrada del fluido



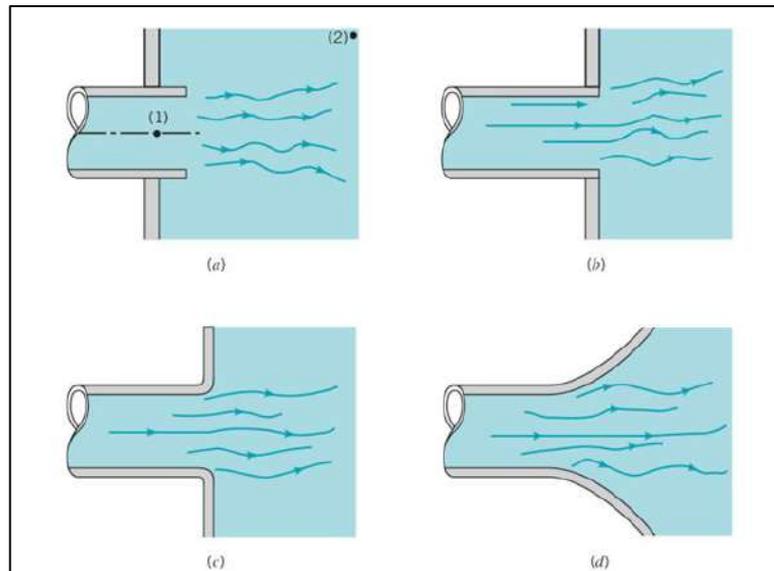
Fuente: Munson B. R. et al., 1994

- (a) Reentrante, $K = 0.8$
- (b) Bordes afilados, $K = 0.5$
- (c) Ligero redondeado, $K = 0.2$
- (d) Redondeado, $K = 0.04$

Pérdidas bajo condiciones de salida del fluido.

Figura 73

Coeficiente de pérdidas bajo condiciones de salida del fluido



Fuente: Munson B. R. et al., 1994

- | | |
|-----------------------------|------------|
| (a) Reentrante, | $K = 1.0,$ |
| (b) Bordes afilados, | $K = 1.0,$ |
| (c) Ligeramente redondeado, | $K = 1.0,$ |
| (d) Redondeado, | $K = 1.0.$ |

Tabla 18

Costos de actividades de pérdida (K) para aditamentos de tuberías

Componente	K	Diagrama
Codos		
Radio corto 90° con bridas o extremo liso	0.3	
Radio corto 90° extremos roscados.	1.5	
Radio largo 90° con bridas o extremo liso	0.2	
Radio largo 90° extremos roscados.	0.7	
Radio largo 45° con bridas.	0.2	
Radio corto 45° extremos roscados.	0.4	
Curvas a 180°		
Curvas a 180° con bridas	0.2	
Curvas a 180° con extremos roscados	1.5	
Tees		
Paso directo con bridas o extremos lisos	0.2	
Paso directo con extremos roscados	0.9	
Salida de lado con bridas o extremos lisos	1.0	
Salida de lado con extremos roscados	2.0	
Union con extremos roscados	0.08	
Válvulas		
Globo totalmente abiertas	10	
Angulo totalmente abiertas	2	
Compuerta totalmente abiertas	0.15	
Compuerta 1/4 cerrada	0.26	
Compuerta 1/2 cerrada	2.1	
Compuerta 3/4 cerrada	17	
Cheque en el sentido del flujo	2	
Bola totalmente abierta	0.05	
Bola 1/3 cerrada	5.5	
Bola 2/3 cerrada	210	

Fuente: Munson. B. R. et al., 1990

Tabla 19

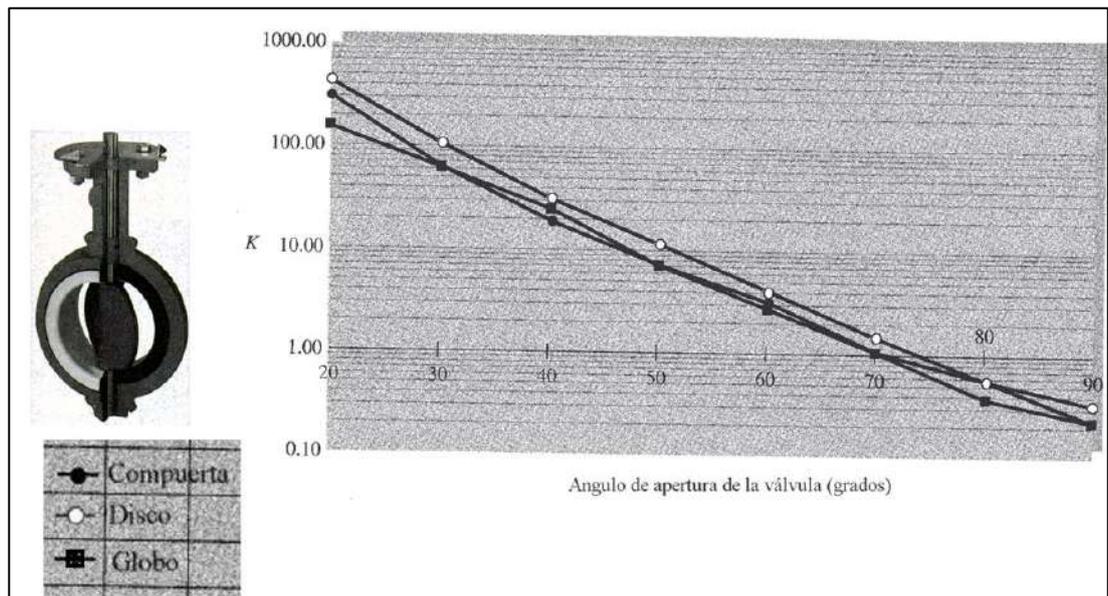
Costos de actividades de pérdida (K) para aditamentos en tuberías de diferente diámetro

Tipo de accesorio	Diámetro nominal (pulgadas)								
	Roscada				Con bridas o extremo liso				
	1/2	1	2	4	1	2	4	8	20
Válvulas completamente abiertas	4.00	8.20	6.90	5.70	3.00	8.50	6.00	5.80	5.50
Globo	0.30	0.24	0.16	0.11	0.80	0.35	0.16	0.07	0.03
Compuerta	5.10	2.90	2.10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Cheque	9.00	4.70	2.00	1.00	4.50	2.40	2.00	2.00	2.00
Angulo									
Codos									
45° radio corto	0.39	0.32	0.30	0.29					
45° radio largo					0.21	0.20	0.19	0.16	0.14
90° radio corto	2.0	1.50	0.95	0.64	0.50	0.39	0.30	0.26	0.21
90° radio largo	10	0.72	0.41	0.23	0.40	0.30	0.19	0.15	0.10
180° radio corto	2.0	1.50	0.95	0.64	0.41	0.35	0.30	0.25	0.20
180° radio largo					0.40	0.30	0.21	0.15	0.10
Tee de paso directo	0.90	0.90	0.90	0.90	0.24	0.19	0.14	0.10	0.07
Tee de salida lateral	2.40	1.80	1.40	1.10	1.00	0.80	0.64	0.58	0.41

Fuente: Adaptado de White F. M., 1994).

Figura 74

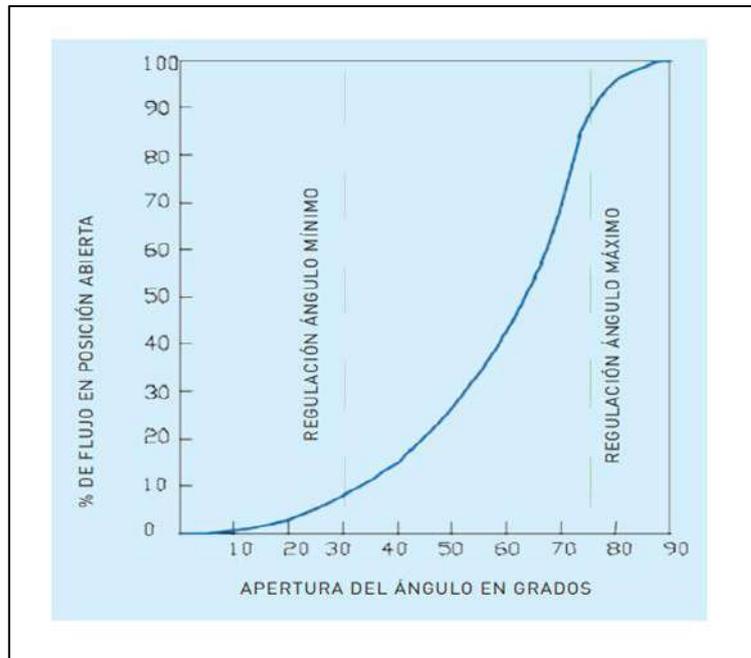
Coeficiente promedio de pérdida (K) para válvulas parcialmente abiertas, compuerta, disco con eje horizontal o mariposa y globo



Fuente: White F. M., 1994

Figura 75

Gráfica de curva de Angulo apertura válvulas mariposa



Fuente: Manual instalación y mantenimiento Ref. GENEBRE: 2104

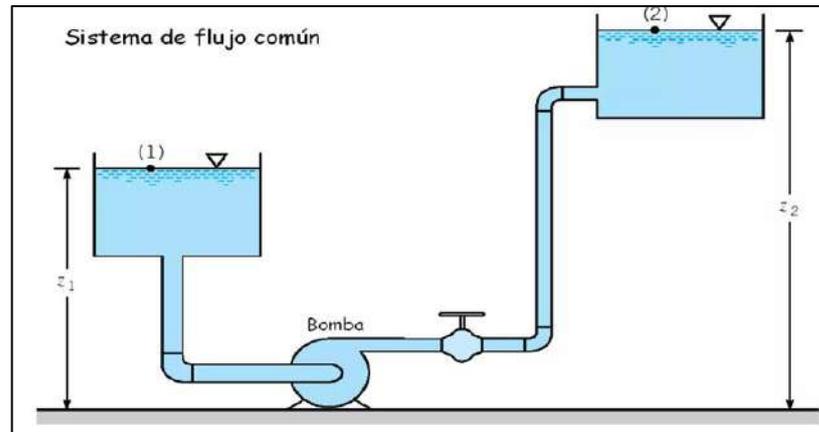
15.3.6. Potencia de energía de fluidos en tuberías

Se define como la energía transferida por un fluido es la suma de la altura estática o geométrica a vencer y las pérdidas de carga de la instalación de estudio donde se define como la ecuación siguiente:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + H_B = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2}$$

Figura 76

Gráfica de potencia de fluidos



Fuente: White F. M., 1994

Z1: altura de succión (m)

Z2: altura de impulsión (m)

P1: presión en la succión(N/m²)

P2: presión en la zona de impulsión (N/m²)

V1: velocidad en la succión (m/s)

V2: velocidad en la zona de impulsión (m/s)

γ : Peso específico del fluido (N/m³)

g: gravedad especifica (m/s²)

HB: Altura dinámica de bombeo (m)

hf_{1-2} : pérdidas primarias y secundarias (m)

De este modo la potencia agregada (P_{tb}) a un fluido por una bomba que corresponde a la rapidez con la que la energía está siendo transferida, y esta expresión está dada por:

$$P_{tb} = \gamma * Q * H_B$$

Q: Caudal del fluido de bombeo (m³/s)

P_{tb} : Potencia de la bomba requerida (watt)(J/s)

La potencia real (P_{real}) de una bomba es:

$$P_{real} = \frac{P_{tb}}{\eta}$$

η : rendimiento de la bomba (%)

15.4. Ficha técnica de emulsión matriz

◆ Emulgex®

Octubre 2021
Ficha Técnica v. 0218

**ANFO PESADO BOMBEABLE
Y VACIABLE GASIFICADO**



DESCRIPCIÓN

EMULTEX es una emulsión tipo agua en aceite para la fabricación de Anfo pesado bombeable y vaciable gasificado, mediante su mezcla in situ con Anfo en diferentes proporciones, para lograr una mayor eficiencia del explosivo en ciertas condiciones adversas al terreno.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Emulgex	Características
Densidad (g/cc)	1.30 - 1.40
Color	Café opaco
Aspecto	Emulsión
Viscosidad (cp)*	120,000 - 250,000
T° de inflamación (°C)	≥ 70
Solubilidad	Insoluble en agua
Duración máxima (días)**	30

(*) Viscosidad medida con viscosímetro Brookfield, spindle ST-95 a 2.5 rpm, a 20-25°C
(**) En condiciones normales de transporte, almacenamiento y manipulación

Nota : La información contenida corresponde a datos de laboratorio.
Para fines de análisis y resultados en terreno, consultar con su representante de Enaex.

INFORMACIÓN DE TRANSPORTE

Clasificación internacional
Clase 5.1
N° NU: 3375
HDS-MAT-17

USOS

El uso principal de la matriz Base Emultex®, es la fabricación de mezclas explosivas como Anfos pesados bombeables y vaciables gasificables.

PRESENTACIÓN

La matriz Base Emultex®, es la fabricación de mezclas explosivas como Anfos pesados bombeables y vaciables gasificables

FABRICACIÓN

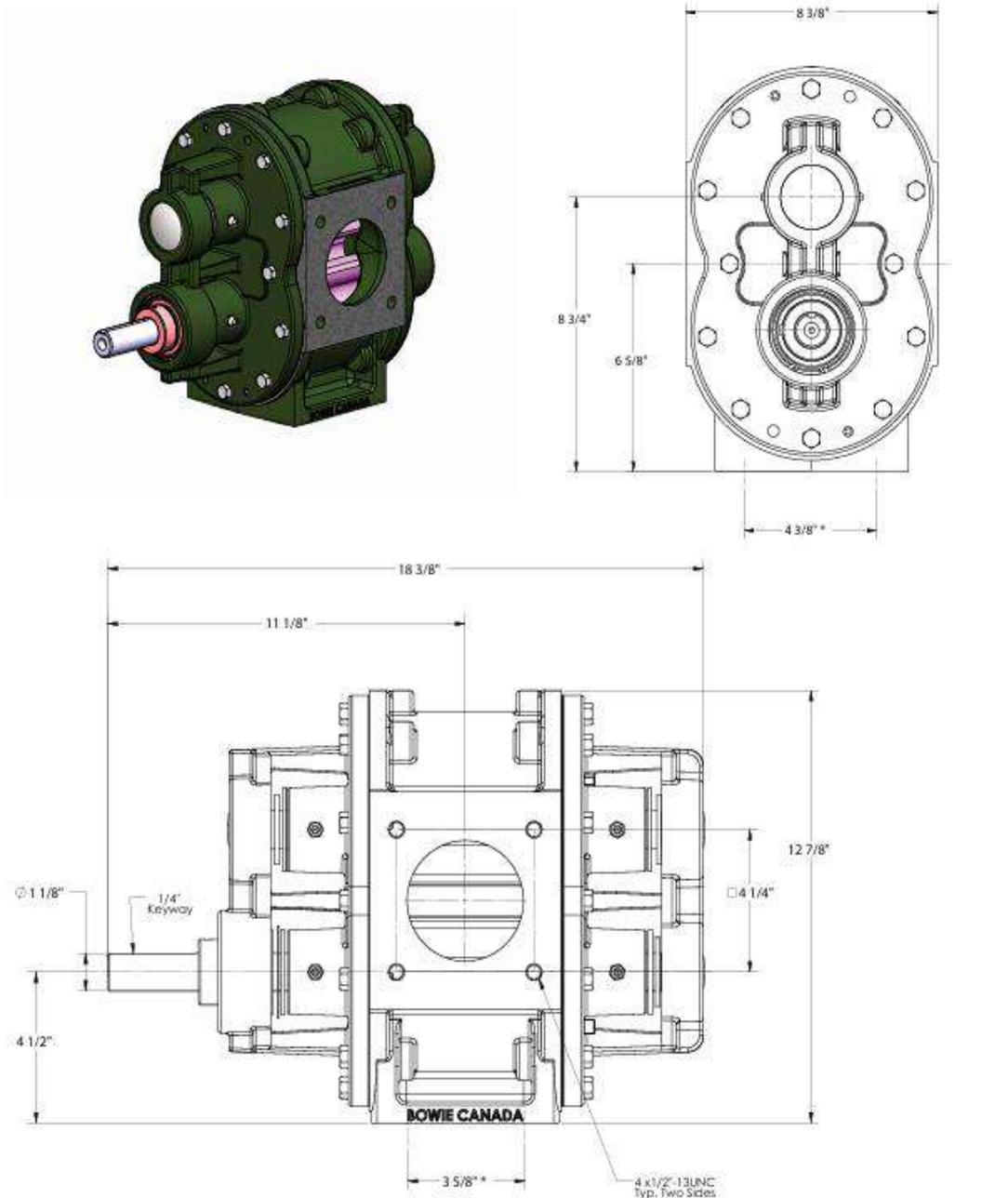
- Planta Río Loa, Enaex Servicios S.A
- Planta Prillex®, Enaex S.A
- Planta Teatinos, Enaex Servicios S.A



15.5. Ficha de desarme de bomba de emulsión

XP™ SERIES 3400

Dimensions

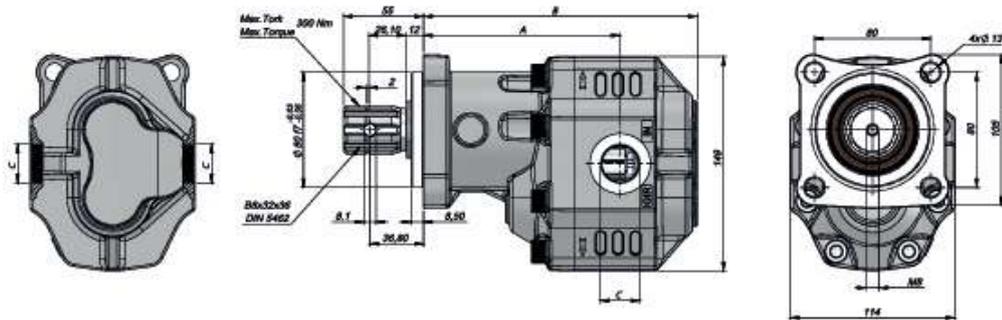


* BASE BOLT PATTERN $4 \times 1/2"-13 \text{UNC}$;
 ** DRIVE "ON TOP" APPLICATION IS AVAILABLE;

15.6. Ficha técnica de la bomba hidráulica

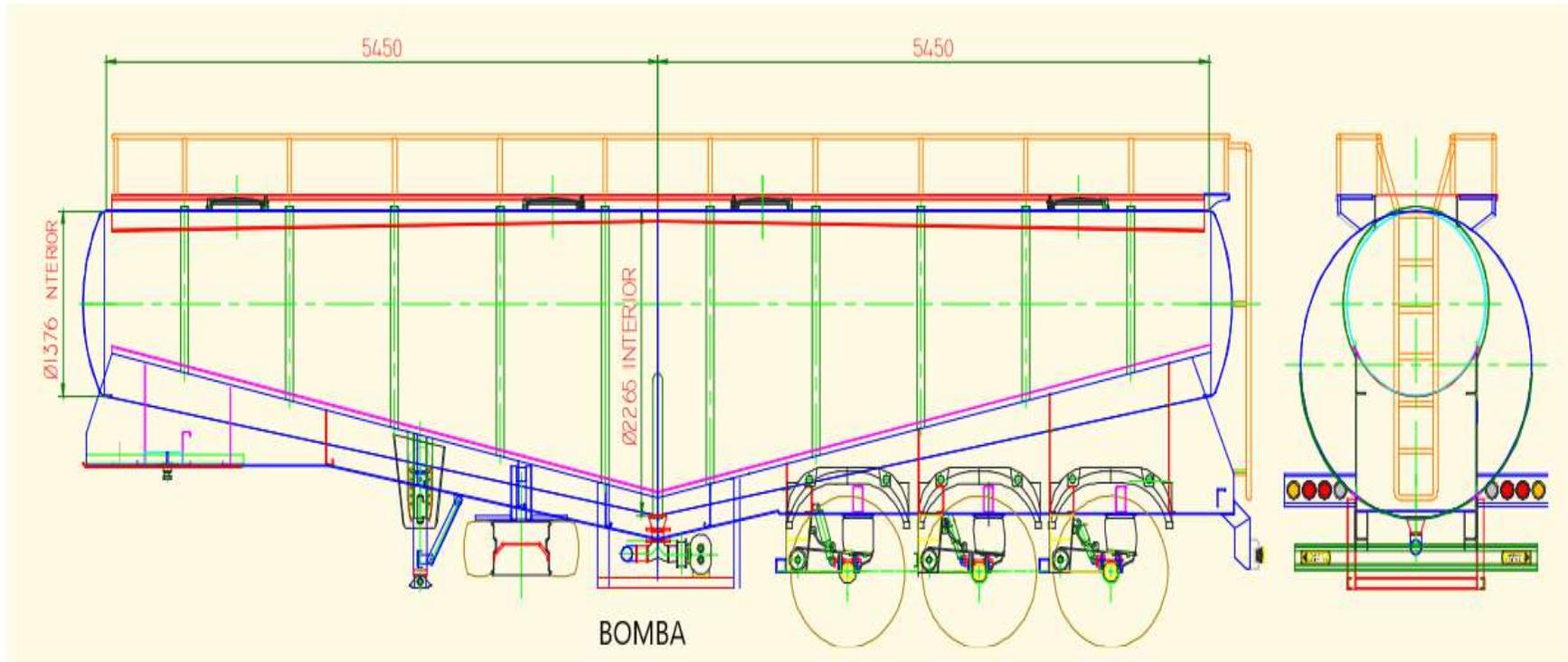


Inlet Pressure		0.7- 1.5 bar	
Operating Viscosity Range		-12:100 cSt	
Fluid Temperature		-10 °C+80 °C	
Working Pressure	Contamination		Filter
	NAS 1638	ISO 4406	$\beta_x=75$
≥ 200 bar	11	20/17	25 μm
≤ 200 bar	12	21/18	40 μm

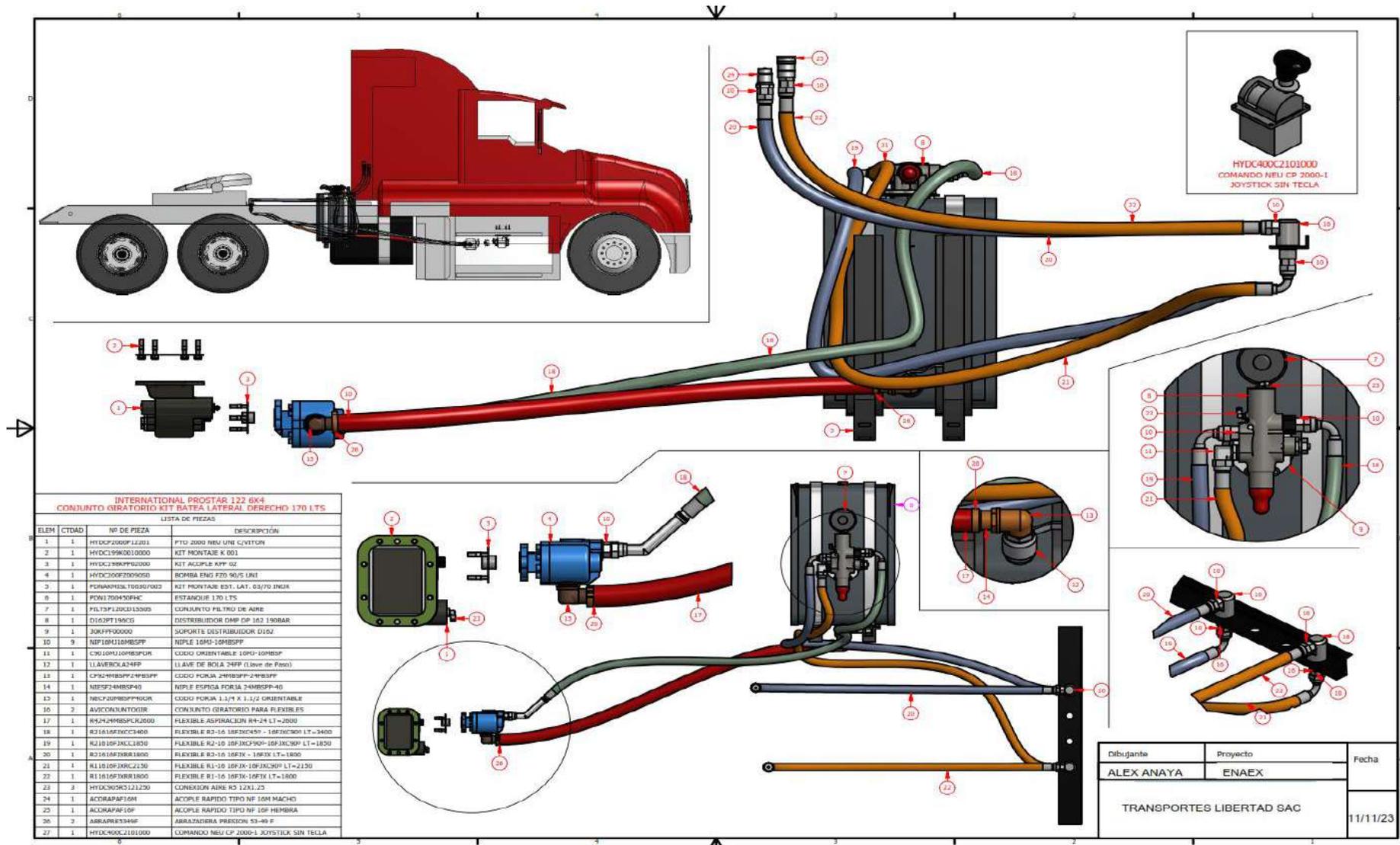


Code	Displacement	Max. Cont. Pressure	Max. Intermittent Pressure	Max. Peak Pressure	Max. Continuous Speed	Max. Intermittent Speed	Min. Speed	A	B	Inlet	Outlet
BI-DIRECTIONAL	(cm ³ /rev)	(100%)(BAR)	(20 sec.max.)(BAR)	(6 sec.max.)(BAR)	(RPM)	(RPM)	(RPM)	(mm)	(mm)	C	C
KH01020170132B-2	17	300	310	320	2600	3000	300	124.5	171.5	G1/2"	G1/2"
KH01020270132B-2	27	290	300	310				129.5	177.5		
KH01020340132B-2	34	285	295	305	2300	2900		130.5	182.5	G3/4"	G3/4"
KH01020430132B-2	43	280	290	300				135.5	188.5		
KH01020510132B-2	51	230	260	280	2100	2600		135.5	183.5	G1"	G1"
KH01020610132B-2	61	225	240	260				142	201.5		
KH01020820132B-2	82	200	210	220	1700	1900		146	212.5	G1	G1
KH01021000132B-2	100	190	200	220				160	225.5		
KH01021250132B-2	125	170	190	200	1600	1900		164	241.5	G1 1/4"	G1 1/4"

15.6.1. Diagrama general del semirremolque



15.6.2. Diagrama hidráulico del remolcador



15.6.3. Orden compra de la bomba Bowie a003-00010968

TRANSPORTES LIBERTAD SAC
 R.U.C. 20442847071
 JR. JUSTICIA K-12 URB. SAN FRANCISCO
 Telf/Fax: /
 E-Mail:

Señores:
RRV SOLUCIONES Y SERVICIOS S.A.C.
 CAL TOMAS RAMSEY NRO. 930 INT. 505 LIMA - LIMA -
 MAGDALENA DEL MAR-LIMA
 Telefonos:

Atención: **RRV SOLUCIONES Y SERVICIOS S.A.C.**

Por medio de la presente sírvase atender la siguiente orden de compra:

Código Artículo	Cantidad Und	Descripción	Marca	Precio Unit. US\$	Importe Bruto US\$	% Desc (1)	Total US\$
200392	1.000 UND	BOMBA BOWIE 3IN SHORT SHAFT L3400	SM	2.568.000	2.568.00		2.568.00
Sub Total US\$							2.568.00
IGV 18% US\$							462.24
Total Documento US\$							3.030.24

Sin otro particular de momento, nos despedimos de ustedes.

Atentamente,

ORDEN DE COMPRA N° A003 - 0000010968

Fecha Emisión: 2023/09/20	Fecha Entrega: 2023/10/15
Forma de Pago: CONTADO	
C. Costo Primario: MANTENIMIENTO	
Solicitud de Compra A 003 - 0000008961	
Transporte designado: TRANSPORTES LIBERTAD SAC RUC: 20442847071 AV. JUSTICIA K-12 URB. SAN FRANCISCO - Warchoq - Cusco	
Almacén de Entrega ASOC URBA JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO SECTOR III - CERRO	
Facturara: TRANSPORTES LIBERTAD SAC RUC: 20442847071 JR. JUSTICIA K-12 URB. SAN FRANCISCO	

15.6.4. Orden de compra motor hidráulico a003-00011058

TRANSPORTES LIBERTAD SAC
 R.U.C. 20442847071
 JR. JUSTICIA K-12 URB. SAN FRANCISCO
 Telf/Fax: /
 E-Mail:

Señores:
GOÑAZ MOZO YONI BARCHELI
 LIMA
 LIMA-LIMA
 Telefonos:

Atención: **GOÑAZ MOZO YONI BARCHELI**

Por medio de la presente sírvase atender la siguiente orden de compra:

Código Artículo	Cantidad Und	Descripción	Marca	Precio Unit. US\$	Importe Bruto US\$	% Desc (1)	Total US\$
207001	1.000 UND	MOTOR CHARLIN	SM	450.000	450.00		450.00
Sub Total US\$							381.36
IGV 18% US\$							68.64
Total Documento US\$							450.00

Sin otro particular de momento, nos despedimos de ustedes.

Atentamente,

ORDEN DE COMPRA N° A003 - 0000011058

Fecha Emisión: 2023/09/20	Fecha Entrega: 2023/10/15
Forma de Pago: CONTADO	
C. Costo Primario: MANTENIMIENTO	
Solicitud de Compra A 003 - 0000008961	
Transporte designado: TRANSPORTES LIBERTAD SAC RUC: 20442847071 AV. JUSTICIA K-12 URB. SAN FRANCISCO - Warchoq - Cusco	
Almacén de Entrega ASOC URBA JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO SECTOR III - CERRO	
Facturara: TRANSPORTES LIBERTAD SAC RUC: 20442847071 JR. JUSTICIA K-12 URB. SAN FRANCISCO	

15.6.5. Orden de compra de kit sistema hidráulico a003-000010204



TRANSPORTES LIBERTAD SAC
 R.U.C. 20442847071
 JR. JUSTICIA K-12 URB. SAN FRANCISCO
 Tel/Fax /
 E-Mail:

ORDEN DE COMPRA N° A003 - 0000010204

Fecha Emisión:	2023/09/20	Fecha Entrega:	2023/10/15
Forma de Pago:	50% AL CONTADO / 50% CREDITO 30 DIAS		
C. Costo Primario:	MANTENIMIENTO		
Solicitud de Compra	A 003 - 0000 008341		
Transporte designado:	TRANSPORTES LIBERTAD SAC RUC: 20442847071 AV. JUSTICIA K-12 URB. SAN FRANCISCO - Wanchaq - Cusco		
Almacén de Entrega:	ASOC URBA JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO SECTOR III - CERRO		
Facturara:	TRANSPORTES LIBERTAD SAC RUC: 20442847071 JR. JUSTICIA K 12 URB. SAN FRANCISCO		

Señores:
PE S CO PERU S.A.C.
 AV. CASCANUECES NRO. 790 URB. FUNDO INQUISIDOR (A 3 CDORAS AV
 SANTA ANITA-LIMA
 Telefonos:

Atención: **PE S CO PERU S.A.C**

Por medio de la presente sírvase atender la siguiente orden de compra:

Código Artículo	Cantidad	Und	Descripción	Marca	Precio Unit. US\$	Importe Bruto US\$	% Desc (1)	Total US\$
207283	1,000	UND	MANDO NTCC BZ 101		59.3200	59.32		59.32
206770	1,000	UND	BOMBA DE ENGRANAJES 80 LITROS UN	SM	533.9000	533.90		533.90
206747	1,000	UND	VALVULA REGULADORA DE CUDAL	SM	127.1200	127.12		127.12
207285	1,000	UND	ESTANQUE HIDRAULICO 160LT RETROCABINA BZ	SM	593.2200	593.22		593.22
203499	1,000	UND	KIT DE MANGUERAS HIDRAULICAS Y ADAPTADORES	SM	338.9800	338.98		338.98
203282	1,000	UND	VALVULA DE ALIVIO CISTERNA	SM	254.2400	254.24		254.24
						Sub Total US\$		1 906.78
						IGV 18% US\$		343.22
						Total Documento US\$		2 250.00

Sin otro particular de momento, nos despedimos de ustedes.

Atentamente,

15.6.6. Formato de Check List bomba Bowie y accesorios

	FORMATO		TL-MU-F-063
	CHECK LIST BOMBA BOWIE Y ACCESORIOS		Versión: 01 F. Aprobación: 20/12/2022
RESPONSABLE DE LA INSPECCIÓN :			FECHA:
CÓDIGO DE EQUIPO :		UBICACIÓN:	
ENGRANES DE BUNA	✓ x	OBSERVACIONES	
Se desplaza libremente			
Presenta desgaste			
Presenta desprendimiento de la goma			
Presenta incrustaciones de elementos sólidos			
RODAMIENTOS			
Juego radial o axial en eje de accionamiento			
Se aprecia filtración de lubricante por los sellos			
Todos los componentes estan operativos			
BOMBA			
Se aprecia golpes o raspones en el cuerpo			
Los pernos de las tapas se encuentran ajustado			
Los sellos de los ejes con filtraciones			
Las empaquetaduras con filtraciones			
El acoplamiento en malas condiciones			
Carcasa interna con sólidos acumulados			
SISTEMA DE SEGURIDAD			
Disco de ruptura de 100PSI en buen estado			
Reley térmico operativo / Termocupla PT100			
Manómetro de presión operativo			
RECOMENDACIONES			
RESPONSABLE DEL REGISTRO			
FIRMA DEL TÉCNICO Y/O SUPERVISOR ESCOLTA		FIRMA DEL SUPERVISOR Y/O JEFE DE MANTENIMIENTO.	
<p>Nota: Colocar los símbolos en los recuadros, según corresponda en la verificación. ✓Positivo, conforme, correcto estado, operativo, limpio, utilizable, visible, no roto, se tiene, se puede usar. *Negativo, no conforme, mal estado, inoperativo, sucio, inutilizable, no visible, roto, no se tiene, no se puede usar. NA No aplica.</p>			

15.6.7. Plan de mantenimiento de remolcadores

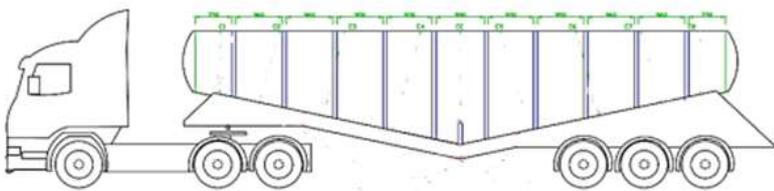
		FORMATO					TL-MU-PL-001	
		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE REMOLCADORES					Versión: 02 Fecha: 27/06/2019	
TIPOS DE SISTEMAS	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	FRECUENCIA					COD. AC	TIPO ACTIVIDAD
		L F/3	PM1 F	PM2 4F	PM3 8F	PM4 12F		
ACCESORIOS	Revisar estado de parlantes			•	•	•	MP-001	I
ACCESORIOS	Revisar estado de plumillas y funcionamiento de limpia parabrisas	•	•	•	•	•	MP-002	I
ACCESORIOS	Revisión del funcionamiento de aire acondicionado			•	•	•	MP-003	I
ACCESORIOS	Revisión del funcionamiento de equipo de radio			•	•	•	MP-004	I
ACCESORIOS	Revisión del funcionamiento de trabas de corona		•	•	•	•	MP-005	I
ACCESORIOS	Revisión del estado y funcionamiento de los cinturones de seguridad	•	•	•	•	•	MP-006	I
ECM	Revisión de arnés de cableado del motor			•	•	•	MP-007	II
ECM	Revisión y limpieza de conectores electrónicos (sensores)			•	•	•	MP-008	II
ECM	Revisión y limpieza del ECM			•	•	•	MP-009	II
ECM	Toma información		•	•	•	•	MP-010	II
RODAMIENTOS RUEDAS NEUMÁTICOS	Mantenimiento de ruedas (engrase, lubricación)			•	•	•	MP-011	III
RODAMIENTOS RUEDAS NEUMÁTICOS	Movimiento de rotación de neumáticos		•	•	•	•	MP-012	III
RODAMIENTOS RUEDAS NEUMÁTICOS	Realizar alineamiento y balanceo de ruedas			•	•	•	MP-013	III
RODAMIENTOS RUEDAS NEUMÁTICOS	Revisar el nivel del lubricante de los rodamientos de las ruedas	•	•	•	•	•	MP-014	III
RODAMIENTOS RUEDAS NEUMÁTICOS	Revisión de ajuste de tuercas de rueda	•	•	•	•	•	MP-015	III
RODAMIENTOS RUEDAS NEUMÁTICOS	Revisión de desgaste de neumáticos (medición de remanentes)	•	•	•	•	•	MP-016	III
RODAMIENTOS RUEDAS NEUMÁTICOS	Revisión de fugas de aceite por retenes de rueda	•	•	•	•	•	MP-017	III
RODAMIENTOS RUEDAS NEUMÁTICOS	Revisión de presión de aire de los neumáticos	•	•	•	•	•	MP-018	III
SISTEMA ADMISIÓN Y ESCAPE	Apriete e Inspección de Abrazadera del sistema de escape			•	•	•	MP-019	IV
SISTEMA ADMISIÓN Y ESCAPE	Evaluación y/o cambio de Filtro de Aire primario/secundario		•	•	•	•	MP-020	IV

15.6.8. Plan de mantenimiento semirremolques.

		PLAN					TL-MU-PL-003	
		MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SEMIRREMOLQUES					Versión: 01 F. Aprobación: 10/04/2019	
TIPOS DE SISTEMAS	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	FRECUENCIA			COD. ACT.	TIPO ACTIVIDAD		
		L F/3	M1 F	M2 4F				
PLATAFORMA DE CARGA	Revisar el seguro de compuertas y/o válvulas		•	•	MP-001	I		
PLATAFORMA DE CARGA	Revisar las válvulas de control del eje retráctil		•	•	MP-002	I		
PLATAFORMA DE CARGA	Lubricar el mecanismo del tren de apoyo y revisar la operatividad	•	•	•	MP-003	I		
PLATAFORMA DE CARGA	Revisar que los soportes y/o cadenas de sujeción se encuentren en buen estado		•	•	MP-004	I		
PLATAFORMA DE CARGA	Revisar el estado de las superficies laterales y superiores de la plataforma			•	MP-005	I		
PLATAFORMA DE CARGA	Revisar el estado de la escaleras (si aplica)		•	•	MP-006	I		
RODAMIENTOS RUEDAS NEUMÁTICOS	Mantenimiento de ruedas (engrase, lubricación)			•	MP-007	II		
RODAMIENTOS RUEDAS NEUMÁTICOS	Movimiento o rotación de neumáticos		•	•	MP-008	II		
RODAMIENTOS RUEDAS NEUMÁTICOS	Revisar y/o realizar alineamiento de ejes y ruedas		•	•	MP-009	II		
RODAMIENTOS RUEDAS NEUMÁTICOS	Revisar el estado de la lubricación de los rodamientos de las ruedas	•	•	•	MP-010	II		
RODAMIENTOS RUEDAS NEUMÁTICOS	Revisión de ajuste de tuercas de rueda	•	•	•	MP-011	II		
RODAMIENTOS RUEDAS NEUMÁTICOS	Revisión de desgaste de neumáticos (medición de remanentes)	•	•	•	MP-012	II		
RODAMIENTOS RUEDAS NEUMÁTICOS	Revisión de fugas de aceite/grasa por retenes de rueda	•	•	•	MP-013	II		
RODAMIENTOS RUEDAS NEUMÁTICOS	Revisión de presión de aire de los neumáticos	•	•	•	MP-014	II		
SISTEMA CHASIS - CARROCERIA	Engrase General de acuerdo a diagrama del vehiculo	•	•	•	MP-015	III		
SISTEMA CHASIS - CARROCERIA	Lavado general a presión	•	•	•	MP-016	III		

15.6.9. Datos del semirremolque (bombona)

CARACTERISTICAS BOMBONA		
N°	Características	Descripción
1	Material de bombona	Acero - ASTM 572
2	Capacidad de carga en galones	7000 galones
3	Diseño estructural modificado	Validado con prueba de cálculo estructural
4	Ancho de Cisterna	2.3 m
5	Peso bruto de la cisterna	8.5 t
6	Tipo de suspensión	Neumática
7	Tipo de neumático	Extra ancho
8	Peso máximo permitido según D.S.058-2003-MTC, artículo 37°	52.8 t
9	Capacidad de carga máxima Con bonificación:	52.8 – 9.45 (peso de remolcador) – 8.5 (peso de cisterna) – (peso de conductor e implementos de seguridad) = 34.45 t Mayor al diseño anterior
10	Capacidad de carga Segura	33 t



Diseño 2D - 2

15.6.10. Ficha técnica del remolcador

Freightliner 114SD Tracto

MOTOR

Marca y referencia	Detroit DD13
Número de cilindros y disposición	6 cilindros en línea
Cilindrada	12.809 c.c.
Potencia	445 hp @ 1.600 rpm
Par máximo (torque)	1.625 lb.ft @ 1.100 rpm
Sistema de inyección	Inyección directa / Common Rail

SISTEMA DE EMISIONES

Norma de emisiones y tecnología	Euro V - Sistema SCR
---------------------------------	----------------------

FRENOS

Freno de servicio	Neumático de doble circuito
Sistemas de frenado auxiliares	Freno de motor de alto desempeño (principio Jacobs)
Freno delantero y trasero	Tambor
Asistencia electrónica	ABS / ATC / ESC / RSC (Sistema SmartTrac™ de Wabco)

EJES

Marca y suspensión del eje delantero	Meritor MFS-14-143A / Suspensión Flat leaf
Capacidad homologada eje delantero	6.000 kg
Marca y suspensión de los ejes traseros	Meritor RT 46-146P / Suspensión Airliner
Capacidad homologada ejes traseros	20.866 kg
Relación de ejes traseros	4,56

CAJA DE CAMBIOS

Marca y referencia	Eaton RTLO-16918D
Número de marchas	18
Relación máxima y mínima	14,4 / 0,75
Tracción	6x4
Tipo	Mecánica

NEUMÁTICOS Y RINES

Rines	Aluminio 22,5 X 8,25
Neumáticos	295 / 80R 22,5

SISTEMA ELÉCTRICO

Batería	3 DTNA Genuinas 12 V 3.375 CCA
Alternador	17 V / 160 A

UN SISTEMA EFICIENTE

Diseñado para rendir en cada kilómetro

DIMENSIONES

Longitud total	7.366 mm
Ancho total	2.590 mm
Altura al techo de la cabina	2.872 mm
Voladizo delantero	1.219 mm
Voladizo trasero	775 mm
Distancia entre ejes	4.724 mm

PESOS

Peso en vacío*	8.113 kg *Peso teórico de fábrica
Peso bruto vehicular combinado homologado	52.000 kg

DEPÓSITOS / TANQUES

Material	Aluminio
Tanque combustible	220 gal (2x 120 / Der 100)
Tanque aditivo sistema SCR	23 gal

Más comodidad para más productividad

EQUIPAMIENTO

Bumper de una pieza en acero de alta resistencia / Bastidor reforzado / Persiana anclada al bastidor con marco cromado / Entrada de aire motor cromada / Molcura de luces frontales cromadas / Exploradores / Espejos calefactados cromados / Espejos auxiliares en el capó / Dos conetas / Rines de aluminio / Llantas Michelin XZAZ eje delantero y Michelin X Multi D2 tandem trasero / Suspensión Neumática AIRLINER / Alarma de reversa / Vidrios y seguros de puerta eléctricos / Tablero envolvente / Preinstalación para radio / Consola en el techo / Interior en color gris / Aire acondicionado / Silla conductor con suspensión neumática / Indicador de temperatura aceite caja de cambios y ejes tandem / Gato 12 toneladas 4 copa para las ruedas Quinta rueda Holland FW35.

APLICACIONES

Condiciones operación	Larga distancia / Carretera
Tipo de carrocería (No incluida)	Semirremolque

Sistema ABS de Frenos 2WEX 121

✓

Control electrónico de Estabilidad SA VES 124

✓

Alerta de Colisión Frontal

✗

Sistema avanzado de Frenado de Emergencia

✗

Sistema de Selección Infantil

✗

Airbag

✗

Sistema de Estabilidad Automática de Luces

✗

Sistema de Lluvia de Limpieza Ultra

✗

Foto de referencia, algunas accesorios son parte de la ambientación fotográfica de otras versiones del vehículo. Las ilustraciones muestran también equipos opcionales, como camiones y equipos no pertenecientes a la configuración de serie para Colombia. Tras el cierre de impresión de esta ficha técnica se debe actualizar cualquier información producto cambio o modificaciones en el diseño y/o equipamiento del producto, las cuales pueden verificarse en la red de concesionarios autorizados. Para mayor información consulte al portafolio de productos, precios, ventajas y financiación visitando nuestra red de concesionarios autorizados por Dealer Colombia S.A.

CONSEJO ALISTADO REDEY CONCESIONARIOS Y DISTRIBUIDORES DE SERVICIOS AUTORIZADOS: • **BOGOTÁ:** Automotores La Floresta, Av. 65 No. 59-75 Tel.: (1) 342-9300, ventas, servicio postventa y venta de repuestos / Motor por Calle 86, Cr. 96 Ciudad Sur km. 11 después del puente de Guatubra Tel.: (1) 741-7243, ventas, servicio postventa y venta de repuestos / Alamosita, Av. Calle 235 # 41 - 30 Subopista Nueva, (Cra. Guaymaral) Tel.: (1) 397-5001, ventas, servicio postventa y venta de repuestos / Autobuses de Repuestos / Transim, Calle 19 No. 189-75 Tel.: (1) 280-5521, servicio postventa y venta de repuestos • **BARRANQUILLA:** Automotores Autoprima, vía 49 No. 775-50 Tel.: (1) 360-5503, ventas, servicio postventa y venta de repuestos • **BUCARÁRANGA:** Motorista Motor, Autopista Pordiblanco No. 81 - 35-1b, (1) 635-3563, ventas, servicio postventa y venta de repuestos • **BAGUE:** Motohoy, Cra. 48 sur No. 81-95 km 4 vía Riohacha Tel.: (80) 777-8238, ventas, servicio postventa y venta de repuestos • **MONTECALI:** Automotores, Cra. 6 No. 10-625 Avenida Los Guacanes Tel.: 371-249-7066, ventas, servicio postventa y venta de repuestos • **PEREIRA:** Automotores La Floresta En Caldas, Av. 30 de Agosto No. 303-81 Tel.: (1) 824-2925, ventas, servicio postventa y venta de repuestos • **PEDELLER:** Automotores La Estrella, Cra. 52 No. 79 sur-83 Tel.: 44-444-2368, ventas, Servicio Postventa y Venta de Repuestos • **QUITANQUE:** Autoprima, Chicarro Hpt. 1 vía Bucaramanga - Páez, Centro 342 áreas Tel.: 380-760-2775, Distribuidor de Repuestos / Truckcenteres de Luján América, Autopista Centro del Norte vía Deltama - Páez Tel.: 380-760-6071, Distribuidor de repuestos • **CUCUTA:** Automotores Calle 1 No. 5-19 Tel.: 565-5551, Distribuidor de repuestos • **SANTA MARTA:** Talleres Servomotores S.A.S., diagonal 39 No. P-08 Tel.: (1) 437-5490, servicio postventa y distribución de repuestos.

WWW.FREIGHTLINER.COM.CO

E-mail: _____

Cellular: _____

Asesor comercial: _____

Asesor comercial: _____