



Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Marítima

Tesis:

"Propuesta de Implementación de un Sistema de Engrase Automático
Centralizado del Ordenador de Red en un Barco de Pesca de Anchoveta en la
Empresa Corporación Pesquera Inca S.A.C. Periodo - 2021"

Ilder Guerrero Román

Jhord Anthony Medrano Herrera

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Marítimo

Asesor: Cesar Edmundo Piscoya Arbañil

Lima – Perú

Julio; 2023

Institución: Universidad Tecnológica del Perú

El siguiente trabajo obtuvo un reporte de similitud con el siguiente porcentaje:

“Propuesta de Implementación de un Sistema de Engrase Automático Centralizado del Ordenador de Red en un Barco de Pesca de Anchoveta en la Empresa Corporación Pesquera Inca S.A.C. Periodo - 2021”

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

DEDICATORIA:

Principalmente dedicamos este trabajo a Dios por darnos la fortaleza, paciencia y sabiduría, nos ayuda en momentos difíciles y nos fortalece para ser mejores profesionales y personas.

A nuestras familias por el apoyo incondicional, durante el desarrollo de esta tesis, lo cual nos ha ayudado a concluir satisfactoriamente este proceso

AGRADECIMIENTO:

Agrademos a la universidad por habernos formado en ella, también agradecemos a todas las personas que han contribuido directa o indirectamente en el desarrollo de nuestras tesis,

Agradecemos a nuestro asesor Ing. Cesar Piscoya, por brindarnos sus conocimientos y su tiempo para llevar a cabo el desarrollo de la presente

RESUMEN

La presente investigación desarrolla la propuesta de implementación de un sistema de engrase automático centralizado para el ordenador de red en un barco de pesca de anchoveta para la empresa Corporación Pesquera Inca.

El desarrollo comprende el análisis situacional, la identificación de los puntos de engrase, la frecuencia para engrase, el cálculo fluido dinámico, la selección de los componentes, el cálculo de potencia de la bomba y los elementos que forman parte del sistema de conducción de grasa hacia los puntos de articulación del ordenador de red también llamado Net Staker.

El estudio también comprende el desarrollo del sistema eléctrico y los costos asociados con la implementación del sistema centralizado.

Con esta investigación se busca reducir los períodos entre reparación de los pinos y bocinas que se encuentran en las articulaciones del ordenador debido a que se tiene reportes del estado de estos elementos en la cual presentan desgaste prematuro.

Finalmente se concluye satisfactoriamente con el diseño del sistema de engrase, proponiendo la implementación del modelo FB-XL multilínea sólida de pistón radial de la marca SFK con un total de 14 puntos de distribución, se desarrolla los planos de instalación y se define los costos de implementación.

Este estudio también pretende servir de modelo para la implementación del sistema de engrase en las otras embarcaciones de la empresa y que se dedican también a la extracción de recursos marinos

ÍNDICE

DEDICATORIA:	III
AGRADECIMIENTO:	IV
NOMENCLATURA.....	X
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE TABLAS	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XV
CAPÍTULO 1	1
REVISIÓN DE LA LITERATURA ACTUAL.....	1
1.1 Antecedentes nacionales	1
1.2 Antecedentes internacionales	4
CAPÍTULO 2	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Pesca industrial	6
2.1.1 Tipos de pesca industrial	6
2.1.2 Equipos básicos para pesca industrial	8
2.2 Ordenador de red.....	9
2.3 Partes de un ordenador de red	10
2.4 Viscosidad	10
2.5 Grasa Lubricante	13
2.6 Reología	16
2.7 Deformación de grasas industriales	17
2.8 Continuidad.....	20
2.19 Flujo en Tuberías.....	21
2.10 Esfuerzo Cortante Promedio	32

2.11 Esfuerzo Permisible	33
2.12 Flujo Cortante Permisible	33
2.13 Materiales de tuberías.....	34
2.14 Uniones para tuberías y accesorios	35
2.15 Estructura de los accesorios roscados	36
2.16 Velocidad de conducción	37
2.17 Reguladores de presión	38
2.18 Accesorios	38
2.19 Sistema de lubricación por engrase	39
2.19.1 Tipos de lubricación industrial	40
2.19.2 Sistemas y componentes de lubricación por grasa	40
2.20 Oxidación.....	41
2.20 Corrosión	42
CAPÍTULO 3	45
METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	45
3.1 Método de investigación	45
3.2 Análisis situacional.....	45
3.2.1 Problema de ingeniería	48
3.3 Solución del problema	52
3.3.1 Identificación de los puntos de engrase	53
3.3.2 Cálculo fluidodinámico	58
3.4 Equipos y componentes del sistema de engrase	67
3.5 Costo de implementación del sistema de engrase	70
CAPÍTULO 4	76
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	76
4.1 Cálculo fluido dinámico del sistema de engrase.....	76

4.2 Equipos y componentes del sistema de engrase	77
4.3 Desarrollo de planos de distribución e instalación del sistema de engrase	80
4.4 Discusión de resultados en comparación con otros autores.....	81
4.5 Puesta en servicio del sistema.....	83
CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES.....	86
BIBLIOGRAFÍA.....	87
ANEXO 1 - PROPIEDAD DEL ACERO ASTM A-53	90
ANEXO 2 - COTIZACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN.....	92
ANEXO 3 - CÁLCULO FLUIDO DINÁMICO	95
ANEXO 4 - PLANOS	97
ANEXO 5 - ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE LOS INYECTORES DE DISTRIBUCIÓN DE GRASA.....	106
ANEXO 6 - TABLA DE TOLERANCIA ORDENADOR DE RED	109

NOMENCLATURA

Notación Definición

\dot{m}	Gasto o caudal másico (kg/s).
ρ	Densidad (kg/m ³).
Q	Flujo volumétrico (m ³ /s).
V	Velocidad (m/s).
D	Diámetro equivalente de tubería, interno (m).
τ	Esfuerzo cortante (N/m ²)
n	Denominado índice de comportamiento del flujo obtenido de forma empírica.
K	Índice de consistencia (Pa-s).
$\frac{dv}{dy}$	Es el gradiente de velocidad del fluido (m/s)
μ	Viscosidad absoluta o dinámica (Pa – s).
Re_G	Reyold general.
f	Es el factor de fricción por conducción.
h_{pl}	Pérdida de carga o presión en términos de altura (m)
g	Gravedad (m/s ²)
E_p	Energía estática (m).
E_v	Energía dinámica (m).
E_z	Energía potencial(m).
E_A	Energía suplementaria (bomba) (m).
E_E	Energía extraída (turbina) (m).
E_f	Energía perdida por accesorios (m).
P	Presión (Pa).

Z	Altura (m).
H _p	Energía aportada por la bomba expresado en altura (m)
H _t	Energía extraída por la turbina expresado en altura (m)
h _f	Perdida de energía por longitud de tubería (m) = h_{pl}
h _m	Pérdida de energía por accesorios o menores (m)
h _f	Perdida de energía por longitud (m).
f	Factor de fricción de la tubería (adimensional).
L	Longitud de la tubería (m).
e	rugosidad relativa (adimensional).
$\bar{\epsilon}$	rugosidad promedio de la tubería (m).
K _s	Factor de fricción de Darcy (adimensional).
Pot _{pump}	Potencia de la bomba (kW).
γ	Peso específico del fluido (N/m ³).
H _p	Altura suministrada por la bomba (m).
η	Eficiencia de la bomba (adimensional).
T	Esfuerzo cortante promedio en la sección, que se supone es igual en cada punto situado en la sección (N/m ²)
V	fuerza cortante interna resultante en la sección determinada a partir de las ecuaciones de equilibrio (N)
A	Área en la sección (m ²)
q	Flujo cortante, medido como una fuerza por unidad de longitud a lo largo de la viga (N/m)
I	Momento de inercia de toda la sección transversal calculada respecto al eje neutro (m ⁴)

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
		XVI
Figura 1:	Ordenador de red - COPEINCA S.A.C.....	XVI
Figura 2:	Bocina del calador de red - COPEINCA S.A.C.....	XVII
Figura 3:	Trabajos realizados en los ordenadores de red	XIX
Figura 4:	Pesca industrial - Tipos.....	7
Figura 5:	Equipos básicos para la pesca industrial	8
Figura 6:	Ordenador de red o net stacker	9
Figura 7:	Ordenador de Red	10
Figura 8:	Tipos de viscosidad en función a su deformación y esfuerzo cortante	14
Figura 9:	Materiales viscoelásticos [18].....	17
Figura 10:	Reómetro [18].....	17
Figura 11:	Impacto en la estructura de una grasa con el esfuerzo cortante y su deformación.....	19
Figura 12:	Análisis reológico de algunas grasas	20
Figura 13:	Trazas del flujo laminar y turbulento [4].....	23
Figura 14:	Régimen de Fluido [21].....	25
Figura 15:	Gradiente de presión de una línea de corriente [21].....	28
Figura 16:	Diagrama de Moody para obtener el coeficiente de fricción en una tubería [21]	30
Figura 17:	Esfuerzo cortante promedio [10]	32
Figura 18:	Perno sujetador de estructura [10]	34
Figura 19:	Estructura de accesorio	37
Figura 20:	Juntas	39
Figura 21:	Accesorios de cobre	39
Figura 22:	Pines de articulación con óxido.....	42

Figura 23: Pines de articulación inoperativos	43
Figura 24: Sistema centralizado de lubricación [21]	44
Figura 25: Organigrama de la empresa COPEINCA S.A.C.	47
Figura 26: Ordenador de Red - NS-IT48	48
Figura 27: Articulaciones del ordenador de red.....	49
Figura 28: Desgaste en las articulaciones del ordenador de red.....	51
Figura 29: Puntos de articulación del ordenador NS-IT48.....	53
Figura 30: Configuración del sistema centralizado modelo FB-XL marca SKF.....	57
Figura 31: Esquema general para la aplicación de la ecuación de energía.....	59
Figura 32: Alturas manométrica de los puntos de engrase (mm)	63
Figura 33: Sistema de impulsión FB-XL - Pistón radial marca SKF	64
Figura 34: Esquema de distribución de los puntos de engrase	64
Figura 35: Plano de instalación y distribución del sistema de engrase.....	68
Figura 36: Diagrama del sistema de eléctrico para el arranque y control	74
Figura 37: Diagrama de carga y protección eléctrica	75
Figura 38: Sistema de engrase FB-XL - SKF [21]	77
Figura 39: Instalación recomendada por SKF [21]	78
Figura 40: Cabezal de distribución small-series – SKF [21]	78
Figura 41: Instalación y ajuste de los cabezales de distribución	79
Figura 42: Detalle de conexión de las mangueras hidráulicas.....	81

LISTA DE TABLAS

Tabla	Título	Página
	Tabla 1: Ordenador de red y su ubicación	XVIII
	Tabla 2: Reporte de trabajos realizados en los ordenadores de red	XVIII
	Tabla 3: Reporte de trabajos realizados del 2016-2021	XIX
	Tabla 4: Características de Fluidos no Newtonianos	12
	Tabla 5: Comparación de velocidades de conducción por ductos para grasas lubricantes	37
	Tabla 6: Dimensiones de pines y bocinas de los puntos de articulación	54
	Tabla 7: Comparativo de características técnicas – Bombas de Lubricación	55
	Tabla 8: Sistemas de lubricación de la marca SKF [21]	56
	Tabla 9: Información técnica del sistema centralizado automático SFK FB-XL -Small-Series	56
	Tabla 10: Características técnicas del acero ASTM A53.....	58
	Tabla 11: Parámetros de flujo	58
	Tabla 12: Propiedad de la grasa LITIO EP-2 [11].....	59
	Tabla 13: Cálculo fluidodinámico del sistema de engrase.....	62
	Tabla 14: Volumen del tanque de almacenamiento de grasa.....	65
	Tabla 15: Tiempos de lubricación requerido por el sistema.....	67
	Tabla 16: Materiales y consumibles del sistema de engrase.....	69
	Tabla 17: Lista de componentes del sistema eléctrico	70
	Tabla 18: Costos del sistema de engrase centralizado	72
	Tabla 19: Propiedades químicas de acero A-53.....	79
	Tabla 20: Elementos del sistema eléctrico	80

INTRODUCCIÓN

La presente investigación propone a la empresa Corporación Pesquera Inca S.A.C. la implementación de un sistema centralizado de engrase automático para el ordenador de red en una flota pesquera de anchoveta debido que los pines y bocinas de las articulaciones presentan desgaste prematuro.

Uno de los sistemas involucrados en la faena de pesca es el ordenador de red que se utilizan para la captura de la anchoveta, esta acción, pesca, de se denomina “calá”.

La presente investigación está orientado a la implementación de un sistema de engrase automático centralizado para el ordenador de red en un barco de pesca de anchoveta con el objetivo de mejorar su vida útil debido a que el engrase se efectúa manualmente y solo cuando se realiza el mantenimiento.

El sistema pretende realizar el engrase en cada “calá” o cada vez que se suelta la red para la captura de un cardumen de anchoveta.

La idea central es, mediante el engrase automático, mejorar la vida útil del ordenador de red, principalmente los bujes o bocinas de trasmisión en donde se genera el mayor desgaste. Este desgaste provoca en muchos casos la parada de la pesca debido a que sucede de manera aleatoria y en muchos casos en plena faena

Para el desarrollo se contempla el uso de teorías de cálculo estructural, cálculo hidráulico y referencias bibliográficas de tesis y/o artículos científicos que servirán de guía metodológica de desarrollo para el diseño del sistema de engrase automático.

Definición del Problema

La “calá”, es la acción de tirar y recoger la red para cercar el cardumen de anchoveta, este acto requiere el uso del ordenador de red, como se muestra en la figura 1, a través de guías de cables en el Winche, la fricción de los componentes que realizan movimiento deslizante y giratorio ocasionan desgaste que normalmente se alivia con el engrase realizado antes de la faena, el ciclo de engrase se realiza al inicio de cada faena y no con los ciclos de uso del ordenador de red, o sea en cada calá.

Figura 1: Ordenador de red - COPEINCA S.A.C.



El desgaste de los componentes se hace más evidente cuando se incrementan las faenas de pesca o en temporada alta, debido a que estos trabajan más con la misma cantidad de engrase al inicio de cada faena.

Los componentes con más desgaste se tienen en los pinos y bocinas de las articulaciones, en algunas ocasiones el desgaste produce fallas en plena faena dando

como consecuencia la parada del trabajo, retrasos debido a la reparación y en el mejor de los casos deficiencia en la maniobra del equipo debido al incremento de la fricción cuando se desalinean los pinos y/o las bocinas.

El mantenimiento y reparación del ordenador de red se realizan a las 2400 “calas” que en promedio se dan cada 4 años, el costo del mantenimiento que involucran el cambio de pinos y bocinas es de \$ 41000 aproximadamente.

Según información del fabricante el tiempo de vida útil de los pinos y bocinas es de 4000 “calas”, siendo el uso normal de 2 calas por faena, la idea entonces es lograr incrementar la disponibilidad y la vida útil de los pinos y bocinas ubicadas en las articulaciones de los brazos del ordenador de redes.

En la figura 6 se muestra el desgaste de la bocina del ordenador de red que, en algunos casos al desmontarlo para el mantenimiento, esta sale fracturado

Figura 2: Bocina del calador de red - COPEINCA S.A.C.



COPEINCA registra incidencias de falla en el ordenador de red debido a la falta de lubricación, ocasionando desgaste prematuro en los pinos, bocinas y piñón; además de la cancelación de las operaciones de cala en las faenas de pesca. Esta incidencia es crítica debido a que solo se dan 1 o 2 temporadas al año para la extracción de anchovetas; el retraso de las operaciones por las reparaciones no programadas

ocasiona pérdidas cargándose a los costos de producción y reduciendo el margen de ganancia.

En la tabla 1 se muestra los ordenadores de red en los barcos de pesca de la empresa COPEINCA.

Tabla 1: Ordenador de red y su ubicación

EQUIPO	BARCO
(NET STACKER) IT42 RB03	EP RIBAR 03
(NET STACKER) IT42 RB13	EP RIBAR 13
(NET STACKER) IT48 AN52	EP ANDES 52
(NET STACKER) IT48 BRU2	EP BRUNELA 2
(NET STACKER) IT48 CRIS	EP CRISTINA
(NET STACKER) IT48 INC1	EP INCAMAR 1
(NET STACKER) IT48 INC2	EP INCAMAR 2
(NET STACKER) IT48 INC3	EP INCAMAR 3
(NET STACKER) IT48 MARU	EP MARU
(NET STACKER) IT48 MATY	EP MATY
(NET STACKER) IT48 RB16	EP RIBAR 16
(NET STACKER) IT48 RIDO	EP RICARDO
(NET STACKER) IT48 ROD1	EP RODGA 1
(NET STACKER) NS46 RB14	EP RIBAR 14
(NET STACKER) PE46 CHI1	EP CHIMBOTE 1
(NET STACKER) PE46 RB18	RIBAR 18
(NET STACKER) PE46 SFER	SAN FERNANDO

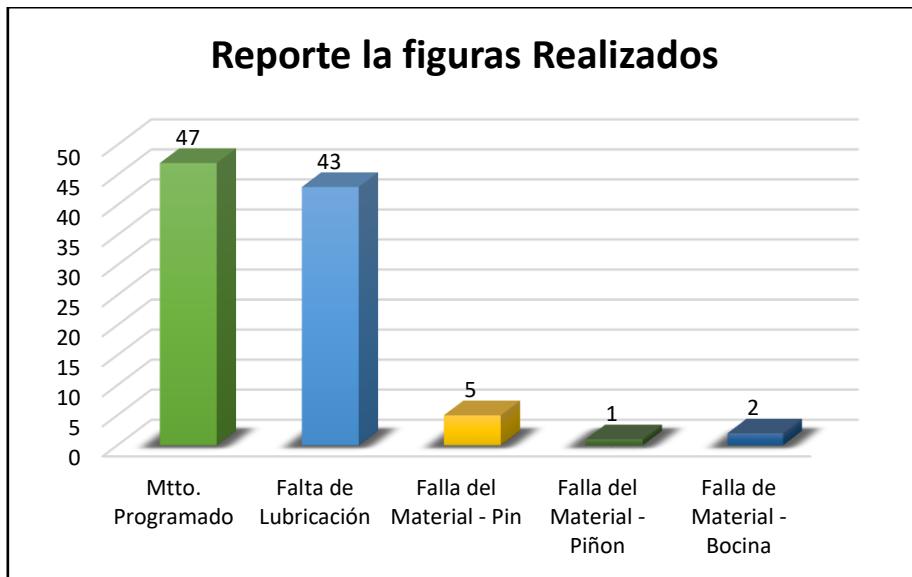
En la tabla 2 se muestra los trabajos realizados de acuerdo a las incidencias y mantenimiento programado en los ordenadores de red, en ella se evidencia la cantidad de trabajos realizados desde el 2016 al 2021

Tabla 2: Reporte de trabajos realizados en los ordenadores de red

REPORTE	Reporte de Trabajos Realizados						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Mtto. Programado	7	6	7	10	7	10	47
Falta de Lubricación	0	6	13	7	10	7	43
Falla del Material - Pin	0	1	1	0	1	2	5
Falla del Material - Piñón	0	1	0	0	0	0	1
Falla de Material - Bocina	0	0	0	2	0	0	2
Total reporte							98

De la tabla 2 se pude ver que, 51 reportes se deben a trabajos no programados y son los que afectan las faenas de pesca. Este representa el 52% de trabajos totales, la información se muestra en la figura 3.

Figura 3: Trabajos realizados en los ordenadores de red



Para la empresa, los trabajos no programados representan en costos un total de 195 229,20 dólares en los 6 años de reporte; estos reportes se muestran resaltados en la tabla 3.

Tabla 3: Reporte de trabajos realizados del 2016-2021

REPORTE	Reporte de Trabajos Realizados						Total (\$)
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Mtto. Programado	169 474,61	129 977,24	146 360,87	200 236,11	263 196,88	138 575,70	1 047 821,41
Falta de Lubricación	0,00	42 825,33	50 413,43	18 036,71	62 936,95	9 581,64	183 794,06
Falla del Material - Pin	0,00	800,00	787,70	0,00	670,20	2 809,09	5 066,99
Falla del Material - Piñón	0,00	3 235,15	0,00	0,00	0,00	0,00	3 235,15
Falla de Material - Bocina	0,00	0,00	0,00	3 133,00	0,00	0,00	3 133,00
Total gastos (\$)							1 243 050,61

El objetivo del presente informe será reducir los mantenimientos no programados que inciden directamente con los operativos además de los retrasos y/o cancelaciones de las faenas de pesca

Objetivo General

Proponer la implementación de un sistema de engrase automático centralizado del ordenador de red en un barco de pesca de anchoveta en la empresa Corporación Pesquera Inca S.A.C.

Objetivos Específicos

- Desarrollar el cálculo fluido dinámico del sistema de engrase automático centralizado para el ordenador de red
- Determinar los equipos y componentes del sistema de engrase automático centralizado para el ordenador de red
- Desarrollar los planos de distribución e instalación del sistema de engrase automático centralizado para el ordenador de red
- Determinar los costos de implementación del sistema de engrase automático centralizado para el ordenador de red

Alcance de la investigación

El alcance de la presente investigación se centra solamente en el ordenador de red NET STACKER NS-IT48, de la embarcación RIBAR IX perteneciente a la empresa COPEINCA.S.A.C.

Límites de la investigación

La investigación no desarrolla el análisis costo beneficio de la implementación debido a la información reservada y que es considerada sensible para la empresa, pero se puede estimar el beneficio debido a que los componentes no tendrán un desgaste prematuro y

no requerirán un mantenimiento correctivo en periodos cortos sino que se darán a intervalos mayores permitiendo que la embarcación mantenga sus operaciones en vez de requerir la reparación y/o cambio de los pines y bocinas del ordenado de red.

Por otro lado también, no se incluyen indicadores de mantenimiento y disponibilidad debido a que solamente está dirigido al diseño del sistema de engrase (cálculos).

Naturaleza de las fuentes de investigación

La metodología utilizada es la investigación aplicada, para conseguir este propósito se utilizan tesis y/o artículos relacionados a sistemas de engrase y lubricación en barcos de pesca y teoría de cálculo de flujo en ductos o tuberías para régimen laminar aplicados a fluidos no Newtonianos.

CAPÍTULO 1

REVISIÓN DE LA LITERATURA ACTUAL

Una forma de comenzar con una investigación es revisar el estado del arte o los antecedentes a la presente investigación de tal manera que sirven de referencia y contribuyen a mejorar el resultado del estudio.

Para la presente investigación se consideran investigaciones de tesis y artículos relacionados a sistema de engrase y lubricación en el ámbito nacional e internacional.

1.1 Antecedentes nacionales

D. Egoávil Méndez [1], en su investigación propone implementar un programa de lubricación para incrementar la disponibilidad de los Scoops Caterpillar R1600G para la Compañía Minera Casapalca; ayudan a definir el tipo de lubricante a los elementos similares que forman parte del ordenador de red, además utiliza norma y manuales que determinan el uso de las grasas y lubricantes como la ISO 6743-9 y la SAE para establecer los grados de viscosidad de grasas y lubricantes.

J. Gil [2], en su estudio propone la implementación de un sistema de gestión orientado a la lubricación de componentes de las máquinas a fin de mejorar su confiabilidad en la empresa Mondelez, realiza la reducción y estandarización de lubricantes en planta, elabora el estándar de los locker's de lubricantes y ejecuta los Kaizen de lubricación para reducir

los tiempos de lubricación; el resultado obtenido es la disminución de averías por lubricación en un 95%. en su propuesta de implementación de gestión de lubricación para mejorar la confiabilidad de las máquinas, propone técnicas de control para el sistema de lubricación de maquinarias de la línea de producción de la planta Mondelez, propuesta que será dirigida a la gerencia para un mejor desempeño del sistema de engrase automático centralizado del ordenador para mejorar su confiabilidad

J. García [3], Propone la mejora del sistema de abastecimiento de lubricantes y de bombas en la unidad minera Constancia que nace con una disponibilidad promedio, considerado baja para la empresa, que se desea mejorar, el análisis de criticidad determina que se genera por la unidad logística, en consecuencia busca mejorar el sistema de bombeo para el despacho de lubricantes en el taller de mantenimiento. Su propuesta mejora las deficiencias del proceso de distribución a través de la instalación y renovación de equipos de lubricación en la zona de tanques, reubica los sistemas de despacho y extiende las líneas de lubricación.

M. Solís [4], Implementa un sistema de engrase centralizado en la empresa JRC ingeniería y construcción para incrementar la disponibilidad operativa del equipo Jumbo RB-282. El engrase antes de su propuesta era realizado en forma manual y no tenía la eficacia de los sistemas automatizados, con su propuesta logra el incremento de la disponibilidad operativa en un 11,02 %, también se consigue la reducción de parada por mantenimiento de 129,81 horas/mes y el incremento en horas de operación de 69,9 horas/mes

A. Gallo [5], desarrolla un nuevo diseño de red para atún para una embarcación con sistema de virado de doble halador que operaba con una red convencional, determina los parámetros técnicos para el diseño y armado de una red de cerco para la embarcación en estudio en base al estudio de una red convencional obteniendo las deficiencias de diseño y limitaciones operativas. Su propuesta logró obtener beneficios como la reducción de costos de construcción en un 20,6 %, también la efectividad en la pesca en un 381 %,

además de la reducción del tiempo total de operación en un 23,9 %. En su estudio considera parámetros de sujeción, articulación y lubricación para el atado de la red al halador y el manejo del ordenador para continuar con la tarea de pesca.

L. Sarasi [6], en su investigación indica que tiene por objetivo determinar indicadores de eficiencia de la flota de pesquera industrial y el consumo óptimo de combustible, basa su estudio en información satelital en una temporada de recolección de jurel y caballa. Logra determinar índices como: índice de temporada, eficiencia de captura y eficiencia de recorrido; con estos tres indicadores determinó la eficiencia de viraje en un 0,69 para la pesca indirecta y 0,6 para la pesca directa. Concluye que la forma correcta del uso óptimo de combustible es controlar la velocidad de navegación en RPM para la hélice de paso fijo y en porcentaje de paso para hélice de paso variable, este procedimiento permitió ahorrar 733352 galones para la pesca indirecta y 165690 galones para la pesca directa.

V. Zapata [7], propone el diseño de un sistema de lubricación centralizado a los compresores de propano C-5100 y C5110 con la finalidad de disminuir los mantenimientos correctivos en la planta de gas Pariñas de Graña y Montero; en su análisis determinó que la mayor recurrencia de falla se debía a los desgastes mecánicos, evidenciándose en los sellos, cojinetes y rotor, motivo por el cual propone la incorporación de un sistema de lubricación centralizado, el estudio contempla el cálculo fluidodinámico a fin de determinar el equipo adecuado. Concluye que luego de implementado el sistema centralizado los mantenimientos correctivos pasan de 2 a 1 al año, evidenciando la importancia de realizar la lubricación a fin de evitar desgaste prematuro.

F. Luna [8], en su tesis diseña un sistema de lubricación de pines y bocinas de padlock de cucharón de palas eléctricas CAT para el modelo 7495 HR2 con la finalidad de reducir las paradas imprevistas y por ende el mantenimiento preventivo no programado, dicho mantenimiento implicaba 8 horas de parada, la intervención de 10 técnicos. El estudio justifica su procedimiento a través de indicadores de mantenibilidad como es la confiabilidad. El trabajo centra su procedimiento en el análisis de los componentes en el

mantenimiento correctivo, luego de determinar las causas, determina que la solución es implementar un sistema de lubricación para los pinos y bocinas del cucharos de palas, mejorando los tiempos entre reparación e incrementando la disponibilidad y la confiabilidad.

1.2 Antecedentes internacionales

J. Ramírez [9] desarrolla su tesis sobre la implementación de un plan de lubricación orientado al mantenimiento de la maquinaria pesada que tiene como labor el movimiento de tierra, estas maquinarias trabajan para el sector de la construcción, el estudio está dirigido a la Topsa Construcciones S.A, consideraciones que sirven de referencia para recomendar el mantenimiento del sistema centralizado de engrase.

D. Gómez Vélez [10], muestra en sus tesis técnicas de diseño y montaje de instrumentación y lubricación para una compactadora, referencias que serán tomados en cuenta para el diseño y montaje del sistema de engrase centralizado.

Chiute, Lafarge y otros [11] realizaron el estudio reológico de una bio-grasa de aceite vegetal de Jatropha curcas y jabón de litio, obteniendo los coeficientes característicos de una grasa tipo no Newtoniano visco elástico, estos coeficientes se denominan índice de consistencia e índice de comportamiento, estos datos solo se pueden determinar de forma experimental y es de gran ayuda para el estudio fluido dinámico porque permiten determinar las pérdidas por conducción y la potencia requerida por el sistema para la impulsión del fluido.

C. Bielsa [12], estudia diferentes sistemas de lubricación orientado a los principales motores utilizados en embarcaciones de transporte de carga rodada y otros equipos que intervienen en ellos. Centra su estudio en el análisis de manuales, tratamiento y análisis de aceite con la finalidad de mejorar el plan de mantenimiento con el objetivo de reducir las averías detectadas por oficiales de máquinas, el alcance de su investigación cubre los

elementos lubricados por el propio motor de 4 tiempos, su evaluación final comprende el análisis de componentes que luego de la implementación tienen menor desgaste.

S. Castro [13], implementa un programa de lubricación adecuado en función a las necesidades de una empresa de refrigeración con la finalidad de prevenir que un equipo crítico pare y afecte a toda la producción, el estudio permite identificar todos los puntos de lubricación y crear un programa de control y verificación de engrase y lubricación de los elementos móviles de la máquina a través de formatos de inspección.

A. León [14], desarrolla un estudio de lubricación en Fast Ferries para implementar el mantenimiento proactivo a través del análisis predictivo, en su análisis recoge información de la STLE (Asociación de Tribología e Ingenieros en Lubricación) en la cual determinan que más del 50% del desgaste de máquinas están directamente relacionados a una lubricación deficiente, el 80% es causado por la contaminación del mismo y el 30% son cambiados pese a tener parámetros o índices de trabajo adecuado, aquí radica la importancia de un sistema automatizado de lubricación.

F. Konffe [15], en su estudio diseña y planifica el mantenimiento preventivo de lubricación de la máquina flexo gráfica Bobst destinado a trabajos en industrias de cartones. La necesidad surge debido a la desidia del personal de operaciones en tareas de lubricación de equipos considerados críticos y que generan desgaste prematuro y una vida útil por debajo de los establecido por el fabricante, aplica un estudio descriptivo, realiza el análisis de aceite de los equipos hidráulicos y concluye que los depósitos de aceite al estar expuesto, sufre de contaminación cruzada, la degradación química, aceite con mezcla de metales pesados y al aceite fuera de parámetros de funcionamiento normal. Como alcance final luego de la implementación de su estudio, logró determinar la vida útil del aceite por el cual recomienda realizar el cambio a fin de preservan los activos críticos como es la maquinaria Bobst.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Pesca industrial

Es aquella actividad comercial orientada a la captura de peces a gran escala a través de embarcaciones acondicionadas para esta tarea, algunos incluso tienen la capacidad de procesar o prepararlos para su comercialización, fileteándolos, trozándolo, conservarlos, etc.

En definitiva, una pesca industrial se puede considerar una actividad comercial en la cual intervienen barcos con equipo especializado y personal calificado en pesca industrial y no artesanal.

La embarcación considerada para esta actividad comercial no debe ser menor de 18 metros de eslora y poseer maquinaria y tecnología necesaria para su extracción y conservación de la especie extraída en grandes volúmenes [16].

2.1.1 Tipos de pesca industrial

De acuerdo a la distancia desde el litoral la pesca o actividad de extracción de peses se puede clasificar en:

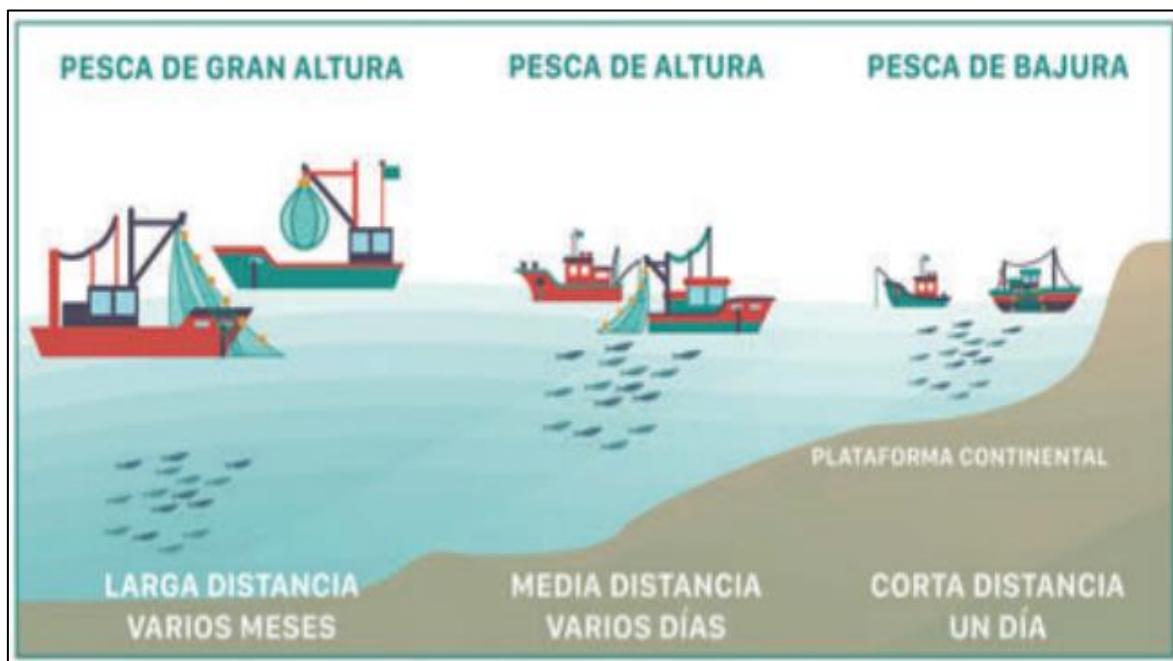
- Pesca costanera: Es el que se realiza con embarcaciones pequeñas o medianas a pocos kilómetros de la costa, estas regresan al puerto diariamente a dejar la

captura, Este método esquila los fondos marinos debido a la sobreexplotación y por el crecimiento de esta actividad costera.

- Pesca de altura: Esta actividad requiere de embarcaciones con mejor maquinaria y tecnología capaz de manipular y conservar el pescado por congelación debido a que pasan mucho tiempo en altamar realizando faenas que pueden llegar hasta meses para el acopio. Entre los equipos que pueden llevar son: sondas, frigoríficos, haladores, etc.
- Pesca de gran altura: Este tipo de pesca se refiere a barcos que pasan largos periodos de tiempo en altamar y que además disponen de embarcaciones de apoyo para abastecer de combustible, provisiones y otros, a fin de mantener por más tiempo la extracción de peces, incluso capaces de procesar dentro de la embarcación para su comercialización.

Los tipos de embarcación se muestran en la figura 4.

Figura 4: Pesca industrial - Tipos



2.1.2 Equipos básicos para pesca industrial

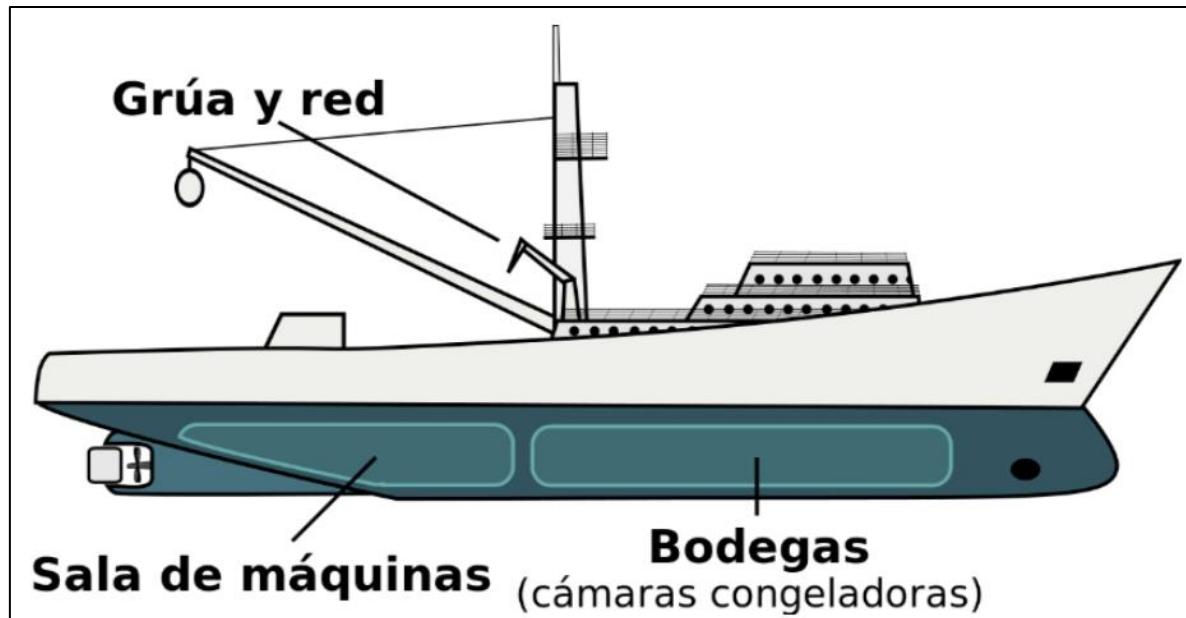
Existen un sin número de equipos a bordo para realizar la tarea de extracción de peces a gran escala, desde equipos de operación, equipos auxiliares y equipos necesarios para una navegación segura.

Para el objeto de estudio cabe resaltar equipos básicos que participan directamente en la extracción de arrastre como son:

- Halador o net winch
- Ordenador o net staker
- Red
- Grúa
- Sala de máquinas
- Bodegas (congeladoras)
- Pistones de giro, levante y cabezal

En la figura 5 se muestra una embarcación que hace referencia a equipos básicos para una faena de pesca

Figura 5: Equipos básicos para la pesca industrial



2.2 Ordenador de red

El ordenador de red es un equipo que se utiliza en la pesca por cerco, su función es de apoyar el estibado de la red de pesca realizado por los operadores, se distingue por el brazo que tiene y que cubre toda la cubierta de carga de la red.

Las dimensiones de longitud y altura están de acuerdo con el tamaño de la embarcación así como se muestra en la figura 4.

Algunos lo consideran unas grúas pero por los grandes esfuerzos laterales que se generan en la cala, no necesariamente se puede considerar una grúa debido a que no solo se genera una carga vertical sino lateral en el levante a diferencia de una grúa la carga lateral se genera cuando toda la carga está suspendida, en consecuencia se puede considerar que este equipo soporta grandes momentos laterales y verticales.

Al momento de elegir un ordenador, se debe considerar la que alcance la mayor altura posible, esto para facilitar el trabajo de separación de las líneas de plomos y flotadores, además del radio de acción, pues debe alcanzar a barrer todo el espacio destinado para la red.

Otra de las consideraciones del barrido es que el peso de la red que sale del ordenador hasta la cubierta genera un tiro de entrada y debe ser suficiente para que la fuerza de entrada permita transportar la red y generar la fuerza de salida del netwinch o halador [17].

Figura 6: Ordenador de red o net stacker



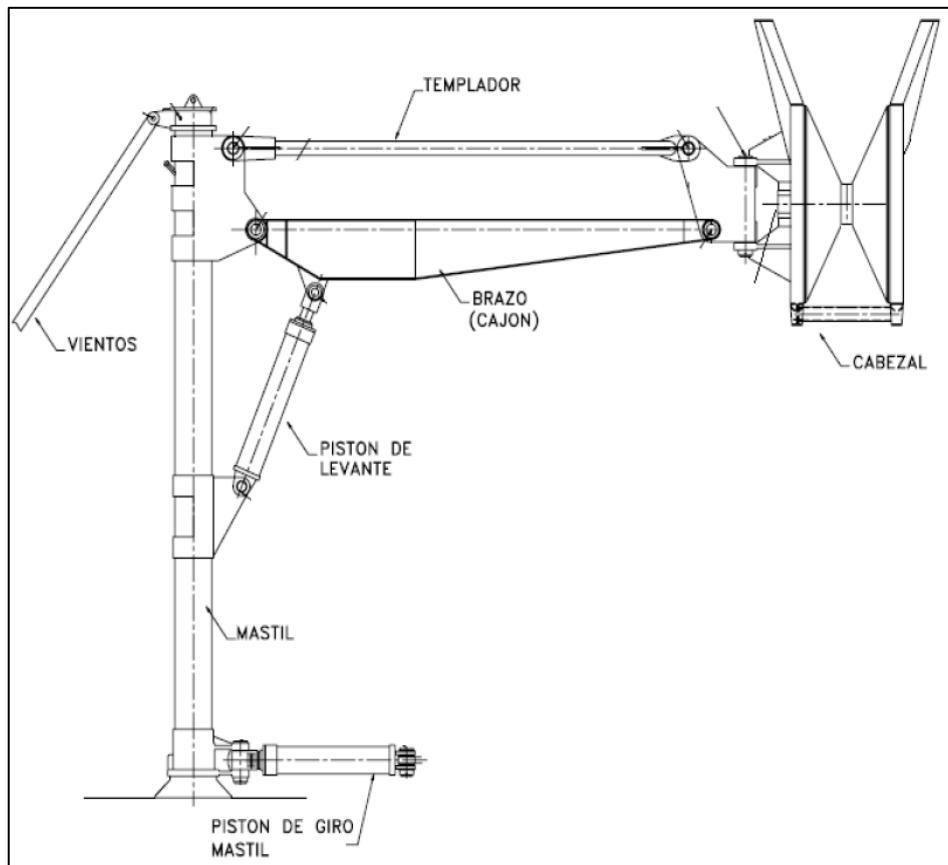
2.3 Partes de un ordenador de red

Las partes de un ordenador de red son:

- Templador
- Brazo
- Cabezal
- Mástil
- Pistones de giro y levante

En la figura 7 se muestra en general las partes y articulaciones del ordenador de red

Figura 7: Ordenador de Red



2.4 Viscosidad

La viscosidad de un fluido es una forma de medir la resistencia a las deformaciones graduales generadas por esfuerzos cortantes o de tracción sobre el fluido.

Fluidos Newtonianos:

Se considera fluido newtoniano aquel fluido que puede considerarse que posee una viscosidad constante, la relación entre el esfuerzo cortante o de cizalladura en función a la velocidad de deformación se considera de forma lineal.

Fluidos no Newtonianos:

Un fluido se considera no newtoniano es aquel cuya viscosidad varía con la con otras variables como por ejemplo la temperatura y la tensión o esfuerzo de corte que se aplica, un fluido no newtoniano, a diferencia de un fluido newtoniano, no tiene un valor de viscosidad definido.

Los fluidos no newtonianos se caracterizan o se definen mediante otras propiedades reológicas, estas propiedades se relacionan entre el esfuerzo y los tensores de tensiones que se encuentran a distintas condiciones de flujo, estas condiciones pueden ser los esfuerzos de corte.

Por ejemplo, cuando está el fluido está en reposo se puede comportar como un fluido, pero se incrementa su viscosidad cuando es sometido esfuerzos de corte. Esto significa, cuando un fluido no newtoniano es “golpeado”, este evento genera que los átomos del fluido se reorganicen e incrementen su viscosidad. En ocasiones pueden comportarse como un elemento sólido, por ejemplo, si movemos un objeto lentamente en el seno de fluido no newtoniano, este atravesará sin dificultad, pero si el objeto intentara moverse en el fluido con una velocidad relativamente alta, el fluido se comportará como un sólido. En conclusión a mayor esfuerzo aplicado, producto de la velocidad, mayor será su viscosidad. Este efecto durar sólo mientras la fuerza es aplicada, en consecuencia es considerado como viscosidad aparente. Los principales tipos de fluidos no newtonianos se incluyen en la tabla 4.

Fluido Tixotrópico:

La tixotropía es la propiedad que poseen algunos fluidos no newtonianos por el cual se muestra el cambio de su viscosidad asociado a la presión aplicada; cuanto más es la

presión sometida al fluido a esfuerzos de corte, su viscosidad disminuye. Un fluido tixotrópico es un elemento que tarda algún tiempo finito para poder alcanzar una viscosidad en equilibrio relativo cuando se realiza un cambio instantáneo en el esfuerzo cortante.

Tabla 4: Características de Fluidos no Newtonianos

Tipo de fluido	Comportamiento	Características	Ejemplos
Plásticos	Plástico perfecto	La aplicación de una deformación no conlleva un esfuerzo de resistencia en sentido contrario	Metales dúctiles una vez superado el límite elástico
	Plástico de Bingham	Relación lineal, o no lineal en algunos casos, entre el esfuerzo cortante y el gradiente de deformación una vez se ha superado un determinado valor del esfuerzo cortante	
	Seudoplástico	Fluidos que se comportan como Seudoplástico a partir de un determinado valor del esfuerzo cortante	Barro, algunos coloides
	Dilatante	Fluidos que se comportan como dilatantes a partir de un determinado valor del esfuerzo cortante	
Fluidos que siguen la ley de potencias	Seudoplástico	La viscosidad aparente se reduce con el gradiente del esfuerzo cortante	Algunos coloides, arcilla, leche, gelatina, sangre .
	Dilatante	La viscosidad aparente se incrementa con el gradiente del esfuerzo cortante	Soluciones concentradas de azúcar en agua, suspensiones de almidón de maíz o de arroz.
Fluidos viscoelásticos	Material de Maxwell	Combinación lineal en serie de efectos elásticos y viscosos	Metales, materiales compuestos
	Fluido Oldroyd-B	Combinación lineal de comportamiento como fluido newtoniano y como material de Maxwell	
	Material de Kelvin	Combinación lineal en paralelo de efectos elásticos y viscosos	Betún, masa panadera, nailon, plastilina
	Plástico	Estos materiales siempre vuelven a un estado de reposo predefinido	
Fluidos cuya viscosidad depende del tiempo	Reopéctico	La viscosidad aparente se incrementa con la duración del esfuerzo aplicado	Algunos lubricantes
	Tixotrópico	La viscosidad aparente decrece con la duración de esfuerzo aplicado	Algunas variedades de mieles, kétchup, algunas pinturas antigoteo.

Los tipos de viscosidad se muestran en la figura 8.

2.5 Grasa Lubricante

La grasa es considerada un lubricante que puede encontrarse en un estado sólido o en un estado intermedio entre líquido y sólido y que se forma de la mezcla de agentes espesantes con un lubricante líquido de forma dispersa.

Este elemento normalmente está constituido de un jabón que se emulsiona con un aceite que puede ser de origen vegetal o mineral.

La característica más resaltante de este elemento es que tienen una alta viscosidad al inicio y cuando se le aplica algún esfuerzo cortante, esta disminuye para asemejarse a un componente o junta que se encuentra lubricado con un aceite líquido y que posee la misma viscosidad aproximadamente que el aceite utilizado como base para la elaboración de la grasa. Cuando esto ocurre, o sea cambia su propiedad viscosa, se llama dilución debido al esfuerzo cortante. La grasa en otras oportunidades es utilizada para especificar elementos lubricantes y que a la larga son considerados sólidos blandos o en su defecto también se le puede llamar elementos líquidos que poseen viscosidades altas. El problema es que estos líquidos no muestran este efecto de dilución por esfuerzo cortante como son característicos en las grasas comunes.

Un ejemplo de este líquido graso es la vaselina y que no se clasifica generalmente como una grasa.

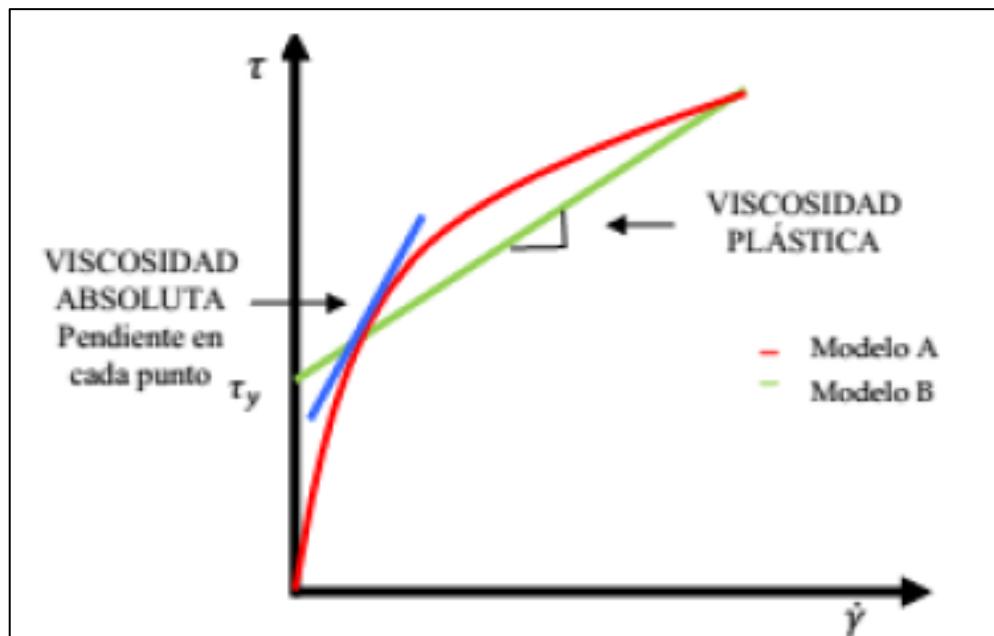
Ese tipo de lubricante normalmente ese aplicado a elementos de máquina que deben ser lubricados con baja frecuencia y que además esta debe permanecer en su lugar, esto no sería posible con un aceite.

También pueden actuar como elemento de sellado y así evitar el contacto de otros líquidos o materiales que pueden contaminar la grasa. Los bujes o cojinetes que utilizan la grasa como lubricante poseen mayor resistencia a la fricción, esto quiere decir que soporta mayores esfuerzos de corte o de cizallamiento debido a su alta viscosidad o simplemente su viscosidad también llamada como viscosidad aparente.

Propiedades:

Para ser considerado una grasa, este de ser confeccionado con un aceite u otro lubricante fluido y que es mezclado con un elemento espesante, normalmente se utiliza un jabón, esta mezcla forma un elemento que puede ser sólido o semisólido. El engrase son en forma general una manera de reducir los esfuerzos de corte para convertirse en un fluido pseudo-plástico, esto significa que la viscosidad del fluido se reduce bajo esfuerzos cortante o de cizalla. Después de aplicado la fuerza o esfuerzo suficiente para cortar la grasa, su viscosidad disminuye y se acerca a la propiedad del lubricante utilizado como base o como la viscosidad del aceite mineral. Esta caída momentánea del esfuerzo de corte significa que el elemento graso es considerado un fluido plástico y la reducción del esfuerzo cortante en el tiempo lo convierte en una característica tixotrópica. Algunas grasas también son consideradas reotrópicos, esto significa que algunos fluidos se vuelven más viscosos cuando son sometidos a mayores esfuerzos. Normalmente la aplicación se realiza con una pistola o inyector sobre la pieza que se está lubricando y se efectúa bajo presión, ósea forzando al elemento sólido a ingresar en los espacios de los componentes con contacto.

Figura 8: Tipos de viscosidad en función a su deformación y esfuerzo cortante



Clasificación y estándares:

Para su clasificación y estandarización se unieron 3 instituciones, la ASTM International, SAE International y el Instituto Nacional de Grasas Lubricantes (NLGI), esta conjunción generó la norma ASTM D4950, que es la clasificación y especificación estándar para grasas de servicio automotriz, esta norma fue publicada por primera vez el año 1989 por la ASTM International.

Esta norma clasifica las grasas que van a servir para lubricar componentes del chasis y cojinetes de las ruedas de los vehículos, esta clasificación se establece en función de los requisitos de rendimiento y utilizando códigos adoptados del sistema de clasificación de servicios de chasis y cojinetes de las ruedas del instituto NLGI, cuya clasificación es:

LA y LB: Empleados como lubricantes de chasis y es idóneo para el servicio suave y severo respectivamente.

GA, GB y GC: Empleados en cojinetes de rueda (y es idóneo para el servicio suave y severo respectivamente).

Cualquier categoría de rendimiento específico puede incluir grasas de consistencia diferente.

El valor de consistencia de una grasa se expresa normalmente por su número de consistencia.

Las características principales de la clasificación estándar de consistencia ATSM D-4950 y NLGI se encuentran y se describen en la norma SAE J-310 publicada por SAE International.

La norma ISO 6743-9 para lubricantes, aceites industriales y productos relacionados, clase L - clasificación - parte 9: familia X (grasas), fue publicada por primera vez en 1987 por la OIN “Organización Internacional de Normalización”, en ella se encuentra la clasificación detallada de las grasas que son utilizadas para lubricación de componentes y equipos, vehículos, etc. La norma asigna un único código a cada grasa y en función de sus

características operativas, en ella se incluye el rango de temperatura, carga, efectos del agua, etc. y el valor de su consistencia NLGI.

2.6 Reología

La reología es una ciencia en el campo de las ciencias físicas que realiza el análisis de la relación esfuerzo-deformación de materiales fluidos, debido a que el comportamiento del fluido en cuanto a la forma de fluir y como se deforma dependen de tres factores principalmente:

- Estructura interna de los elementos fluidos.
- Fuerzas externas aplicadas sobre los fluidos.
- Temperatura.

El estudio reológico determina que existen materiales que no se consideran ni líquidos ni sólidos, sino que son viscoelásticos. Está definido así porque posee una mayor proporción líquida y tiene su comportamiento es viscoso. Sin embargo, cuando un elemento viscoelástico está conformado por una mayor proporción sólida, entonces se considera un sólido viscoelástico y se comporta de forma elástica.

La reología contribuye a predecir el comportamiento de los lubricantes industriales que son sometidos a fuerzas externas. Ayuda a comprender que las grasas por qué algunos materiales tienen propiedades de sólidos viscoelásticos con comportamiento elástico, a diferencia de otros aceites industriales, se pueden comportar como fluido newtoniano o como fluidos viscoelásticos. En la figura 9 se muestra dos materiales viscoelásticos.

2.6.1 La reometría

La reometría es una ciencia que se encarga de tomar medidas reológicas, mide la fluidez y deformación de los materiales además de las fuerzas que intervienen en el movimiento, registrando también el historial de deformaciones.

Este registro se realiza con un reómetro utilizando el método de placas paralelas pudiendo así relacionar variables de esfuerzo cortante y razón de corte, en la figura 10 se muestra un instrumento reológico.

Figura 9: Materiales viscoelásticos [18]



Figura 10: Reómetro [18]



2.7 Deformación de grasas industriales

La deformación de un fluido que es considerado como un elemento elástico es directamente proporcional a la fuerza que actúa sobre este, ósea, cuando un material elástico es deformado por una fuerza, este regresa a su forma original cuando se deja de

ejercer la fuerza, sin embargo, los fluidos considerados viscoelásticos sólidos, es decir las grasas, estas no vuelven completamente a su forma original.

El reómetro mide la deformación que sufre un material viscoelástico sometido a un esfuerzo de corte, dicha deformación representa la relación entre la distancia de desplazamiento (s) del material y la altura (h) de espacio entre las placas que usa el reómetro.

Luego de determinar porcentaje de deformación, se relaciona el esfuerzo aplicado versus la deformación resultante, esta relación muestra el módulo complejo de corte (G^*) que consta de dos elementos:

Módulo Elástico (G'): Es la proporción del elemento que se comporta como sólido.

Módulo Viscoso (G''): Es la proporción del elemento que se comporta como líquido.

La relación de estos dos módulos define la ubicación de un fluido en el espectro sólido-líquido.

Las grasas poseen una proporción elástica alta y esto explicaría el por qué no fluyen de manera, aunque en algunos casos dependen de su consistencia, entre más consistente sea la grasa, mayor será su proporción elástica.

2.7.1 Rango de amplitud de deformación de las grasas

Una prueba para determinar el rango de amplitud define como un material se deforma y qué ocurre cuando se rompe su estructura. La estructura se rompe cuando cambia de un módulo elástico mayor a un módulo viscoso mayor.

Durante esta prueba se observa que la deformación de un material varía a una frecuencia y temperatura constante de manera amplia. Este efecto se puede observar en la gráfica que relaciona a los dos módulos (tanto elástico como viscoso) versus el porcentaje de deformación o también con la fuerza aplicada, del análisis se puede obtener:

- a. **Rango viscoelástico lineal:** Este rango aparece cuando se comienza a aplicar un esfuerzo cortante. En este rango los valores de proporción elástico y viscoso no

cambia, pese al porcentaje alto de deformación del material o el esfuerzo que se le aplique.

- b. **Punto de cedencia:** Al interceptar este punto, el valor proporcional del módulo elástico empieza a disminuir, cuanto mayor es el módulo elástico, más rígido es el elemento.
- c. **Punto de flujo:** Cuando progresivamente se deforma el material, este alcanzará en algún momento el punto de fluencia, en este punto su proporción elástica es menor que su proporción viscosa, en este caso el elemento ha perdido su consistencia y no logra almacenar energía alguna. En forma particular, las grasas, en este punto pierden su forma y comienzan a fluir.

En la figura 11 se muestra el impacto del esfuerzo cortante y deformación en la estructura de una grasa

En la figura 12 se muestra el comportamiento reológico de algunas grasas como resultado de la prueba de barrido de amplitud en la cual se observa diferentes consistencias debido al esfuerzo cortante aplicado.

Figura 11: Impacto en la estructura de una grasa con el esfuerzo cortante y su deformación

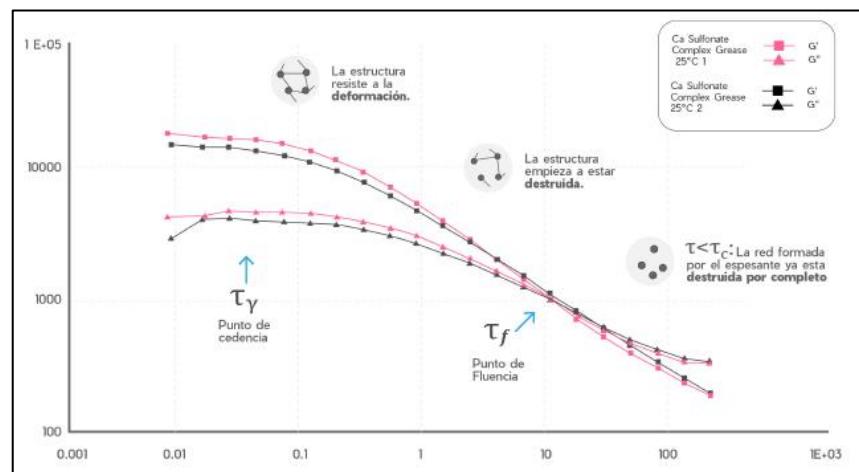
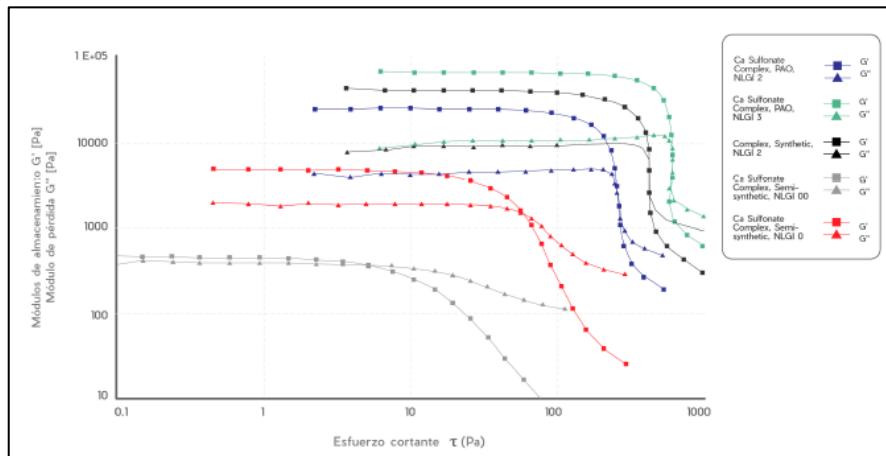


Figura 12: Análisis reológico de algunas grasas



2.8 Continuidad

El concepto de continuidad se soporta en la conservación de la masa del fluido a lo largo de una línea de corriente en un mismo espacio de tiempo en el cual se puede considerar flujo permanente e incompresible [11]:

$$\dot{m} = \rho_1 \cdot Q_1 = \rho_2 \cdot Q_2 \dots \quad (1)$$

Donde:

\dot{m} : Gasto o caudal másico (kg/s).

ρ : Densidad (kg/m^3).

Q : Flujo volumétrico (m^3/s).

Si se considera el volumen de control en una línea de corriente constante en el tiempo, se puede aplicar la ecuación de continuidad, en este caso, se puede concluir que el flujo volumétrico y másico de be se constante a lo largo de esta línea de corriente [11]:

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2 \dots \quad (2)$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 \dots \quad (3)$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

Donde:

Q : Flujo volumétrico (m^3/s).

V : Velocidad (m/s).

A : Área perpendicular a la línea de corriente (m^2).

D : Diámetro equivalente de tubería, interno (m).

2.19 Flujo en Tuberías

El análisis fluido-dinámico muestra que el fluido está compuesto de líneas de corriente paralelas aproximadamente, esto se muestra a bajas velocidades, conforme se incrementa su velocidad el flujo caótico alrededor de un valor crítico. Estos dos casos muestran en líneas generales un comportamiento laminar y turbulento, esta característica muestra un movimiento suave y ordenado para el primer caso y desordenado y confuso para el segundo caso. Para convertirse en turbulento la transición no es brusca sino que se genera de forma paulatina en una región en la que convive las líneas ordenadas y turbulentas, luego de esto el fluido pasa a ser totalmente turbulento. En forma general, el estudio muestra que la mayoría de los casos el flujo es turbulento [11].

En la literatura se proponen muchas fórmulas empíricas para modelar las relaciones entre el esfuerzo cortante y la velocidad del fluido independiente del tiempo. En muchas aplicaciones ingenieriles se puede representar de manera adecuada utilizando el modelo de la ley de potencia, el cual se presenta para un flujo en una dimensión en:

$$\tau = k \left(\frac{dv}{dy} \right)^n \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

donde:

τ : Esfuerzo cortante (N/m^2)

n : Denominado índice de comportamiento del flujo obtenido de forma empírica.

K : Índice de consistencia ($Pa \cdot s$).

$\frac{dv}{dy}$: Es el gradiente de velocidad del fluido (m/s)

K y n se obtienen de forma experimental. De esta ecuación se obtiene la ley de viscosidad de newton cuando $n = 1$ y $k = \mu$.

La ecuación anterior se puede reescribir de la forma:

$$\tau = k \left(\frac{dv}{dy} \right)^{n-1} \left(\frac{dv}{dy} \right) \dots \dots \dots \quad (6)$$

Luego:

$$\eta = k \left(\frac{dv}{dy} \right)^{n-1} \dots \dots \dots \quad (7)$$

Entonces la ecuación esfuerzo cortante se puede escribir:

$$\tau = \eta \left(\frac{dv}{dy} \right)^n \dots \dots \dots \quad (8)$$

Donde η se denomina viscosidad aparente.

Régimen de Flujo:

El régimen de flujo es una forma de medir el comportamiento del fluido cuando se encuentra en movimiento, para esto se utiliza la ecuación adimensional del número de Reynold, este parámetro relaciona las fuerzas iniciales con las fuerzas viscosas, en la figura 13 se muestra la forma del fluido laminar y turbulento.

$$Re = \frac{\rho * V * D}{\mu} \dots \dots \dots \quad (9)$$

Donde:

ρ : Densidad (kg/m^3).

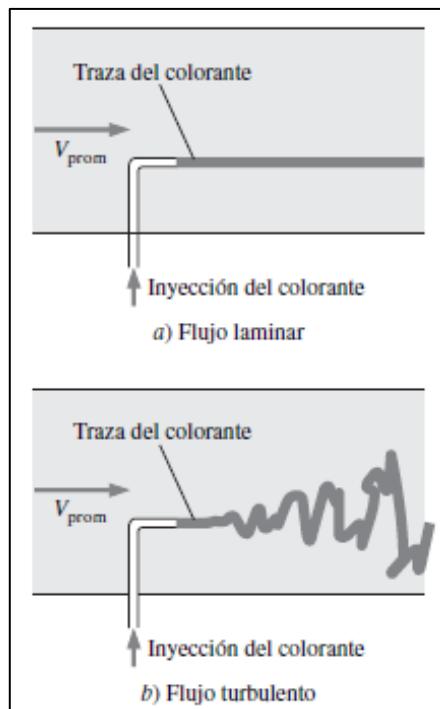
V : Velocidad (m/s).

D : Diámetro equivalente de tubería, interno (m).

μ : Viscosidad absoluta o dinámica [Pa – s].

El régimen de turbulencia en un ducto se puede asumir cuando $Re \geq 4 \times 10^4$, por debajo de este número se puede considerar flujo laminar [4].

Figura 13: Trazas del flujo laminar y turbulento [4]



La dinámica de fluidos establece que cuando se originan tensiones en las capas de fluido existe un rozamiento interno que origina este efecto y esto lo relaciona a su viscosidad [19].

Cuando esto sucede da origen al fluido en régimen laminar que se produce bajo

determinadas condiciones y otras en régimen turbulento o transitorio. Para esto se utiliza el número dimensional de Reynolds, Como se mencionó anteriormente relación a la fuerzas inerciales y viscosas.

Para flujos expresados en función al modelo de la ley de potencia (fluido no newtoniano) se puede obtener el régimen de flujo en función al número de Reynolds obtenido de su forma general:

$$Re_G = \frac{\rho * V^{2-n} * D^n}{k * 8^{n-1} * \left(\frac{3n+1}{4n}\right)^n} \quad \dots \dots \dots \quad (10)$$

Donde:

Re_G : Reynold general.

Régimen Laminar:

Se considera que el fluido se encuentra en régimen laminar cuando se mueve formando láminas paralelas y estas a su vez siguen una trayectoria que se puede considerar ordenada, a este conjunto se puede considerar como una línea de corriente. Este movimiento es típico a bajas velocidades y/o cuando el fluido tiene altas viscosidades; en un ducto el perfil de velocidades es pronunciado, la velocidad de las capas adheridas a la superficie es nula y las que se encuentran en el centro se consideran altas, en forma general se puede considerar un perfil parabólico [19].

Cuando el ducto es pequeño se puede considerar que el perfil de velocidades muestra una forma lineal, en este caso resulta práctico para determinar el gradiente de velocidad.

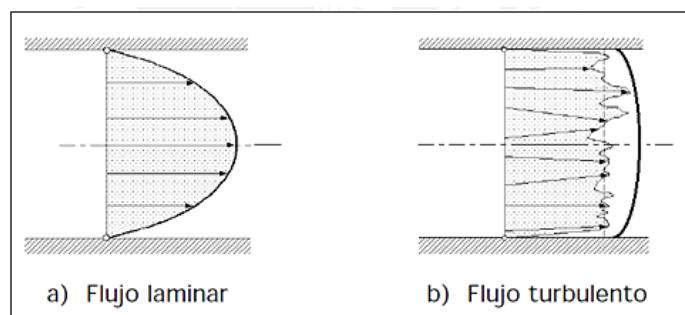
Régimen Turbulento:

En muchas aplicaciones hidráulicas se pueden encontrar este tipo de régimen, en ella se pueden observar que las partículas de fluido no viajan de forma ordenada sino que forman pequeños remolinos y/o muestran una trayectoria caótica. De esta forma las capas de fluido

se cruzan y si se midiera la velocidad instantánea en varios puntos de una sección se obtendría valores distintos en magnitud y en dirección sin mostrar ninguna regularidad, esto mismo pasa con la presión en cada punto [19].

En la figura 14 se muestra el comportamiento laminar y turbulento de un fluido entre 2 placas paralelas o dentro de un ducto si se analiza el flujo en dos dimensiones o bidimensional.

Figura 14: Régimen de Fluido [21]



En forma general para régimen laminar o turbulento se utilizan valores medios de velocidad y presión, este es un valor ficticio que se conoce como velocidad promedio o movimiento medio. Este valor no es aplicable a zonas aledañas a la superficie, en este caso se utiliza la teoría de capa límite para el estudio fluido dinámico.

Para establecer el régimen de transición entre flujo laminar y turbulento se establece el cálculo del Reynolds crítico y se expresa como:

$$Re_{crítico} = \frac{6464 n}{(1+3n)^2 * \left(\frac{1}{2+n}\right)^{\frac{2+n}{1+n}}} \dots \dots \dots (11)$$

El régimen laminar se establece cuando $Re_G < Re_{crítico}$, y se considera turbulento cuando $Re_G > Re_{crítico}$. Este parámetro servirá para obtener el coeficiente o factor de fricción.

Para flujo laminar el factor de fricción será:

$$f = \frac{16}{Re_G} \quad \dots \dots \dots \quad (12)$$

Donde:

f : Es el factor de fricción por conducción.

Para flujo turbulento el factor de fricción se obtiene de:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \left(\frac{4}{n^{0.75}}\right) \log_{10} \left[(Re_G) f^{\left(1 - \frac{n}{2}\right)} \right] - \left(\frac{0.4}{n^{1.2}}\right) \dots \quad (13)$$

Finalmente la pérdida de carga o presión se determina con la ecuación:

$$h_{pl} = \frac{4 f L V^2}{2 g D} \quad \dots \dots \dots \quad (14)$$

Donde:

h_{pl} : Pérdida de carga o presión en términos de altura (m)

L : Longitud total del ducto (m)

V : Velocidad promedio (m/s)

D : Diámetro equivalente de tubería, interno (m).

g : Gravedad (m/s²)

Ecuación de Bernoulli:

El principio de Bernoulli se sustenta en la conservación de energía y la aplicación de la segunda ley de newton considerando a una partícula inmersa en una línea de corriente de un fluido newtoniano que se encuentra en régimen permanente [19]. Bernoulli plantea que la energía se conserva en una línea de corriente y que la energía puede cambiar su naturaleza considerando la energía estática y dinámica. Este principio genera la ecuación

Los subíndices 1 y 2 se refieren al inicio y final de la línea de corriente en la que se plantea el balance de energía.

Donde:

E_p : Energía estática (m).

E_v : Energía dinámica (m).

E_z : Energía potencial(m).

E_A : Energía suplementaria (bomba) (m).

E_E : Energía extraída (turbina) (m).

E_f : Energía perdida por accesorios (m).

Otra forma de expresar la ecuación 15 se presenta en la ecuación 16, estos términos están expresados en términos de columna de fluido, es decir en metros si se expresa en unidades métricas.

Donde:

p : Presión (Pa).

ρ : Densidad (kg/m^3).

v : Velocidad media (m/s).

Z : Altura (m).

H_p: Energía aportada por la bomba expresado en altura [m]

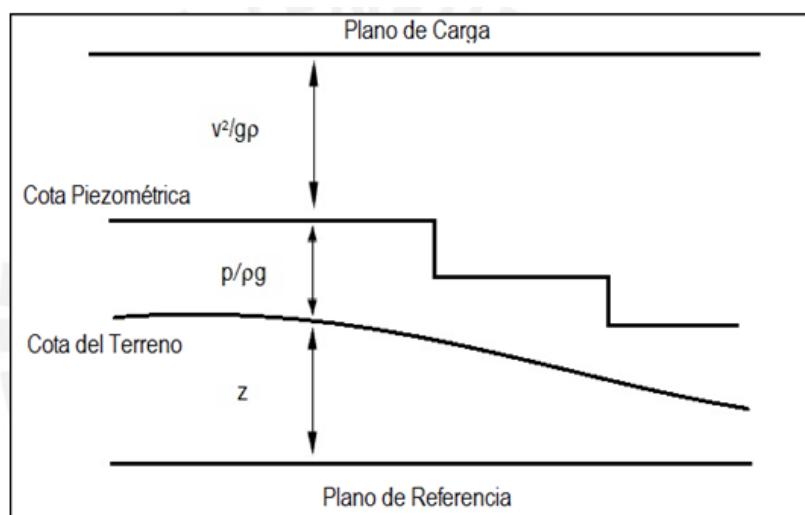
Ht: Energía extraída por la turbina expresado en altura [m]

hf : Perdida de energía por longitud de tubería [m] = h_{pl}

hm : Pérdida de energía por accesorios o menores [m]

El balance de energía se puede determinar a través de una línea de referencia en relación a los puntos de evaluación, es decir, a partir de la energía potencial se puede establecer la energía o presión estática, la presión dinámica, la pérdida de energía por conducción y por accesorios, energía entregada por una bomba y la energía extraída a través de una turbina, en la figura 15 se muestra el gradiente de presión a través de un plano de referencia y las líneas piezométricas.

Figura 15: Gradiente de presión de una línea de corriente [21]



Pérdida por fricción en tuberías fluido newtoniano:

las pérdidas por fricción son aquellas que se genera cuando el fluido se desplaza a través de un ducto por efecto de la resistencia del fluido cuando se realiza el movimiento, esta resistencia es generada por la viscosidad del fluido al adherirse sobre una superficie [20]. Esta pérdida por fricción genera las pérdidas por presión, para determinar esta pérdida de energía se utiliza la ecuación de Darcy Weisbach

$$h_f = f L \frac{V^2}{2 g D} \dots \dots \dots \quad (17)$$

Donde:

h_f : Perdida de energía por longitud (m).

f : Factor de fricción de la tubería (adimensional).

L : Longitud de la tubería (m).

D : Diámetro de la tubería (m).

V : Velocidad media (m/s).

g : Gravedad (m/s^2).

Generalmente busca encontrar el factor de fricción y para esto se comienza calculando el número de Reynolds, este parámetro nos indicará si el flujo se encuentra en régimen laminar o turbulento.

Si se determina que el fluido se encuentra régimen laminar el factor de fricción se calculará utilizando la ecuación 18.

$$f = \frac{64}{Re} \quad \dots \dots \dots \quad (18)$$

Para la determinación del factor de fricción en régimen turbulento es necesario conocer además del número de Reynolds, la rugosidad relativa; La rugosidad relativa se obtiene de la división de la rugosidad entre el diámetro de la tubería.

$$\epsilon = \varepsilon/D \quad \dots \dots \dots \quad (19)$$

Donde:

ϵ : rugosidad relativa (adimensional).

D : diámetro (m).

ε : rugosidad promedio de la tubería (m).

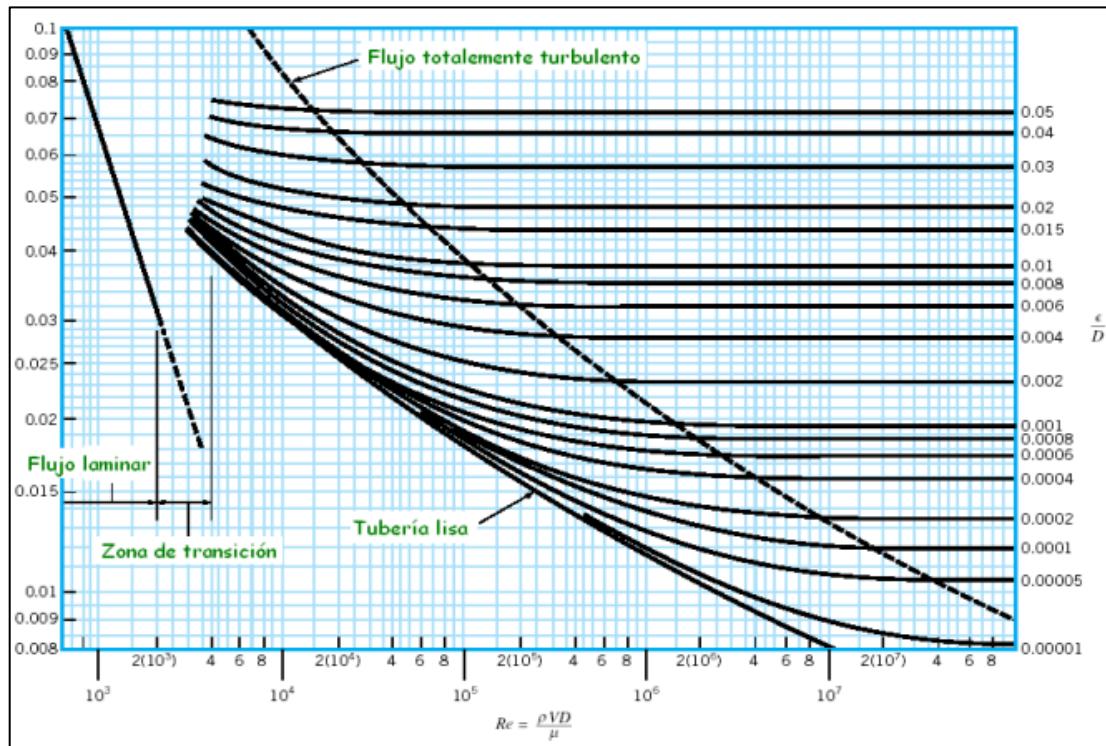
Para determinar el factor de fricción en régimen turbulento se puede utilizar la ecuación de Colebrook y White que funciona para $Re > 4000$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.71} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) \dots \quad (20)$$

En forma general se puede utilizar también la figura de Moody para determinar el factor de fricción. En la figura 9 se muestra las curvas de los coeficientes de fricción que están en función a la rugosidad relativa y el Reynolds

Para su determinación se usan las líneas de base de rugosidades relativas que sirven para construir la línea particular, esta se intercepta con la línea vertical del Reynolds y se traza una horizontal para determinar el factor de fricción. En la figura 16 se muestra las curvas de los coeficientes de fricción.

Figura 16: Diagrama de Moody para obtener el coeficiente de fricción en una tubería [21]



Pérdida por accesorios:

Las pérdidas de energía por accesorios se originan por los cambios de dirección y velocidad en aquellos componentes que forman parte de una línea de corriente y que unen

los ductos o tuberías, estos elementos pueden ser válvulas T, codos, reductores entre otros [20].

Para determinar las pérdidas de energía por accesorios se utiliza la ecuación 21.

$$h_m = \sum \left[K_S \frac{v^2}{2g} \right] \dots \dots \dots \quad (21)$$

Donde:

h_m : Perdida de energía por longitud (m).

K_s : Factor de fricción de Darcy (adimensional).

V : Velocidad media (m/s).

g : Gravedad (m/s^2).

Potencia de la bomba:

La potencia en la bomba es aquella energía que se agrega a una línea de corriente a través de una turbomáquina, para determinar la potencia que requiere la línea de corriente se necesita conocer la altura de trabajo, la eficiencia, la pérdida de energía por conducción y el peso específico del fluido, el cálculo de la potencia de la bomba se determina con la ecuación 22 [20].

$$Pot_{pump} = \gamma \frac{QH_p}{n} \dots \dots \dots \quad (22)$$

Donde:

Pot_{pump} : Potencia de la bomba (kW).

γ : Peso específico del fluido (N/m^3)..

Q : Caudal del sistema (m^3/s)..

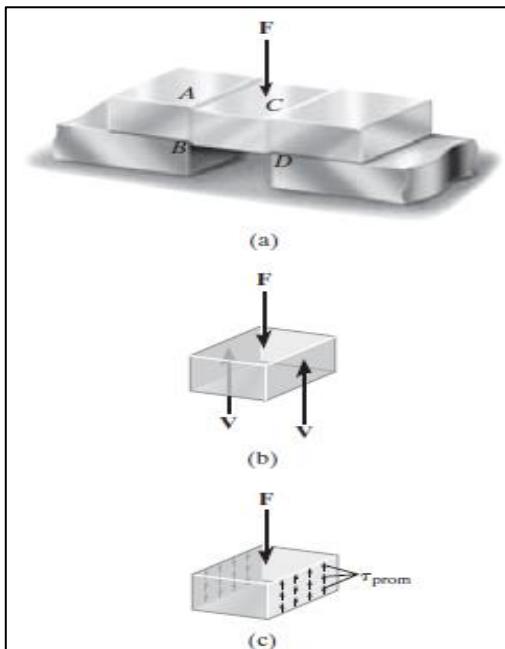
H_p : Altura suministrada por la bomba (m).

η : Eficiencia de la bomba (adimensional).

2.10 Esfuerzo Cortante Promedio

el esfuerzo cortante promedio es un esfuerzo tangencial a la superficie de análisis, se genera de la división entre la fuerza tangencial o de corte y la superficie sobre el cual se aplica la fuerza [10]. En la figura 17 se observa el esfuerzo cortante promedio sobre una superficie en la cual se aplica una fuerza normal.

Figura 17: Esfuerzo cortante promedio [10]



$$\tau = \frac{V}{A} \quad \dots \dots \dots \quad (23)$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante promedio en la sección, que se supone es igual en cada punto situado en la sección [N/m^2]

V = fuerza cortante interna resultante en la sección determinada a partir de las ecuaciones de equilibrio [N]

A = área en la sección [m^2]

2.11 Esfuerzo Permisible

El esfuerzo permisible de un elemento estructural o mecánico es un valor por el cual se limita el esfuerzo máximo hasta un nivel seguro de trabajo. Determinar un esfuerzo permisible permitirá garantizar que el elemento no falle, este valor debe ser menor a la carga máxima que el elemento puede soportar [2].

2.12 Flujo Cortante Permisible

Muchos elementos en el campo de la ingeniería se construyen con partes o componentes con la finalidad de lograr una mayor resistencia a los esfuerzos. Cuando las cargas generan flexión en los elementos se requiere utilizar sujetadores que pueden ser clavos, tornillos, material de soldadura o sustancias adherentes a fin de evitar que los elementos se deslicen entre sí, un modelo de perno sujetador se muestra en la figura 18. Para determinar el tipo de sujetador y los espacios entre ellos se requiere conocer el esfuerzo de corte y que debe ser resistida por el sujetador. La carga o esfuerzo cuando se determina como una fuerza por unidad de longitud, se le denomina como flujo cortante [10], para determinar el flujo cortante se utiliza la ecuación 24.

$$q = \frac{V Q}{I} \dots \dots \dots \quad (24)$$

Donde:

q: Flujo cortante, medido como una fuerza por unidad de longitud a lo largo de la viga [N/m]

V: Fuerza cortante interna resultante, determinada mediante el método de las secciones y las ecuaciones de equilibrio [N]..

I: Momento de inercia de toda la sección transversal calculada respecto al eje neutro [m^4]

Q: Momento del área transversal [m³]

Figura 18: Perno sujetador de estructura [10]



2.13 Materiales de tuberías

a) Tuberías de plomo: Las tuberías de plomo solo son utilizadas en instalaciones que trabajan a baja presión, ya sea de manera directa o a través de una red de distribución. Estos ductos son fabricados según la norma UNE 37. 202.

b) Tuberías de cobre: Las tuberías de cobre borrar pueden ser usados en redes de distribución de baja y mediana presión, estos materiales soportan la soldadura fuerte y blanda, pueden ser considerados ductos rígidos o flexibles sin costura y son fabricados según la norma ISO 1640 o ASTM b 88 tipo K o L

c) Tuberías de acero: Estas tuberías pueden ser utilizados en instalaciones de alta presión y debe poseer una lámina de protección cuando se encuentren expuestos a elementos condensados, el recubrimiento puede ser un elemento galvanizado o su equivalente. El acero debe ser confeccionado con carbono y en espesor mínimo le debe corresponder a la cédula 40, este tipo de tuberías son fabricados según la norma ASTM A53 grados A y B.

d) Tuberías de acero inoxidable: Las tuberías de acero inoxidables suelen ser utilizadas en redes de alta presión, si se requiere tubería flexible estas deben ser corrugadas del tipo CSST y fabricadas según la norma ANSI/AGALCI, si se requiere una tubería rígida deben ser fabricado según la norma AISI 304L y AISI 316L según ASTM A240 y fabricadas bajo las normas UNE 19.049 o ASTM A312M. La forma de unión solo debe ser a través de soldadura fuerte.

e) Tuberías de polietileno: Las tuberías de polietileno son utilizados solo para conducción bajo tierra y fabricados según las normas ASTM D2513 ó ISO 4437 y serán de calidad PE100 o PESO.

f) Tuberías de polietileno - aluminio - polietileno: Este tipo de material puede ser empleado en instalación externas o internas, su fabricación debe cumplir con la norma AS4176 o la ISO 17484-1.

2.14 Uniones para tuberías y accesorios

Para unir una tubería con otra tubería de forma directa o a través de algún accesorio, se debe verificar que efectivamente no se encuentre expuesto al exterior, en otras palabras la unión no debe contribuir a los cambios de presión y se debe considerar libre de fugas, entre los distintos tipos de uniones tenemos:

a) Uniones mediante soldaduras: Los ductos sometidos a uniones a través del proceso de soldeo debe cumplir con lo que establece el Código ASME Sección IX o ANSI/AWS A 5.8 o NTE INEN 128, además la persona encargada a este proceso debe cumplir características específicas y estar calificado para esta tarea, por último, se debe tomar en consideración las especificaciones técnicas del fabricante de la tubería a fin de realizar un correcto soldeo. Si la soldadura es del tipo fuerte, significa que los materiales de aporte se deben fundir mínimo a los 500 °C y debe ser capaz de resistir presiones de hasta 500 kPa cuando se encuentre en trabajo. Los tipos de unión por proceso de soldeo pueden ser:

- Unión Polietileno – Polietileno
- Unión cobre – cobre
- Unión aleación – cobre
- Unión acero – acero
- Unión acero inoxidable - acero inoxidable
- Unión cobre o bronce – acero
- Unión cobre - acero inoxidable.

b) Uniones desmontables: Este tipo de unión es cuando se considera que el sistema es desmontable y pueden ser:

- Dispositivos de corte
- Contadores
- Reguladores de presión
- Válvulas de seguridad.

La forma de unión puede ser por junta plana, unión por brida y las uniones metal con metal.

c) Uniones roscadas: Los elementos que realizan la unión por rosca deben ser fabricados mínimamente en acero cedula 35 o superior, cumplir condiciones de estanqueidad o aislamiento, para cumplir este requisito se pueden utilizar sustancias anaeróbicas o elementos no endurecibles, también se puede utilizar cinta de teflón. La rosca debe de ser del tipo cónica y cumplir los requerimientos según la norma descritos en la NTE INEN 117 ó ANSI/ ASME B 1.20.1 ó ISO 7 /1, la presión de trabajo que se utilice por una junta roscada no debe exceder los 35 kPa en instalaciones internas y de 68 kPa en instalaciones externas, los accesorios tipo L, T, +, acoplos, uniones, bridales y tapones fabricados en hierro fundido no deben ser utilizados con acero inoxidable, para este tipo de unión están permitidos materiales de cobre, acero, bronce, fundición maleable y también dúctil (nodular).

2.15 Estructura de los accesorios roscados

hoy los accesorios y válvulas deben estar diseñados para ofrecer resistencia a la corrosión, cambio de temperatura y presión. Los empaques son diseñados para asegurar el aislamiento o estanqueidad entre la parte interna y externa del ducto. Este aislamiento se consigue cuando se ajusta la tuerca asegurando una unión permanente.

Todas las uniones roscadas deben contar con el paquete tipo teflón aislando un material de otro para evitar la corrosión galvánica. En la figura 19 se observa la estructura de un accesorio y los componentes para asegurar el aislamiento.

Figura 19: Estructura de accesorio



Fuente: Manual de tubos OKA

2.16 Velocidad de conducción

La velocidad está definido como la relación entre el espacio recorrido en un tiempo determinado, las unidades comúnmente utilizados en una red distribución están en m/s o ft/s, las velocidades altas desarrollados dentro de un ducto traen problemas como ruido y erosión, por eso la velocidad de conducción es un parámetro a considerar para definir el diámetro correcto, el rango de velocidades máximas recomendadas para el movimiento de un fluido dentro de un ducto relacionado a su viscosidad se presentan en la tabla 5:

Tabla 5: Comparación de velocidades de conducción por ductos para grasas lubricantes

Diámetro nominal (in)	Velocidades razonables (m/s)		
	$\mu=50$ cps	$\mu=100$ cps	$\mu=1\,000$ cps
1	0,46 – 0,9	0,30 – 0,60	0,09 – 0,18
2	0,76 – 1,07	0,46 – 0,76	0,15 – 0,24
4	1,03 – 1,52	0,76 – 1,06	0,24 – 0,36
8	2,00 – 2,30	1,22 – 1,52	0,40 – 0,55

2.17 Reguladores de presión

Los reguladores de presión son elementos que sirven para establecer la presión de trabajo del sistema, debe cumplir con lo siguiente:

- Compensar las variaciones de presión cuando ocurre un evento imprevisto.
- Soportar las variaciones de caudal que sucede de forma imprevista sin que se genere cambio en la presión de suministro.
- Debe poseer una válvula de corte de emergencia.

2.18 Accesorios

Los elementos que sirven de unión para el sistema de conducción están directamente relacionados con el tipo de material utilizado en el ducto principal, estas pueden ser de cobre, latón y bronce para tuberías de cobre.

Los accesorios más comunes y utilizados en la industria se muestran en las figuras 20 y 21, entre ellos tenemos:

- Codo de 90°
- T's
- Codo de 45 °
- Reductores
- Uniones de manguitos
- Uniones universales
- Acoples
- Bridas
- Válvulas simples o check
- Llaves de paso
- Niples
- Etc.

Figura 20: Juntas

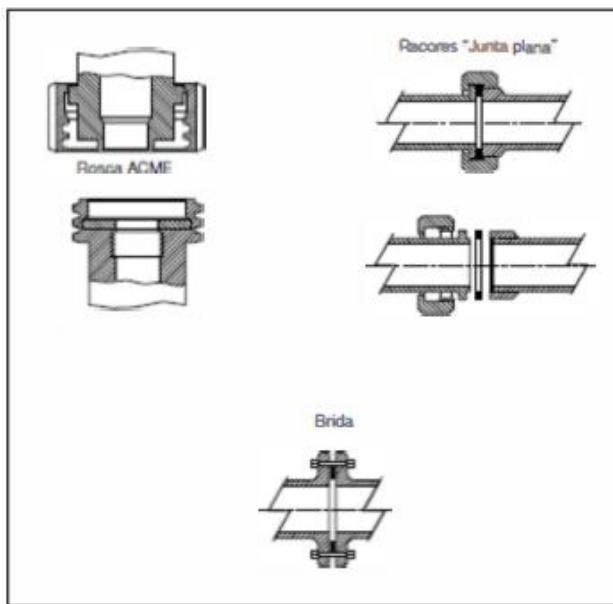
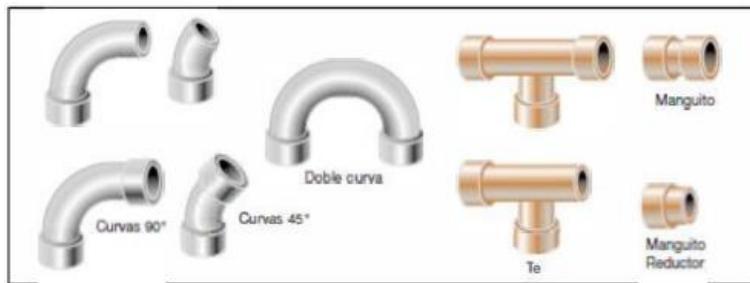


Figura 21: Accesarios de cobre



2.19 Sistema de lubricación por engrase

Un punto fundamental en el rendimiento industrial es el mantenimiento de la maquinaria a fin de reducir los gastos imprevistos, por ello el cuidado de la vida útil es la clave para lograr este objetivo.

En este sentido la lubricación en la mayoría de los procesos industriales es importante para prevenir el desgaste o envejecimiento de las piezas móviles, los elementos de lubricación pueden ser los aceites y las grasas.

Se puede afirmar que la lubricación es el proceso por el cual se facilita el contacto de manera fluida entre dos o más superficies sin que ocurra algún efecto adverso por efecto

del rozamiento entre estas superficies. El lubricante cumple el objetivo de que las piezas en contacto no generen calor y por ende no sufran desgaste.

2.19.1 Tipos de lubricación industrial

Los tipos de lubricantes se dividen en:

- Fluidos (aceites)
- Semi fluidos (aceites de alte viscosidad)
- No fluidos (grasas)

Estos lubricantes deben tener características como:

- Resistencia al calo y presión
- Antioxidante
- Anticorrosivo
- Detergente

Para definir el tipo de lubricación se debe considerar variables como temperatura, tipo de fricción, viscosidad, etc.

Las grasas son lubricantes que se componen de mezclas blandas o duras en aceite base, agentes espesantes y aditivos.

2.19.2 Sistemas y componentes de lubricación por grasa

Son elementos que cumplen la función de dosificar en cantidad necesaria piezas que se encuentran en contacto y que están generando fricción. Los principales componentes son:

- **Bombas y unidades de bombeo:** Son los que abastecen la grasa desde el depósito hasta el sistema de tuberías en flujo volumétrico adecuado y presión suficiente considerando pérdidas por conducción dentro del ducto.
- **Dosificadores:** Suministrar la cantidad preestablecida a los puntos de lubricación por un periodo determinado por el usuario en función a las piezas a lubricar.

- **Dispositivos de monitoreo:** Estos componentes generan señales a fin de controlar si el proceso se está dando en los parámetros establecidos por el personal de mantenimiento por lubricación. Miden temperatura, humedad, presión, caudal, calidad de los filtros, nivel, ciclos.
- **Unidades de control y software:** Controlan la rutina de lubricación, regulan los tiempos de inactividad y evalúan parámetros del sistema para protegerse así mismo. El monitoreo se basa en la rutina de lubricación, nivel de lubricante, ciclos, tiempo y presión del sistema.
- **Accesorios:** Son elementos que facilitan el trabajo de conducción del fluido a través de la línea de distribución.

En la figura 24 se muestra los componentes básicos de un sistema centralizado de lubricación.

2.20 Oxidación

El proceso de oxidación del metal se forma cuando este entra en contacto con el oxígeno y el agua, se genera un color café, rojizo o naranja, que puede variar según los diferentes proceso productivo y componentes químicos como Acero (Ac), Cromo (Cr), Cobre (Cu), entre otros. A su vez se puede apreciar un aspecto poroso el cual es malo para los metales, ya que nos indican que se encuentran en un proceso de deterioro.

Se puede prevenir la oxidación de un metal, aplicando una capa de pintura sobre la superficie de las piezas, estructuras o mecanismos que se encuentran expuestos al medio ambiente. Aplicar un recubrimiento de grasa es muy efectivo en el mantenimiento de maquinaria en general. Utilizar grasa o aceites sobre superficies metálicas para que permanezcan lubricadas, ayudará a prevenir la oxidación. En la figura 22 se muestra algunos elementos como pines afectados por la oxidación.

Figura 22: Pines de articulación con oxido



2.20 Corrosión

La corrosión, por el contrario, es una porosidad que se da por la exposición al medioambiente e influye en la pérdida de las características dimensionales del acero y de sus propiedades mecánicas; cuanto mayor es la corrosión del metal, mayor es su deterioro.

La corrosión es considerada como un problema industrial importante en los mecanismos internos y externos de la maquinaria, ya que, al deteriorarse el material, las piezas tienden a romperse y la falta de seguimiento y control puede causar accidentes.

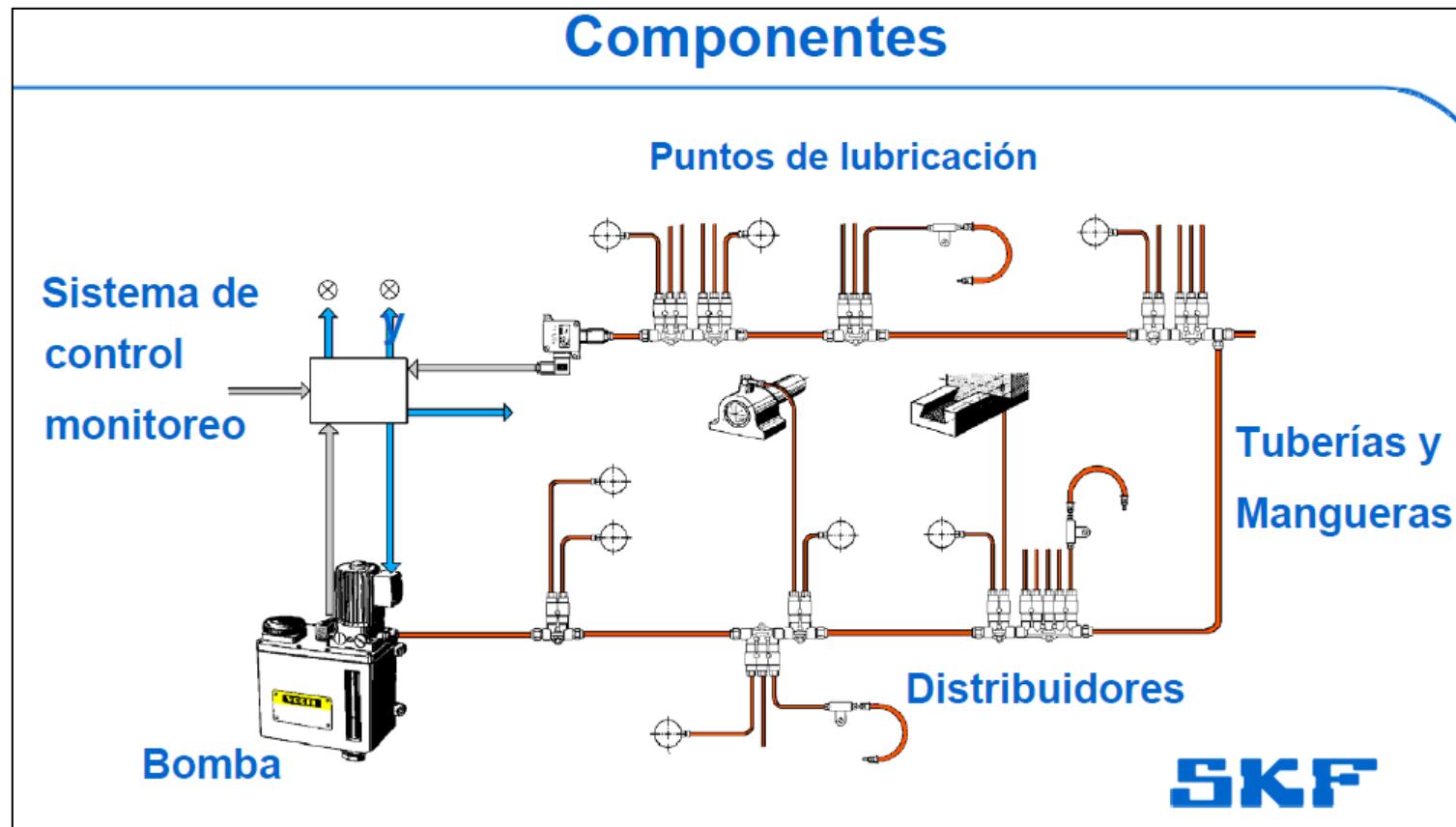
Cuando se tiene sospecha o presencia de corrosión, es fundamental hacer una limpieza adecuada de la superficie, y lubricación adecuada a fin de proteger las piezas según las recomendaciones del fabricante o norma de producto, también debemos realizar un control dimensional para cerciorarse que las propiedades dimensionales se mantengan de acuerdo con lo requerido por la especificación respectiva del fabricante.

En síntesis, la oxidación es un cambio netamente estético, mientras que la corrosión es un proceso que se caracteriza por la pérdida de las propiedades del material. En la figura 23 se muestra pines de articulación inoperativos debido a la corrosión.

Figura 23: Pines de articulación inoperativos



Figura 24: Sistema centralizado de lubricación [21]



CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Método de investigación

El tipo de estudio desarrollado en la presente investigación es descriptivo práctico aplicado porque se identifica el problema y se determina el alto índice de mantenimiento correctivo no programado, además, describe e identifica los factores que intervienen en el desgaste prematuro de los pinos y bocinas del ordenador de red y se aplica la solución propuesta que es el sistema de engrase automático centralizado.

El diseño de investigación es no experimental debido a que no se manipula ninguna variable que intervienen en el cálculo del balance energía aplicado a flujo interno en tubería, ecuaciones definidas en la especialidad de mecánica de fluidos aplicado a fluidos no newtonianos, en este caso a grasas industriales para lubricación.

El método utilizado es descriptivo cuantitativo debido a que en el proceso de desarrollo de la solución se usan ecuaciones que muestran resultados numéricos que determinarán el tipo de bomba de engrase y lubricación de acuerdo al diseño propuesto.

3.2 Análisis situacional

Corporación Pesquera Inca, Copeinca, se encarga de la producción y exportación de harina y aceite de pescado.

El negocio principal de COPEINCA es la producción de harina y aceite de pescado, pero también aprovecha las licencias de sus naves para pescar especies destinadas al consumo humano directo como es la anchoveta a través de sus 30 embarcaciones de 600 TM.

Uno de los sistemas involucrados en la faena de pesca es el ordenador de red que se utilizan para la captura de la anchoveta, esta acción se denomina “calá”.

Cada vez que se realiza la “calá”, el ordenador de red suelta y recoge la red de pesca a través de rieles y sistemas de pines y bocinas que están en constante fricción y que generan desgaste de los componentes.

El Grupo COPEINCA se dedica principalmente a la extracción de diversas especies hidrobiológicas y su posterior transformación en harina de pescado y aceite de pescado para consumo humano directo o indirecto. Sus productos se comercializan principalmente en el mercado extranjero. Asimismo, COPEINCA S.A.C. se encuentra facultada para realizar actividades de pesca para el consumo humano, para su proceso industrial y para la producción de concentrados marinos, conservas en hielo, productos congelados y derivados.

Visión:

Ser una organización líder en el sector pesquero mundial.

Misión:

COPEINCA suministra alimentos pesqueros de alta calidad, para satisfacer las necesidades del mercado; lo logra explotando en forma responsable y eficiente los recursos pesqueros disponibles; gracias al compromiso y el saber hacer de su gente; soportada en una adecuada tecnología.

Valores Institucionales

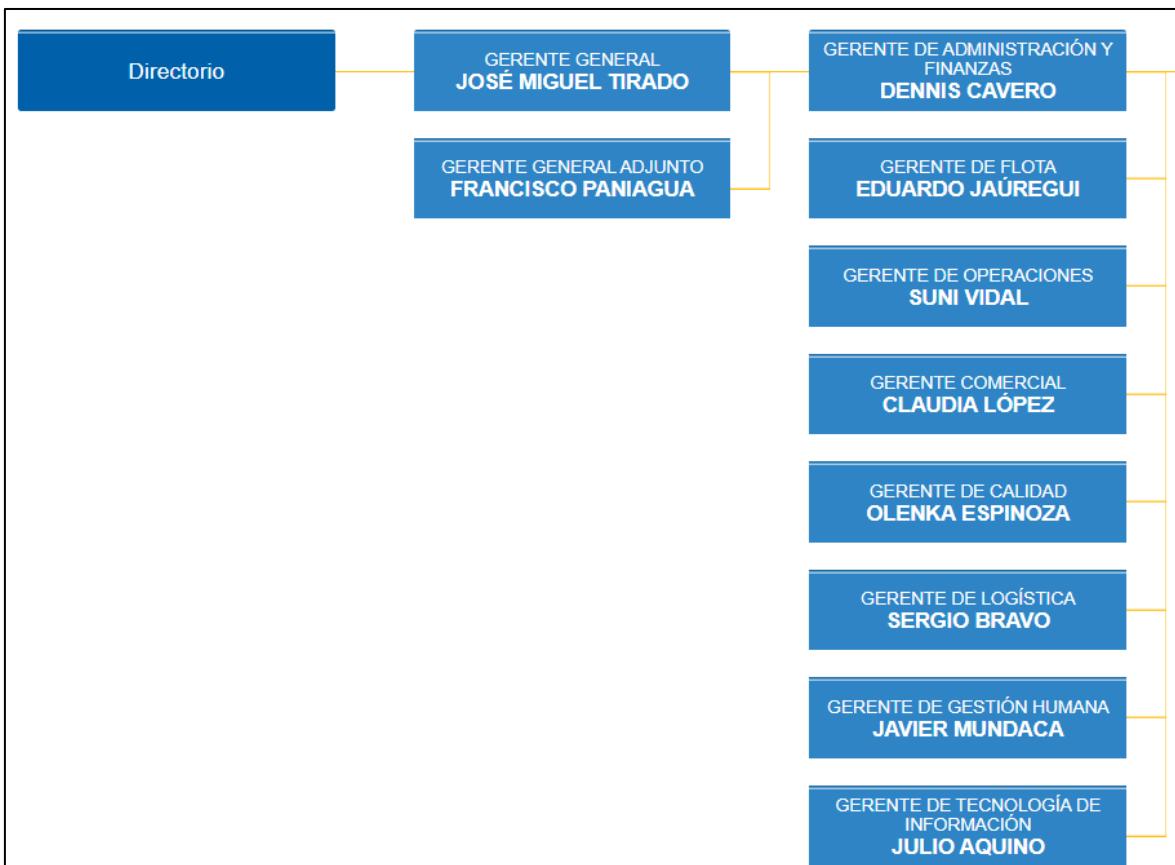
- Liderazgo: Cumplen con los objetivos, fomentando el aprendizaje y crecimiento de nuestros colaboradores.
- Integridad: Son honestos, honramos nuestros compromisos y cumplimos con las leyes y políticas corporativas.

- Respeto y reconocimiento: Respetan a la persona y reconocemos sus logros, creando una oportunidad de desarrollo personal y organizacional, valorando las ideas y contribuciones.
- Innovación: Respaldan la iniciativa y creatividad personales y de equipo, tolerando errores, reconociendo que siempre hay algo que aprender y buscando la superación permanente.
- Trabajo en equipo: Comparten con nuestros colaboradores los objetivos y estrategias, fomentando ambientes de cooperación abiertos y flexibles, logrando que la visión y misión del equipo prevalezcan sobre las personales.

Organigrama:

En la figura 25 se muestra el organigrama de la empresa COPEINCA.

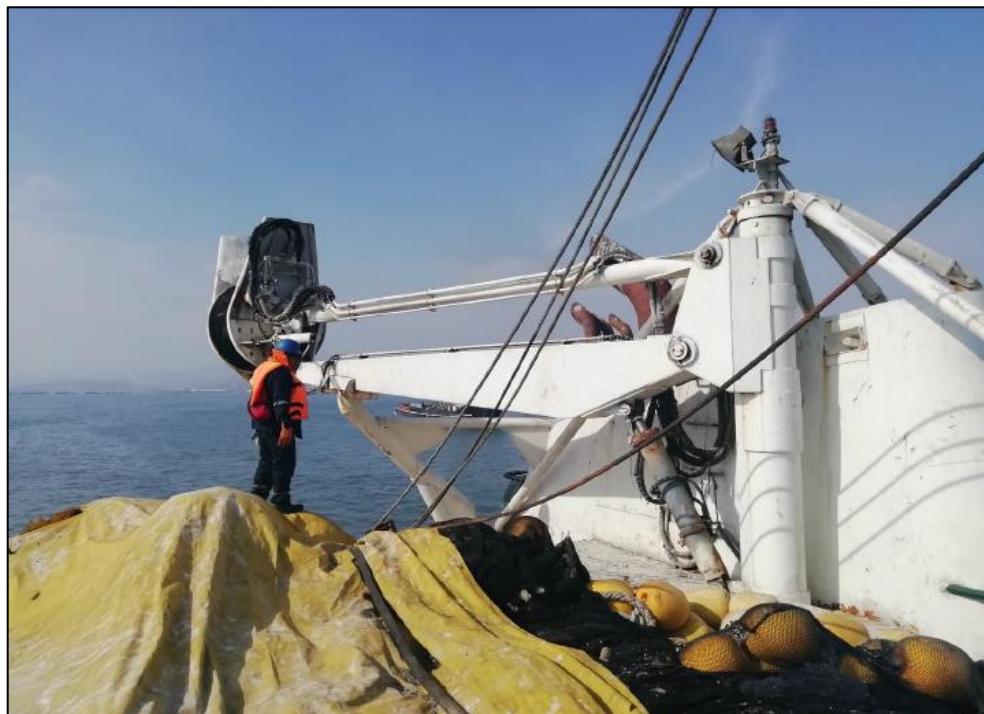
Figura 25: Organigrama de la empresa COPEINCA S.A.C.



3.2.1 Problema de ingeniería

La presente investigación tiene como objetivo mejorar las condiciones de trabajo del ordenador de red o también llamado net stacker debido a que es un equipo esencial en la faena de pesca, este equipo permite manipular la red con los pescados en cada cala. En la figura 26 se muestra el ordenador de red modelo NS-IT48 de la embarcación RIBAR IX perteneciente a la empresa COPEINCA.

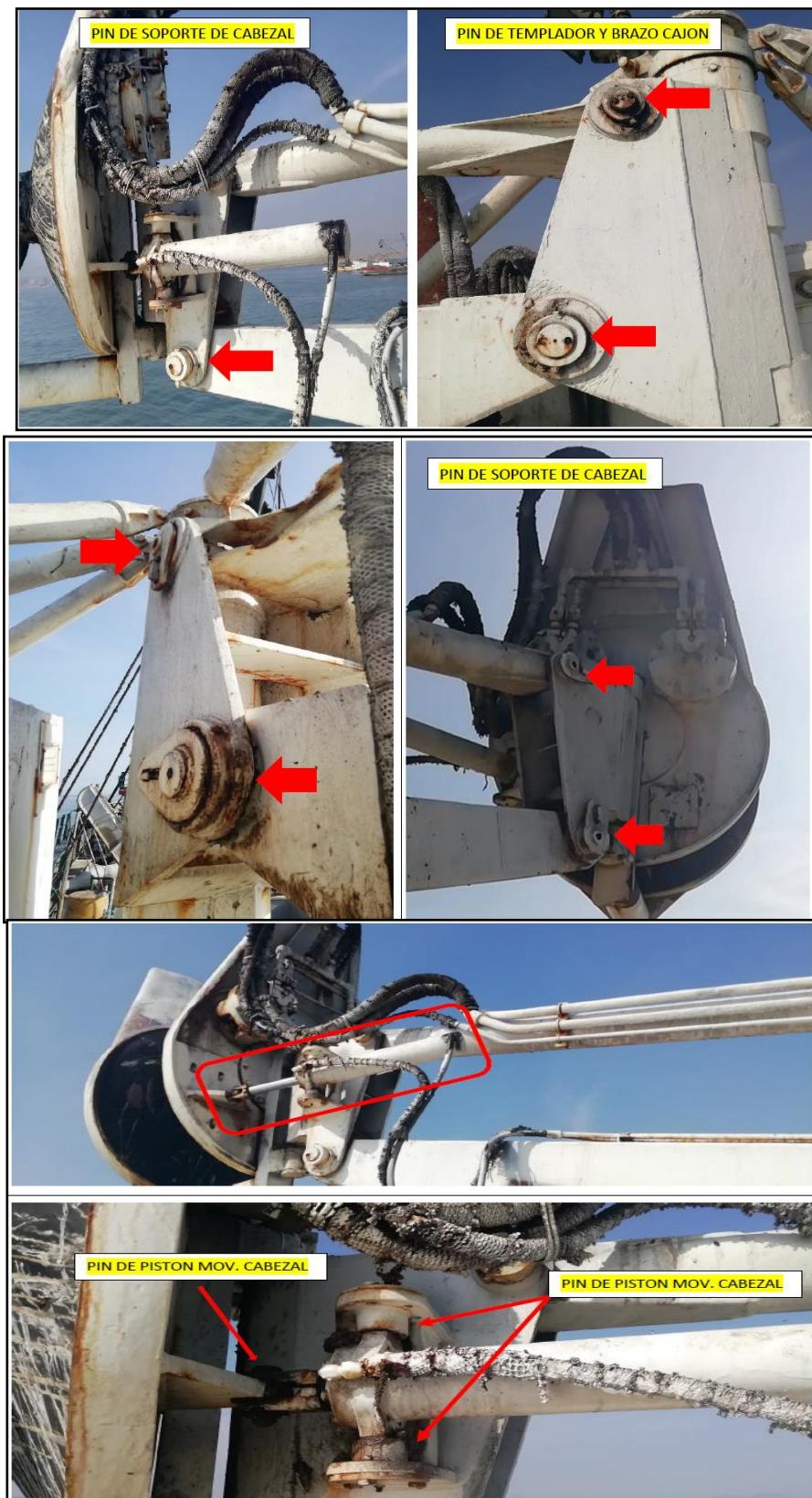
Figura 26: Ordenador de Red - NS-IT48



En los últimos años, cuando se realizan los mantenimientos preventivos y las inspecciones de rutina se ha podido evidenciar que existe un problema recurrente en las articulaciones del ordenador de red, específicamente en los pinos y bocinas.

Las tareas de mantenimiento para las articulaciones consisten en revisar el estado de los pinos y las bocinas, desgaste o deformación, luego de considerar que no requiere reparación, se realiza el engrase respectivo para la siguiente faena. En la figura 27 se observa las articulaciones en el ordenador de red o net stacker. En ella se muestra algunas articulaciones con evidente desgaste por fricción y/o humedad,

Figura 27: Articulaciones del ordenador de red



El esfuerzo en las articulaciones se evidencia cuando se alcanza la mayor cantidad de calas por cada faena, normalmente en una faena se tiene 2 o 3 calas, pero hay ocasiones en las cuales se ejecutan 5 calas y en casos extraordinarios llega a 6 como máximo. En este extremo es que la fricción constante termina por desalojar la grasa lubricante quedando muy poco para cumplir la misión de lubricación, generando desgaste entre las piezas en contacto.

Los informes de inspección muestran:

- Desgaste excesivo en los pines de anclaje delantero y posterior del brazo cajón y templador, este desgaste produce que el equipo no mantenga estabilidad durante el funcionamiento, produciendo movimientos oscilatorios (bandereo).
- Desgaste excesivo en la bocina inferior y posterior del mástil giratorio y en las bocinas de las articulaciones de los tubos de viento.
- Desgaste excesivo las bocinas de soporte del pistón.
- Desgaste excesivo en el pin del puño del pistón de movimiento del cabezal.
- Desgaste en los pines superior e inferior del pistón de levante.
- Desgaste en las mangueras y conectores del pistón de levante.
- Desgaste en las mangueras y conectores del pistón de levante.
- Desgaste excesivo en la horquilla delantera del pistón de ronza.

En la figura 28 se muestran las evidencias de los desgastes en las piezas encontradas con las inspecciones.

Entre las recomendaciones por parte del personal de mantenimiento externo, indicaban:

- Realizar el desmontaje del pistón de movimiento de cabezal, para corregir el desgaste excesivo en el pin del puño y las bocinas del soporte de pistón.
- Realizar el desmontaje del cáncamo de soporte del pin del pistón.
- Realizar pruebas hidráulicas, para verificar la eficiencia del pistón.

- Realizar el desmontaje del pistón de ronza, para corregir el desgaste excesivo en el pin delantero y posterior del pistón, con el fin de mitigar las fallas encontradas durante la inspección.
- Realizar pruebas hidráulicas, para verificar la eficiencia del pistón.
- Realizar un Overhaul general del Net Stacker, para mitigar el desgaste encontrado durante la inspección y garantizar el buen funcionamiento del equipo.

Figura 28: Desgaste en las articulaciones del ordenador de red



Esta última recomendación es la más crítica debido a que el Overhaul es un mantenimiento correctivo más costoso y toma más tiempo llegar a realizarlo, comprometiendo labores de extracción de peces planificado por el departamento de operaciones.

Si solo se considera los gastos por mantenimiento no programado, estos representan un total de 195 229,20 dólares en 6 años de reporte mostrados en la tabla 3, que según los requerimientos de la empresa, la investigación debe estar orientado en reducir los mantenimientos no programados que repercutirá con el incremento de la disponibilidad del ordenador de red, mejorando el volumen de extracción de productos marinos.

3.3 Solución del problema

Para la solución del problema se ha considerado instalar un sistema de engrase centralizado a fin de mantener los niveles de grasa necesario para evitar desgaste entre las piezas articuladas. Esta dosificación se debe dar entre cala y cala debido a que entre este periodo se tiene 40 minutos aproximadamente que se utilizan para desalojar lo extraído de la red, la limpieza y preparación de esta para la siguiente cala.

No se ha considerado una dosificación manual debido a que el personal en su integridad está abocado a las labores de pesca y manejo de la embarcación y también estas operaciones son consideradas de riesgo debido al movimiento del barco en altamar.

En el mercado ya existen sistemas de dosificación de grasa lubricante, el presente estudio está dirigido a determinar el equipo óptimo en base al cálculo fluidodinámico desde donde se ubicará la bomba hasta los puntos de articulación del ordenador de red.

Primero se debe identificar los puntos de engrase, luego determinar el recorrido de las líneas de conducción del fluido, ubicación de la bomba y sistemas de control de presión y caudal.

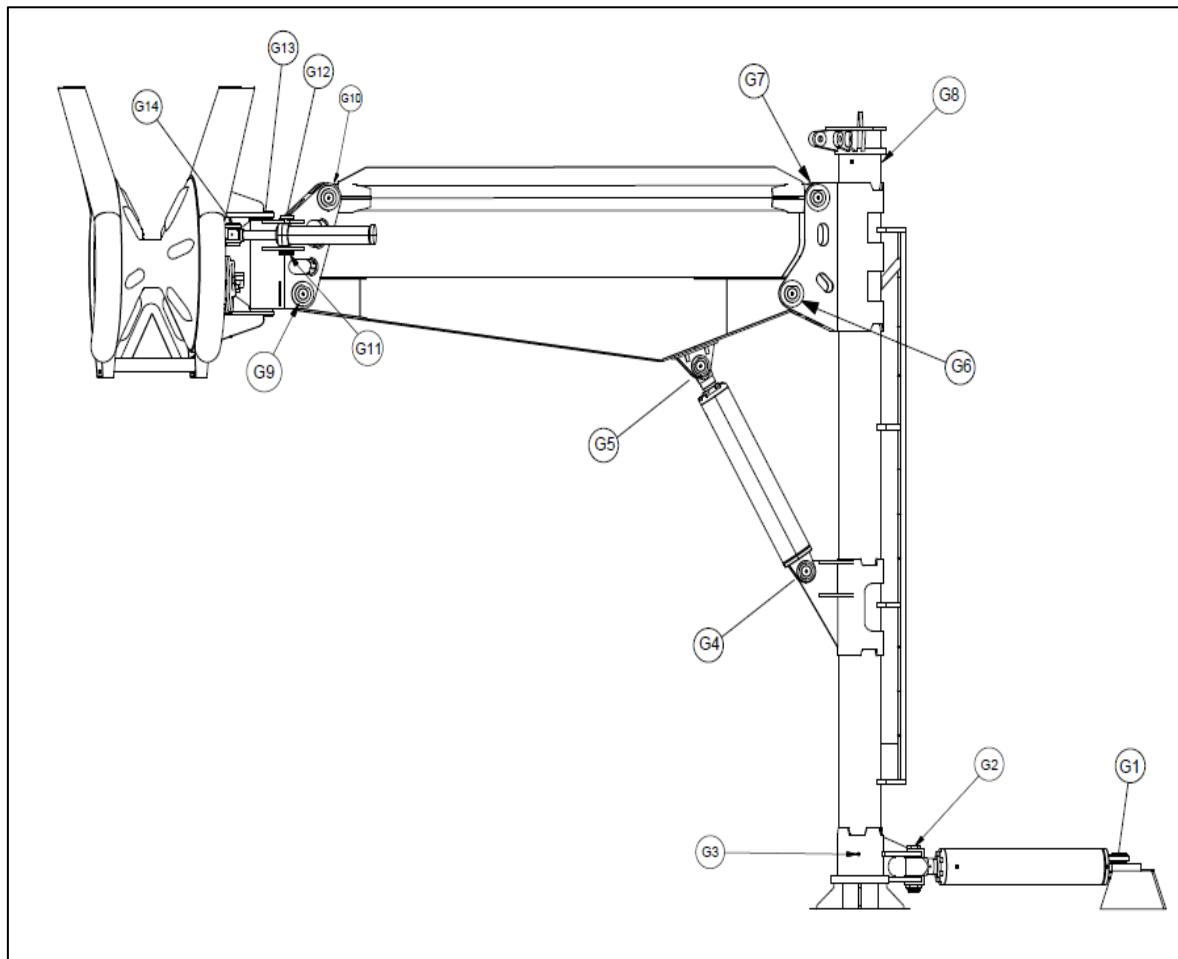
El análisis se realiza para el ordenador de red modelo NS-IT48 y todo el cálculo estará basado de forma particular en este equipo, COPEINCA posee más ordenadores de red y

el presente estudio servirá como base para la implementación del sistema centralizado de lubricación en las otras embarcaciones que llevan a bordo este equipo.

3.3.1 Identificación de los puntos de engrase

Para identificar los puntos de engrase se utiliza la figura 29 que corresponde al ordenador de red NS-IT48,.

Figura 29: Puntos de articulación del ordenador NS-IT48



De la figura se puede observar 14 puntos de engrase, luego se realiza la identificación de cada pin y/o bocina de articulación a fin de obtener las dimensiones y la cantidad de grasa necesaria para la dosificación correcta del elemento lubricante.

La información de cada elemento de articulación se muestra en la tabla 6.

Tabla 6: Dimensiones de pines y bocinas de los puntos de articulación

PINES y BOCINAS DE ARTICULACIÓN DE ORDENADOR DE RED NS - IT48								
ITEM	\varnothing_{ext} PIN (mm)	LONGITUD DEL PIN (mm)	VOLUMEN DEL PIN (mm ³)	\varnothing_{int} BOCINA (mm)	LONGITUD DE BOCINA (mm)	VOLUMEN DE BOCINA (mm ³)	VOLUMEN DE GRASA BOCINA VS PIN (mm ³)	PUNTO DE GRASERA
G1	80	315	79 168,13	80,10	315	79 267,28	3960,88	1/4 NPT
G2	80	230	57 805,30	80,10	230	57 877,70	2892,07	1/4 NPT
G3	280	300	263 893,78	280,50	300	264 365,64	66032,35	1/4 NPT
G4	80	230	57 805,30	80,10	230	57 877,70	2892,07	1/4 NPT
G5	80	300	75 398,22	80,10	300	75 492,65	3772,27	1/4 NPT
G6	90	600	169 646,00	90,10	600	169 834,90	8487,01	1/4 NPT
G7	90	600	169 646,00	90,10	600	169 834,90	8487,01	1/4 NPT
G8	283	350	311 174,75	283,50	350	311 725,26	77862,41	1/4 NPT
G9	90	490	138 544,24	90,10	490	138 698,50	6931,06	1/4 NPT
G10	90	490	138 544,24	90,10	490	138 698,50	6931,06	1/4 NPT
G11	25	35	2 748,89	25,10	35	2 759,90	137,72	1/4 NPT
G12	25	35	2 748,89	25,10	35	2 759,90	137,72	1/4 NPT
G13	90	810	229 022,10	90,10	810	229 277,11	11457,47	1/4 NPT
G14	45	200	28 274,33	45,10	200	28 337,23	1415,29	1/4 NPT

De la tabla 6 se puede observar que cada punto de engrase requiere diferentes volúmenes de grasa, en consecuencia cada punto requerirá llenar completamente de grasa para la siguiente cala.

Se debe de determinar qué tipo de bomba de lubricación a usar, verificar las características técnicas y funcionales de cada equipo, verificar las ventajas y desventajas que se tiene una de las otras; para lo cual en la tabla 7 se realiza un cuadro comparativo de tipo de bombas, de diferentes marcas y modelos; y de tal forma se pueda elegir que presente mejora características técnica y funcionales, y que se ajustes de acuerdo a la necesidad del estudio.

Tabla 7: Comparativo de características técnicas – Bombas de Lubricación

Marca	SKF	RAASM	PICO
Modelo	FB - XL	2501440	BECMAX
Puerto de Salida	1 - 16	1 - 16	1 - 10
Caudal (cm ³ /min.)	0.4 - 35	100	0.2
Capacidad de Tk (Kg)	15	10	1.2
Presión de trabajo Max. (bar)	350	259	200
Tipo de Grasa	NLGI 3	NLGI 2	NLGI 2
Protección	IP 55	IP 45	IP65
Imagen			

Los criterios de selección serán: el caudal, la cantidad de salidas, la presión y el tipo de grasa que puede conducir, además, el volumen de almacenamiento para una dosificación por faena en un máximo de 4 calas por faena.

De acuerdo a los criterios establecidos se selecciona el modelo “**FB-XL**” de la marca SKF que es recomendado también para labores en embarcaciones de pesca.

Un factor importante y determinante es el tiempo para la lubricación entre cala y cala porque se va a aprovechar este tiempo para realizar el engrase de los componentes, el espacio entre calados se utiliza para limpiar y preparar la red para la siguiente tarea de pesca.

Cada sistema de lubricación maneja un determinado de caudal y presión suficiente para conducir el fluido a través del ducto; uno de los equipos bastante utilizados en sistemas de

lubricación de grasa es de la marca SKF, la tabla 8 servirá para seleccionar el más adecuado.

Tabla 8: Sistemas de lubricación de la marca SKF [21]

Electrically operated pump units ¹⁾										
Product	Lubricant grease NLGI	Outlets	Reservoir ⁶⁾	Metering quantity per outlet		Operating pressure max.	ATEX ³⁾	Page		
				0	1	2	3	kg	lb	cm ³ /min
RA20/45	• • • -	1-12	2-5	4.4-10	0,07-6,00	0,004-0,366	60	870	• 4)	36
P 205	• • • -	1-5	4-30	8.8-66	0,08-4,20	0,005-0,256	350	5 075	• 5)	36
FF	• • • •	1-12	4-10	8.8-22	0,04-6,00	0,002-0,366	350	5 075	• 4)	40
P 212 ²⁾	• • • -	1-12	30	66	2,50-25,0	0,152-1,525	350	5 075	•	40
P 215 ²⁾	• • • -	1-15	4-100	8.8-220	0,55-3,15	0,033-0,192	350	5 075	• 5)	42
FB	• • • •	1-24	6-30	13-66	0,04-7,70	0,002-0,469	350	5 075	• 4)	46
FB-XL	• • • •	1-16	30	66	0,04-35,0	0,002-2,135	350	5 075	• 4)	46
P 230	• • • -	1-30	30-100	66-220	0,55-3,15	0,033-0,192	350	5 075	•	50

Las características técnicas del sistema de lubricación se muestran en la tabla 9.

Tabla 9: Información técnica del sistema centralizado automático SFK FB-XL -Small-Series

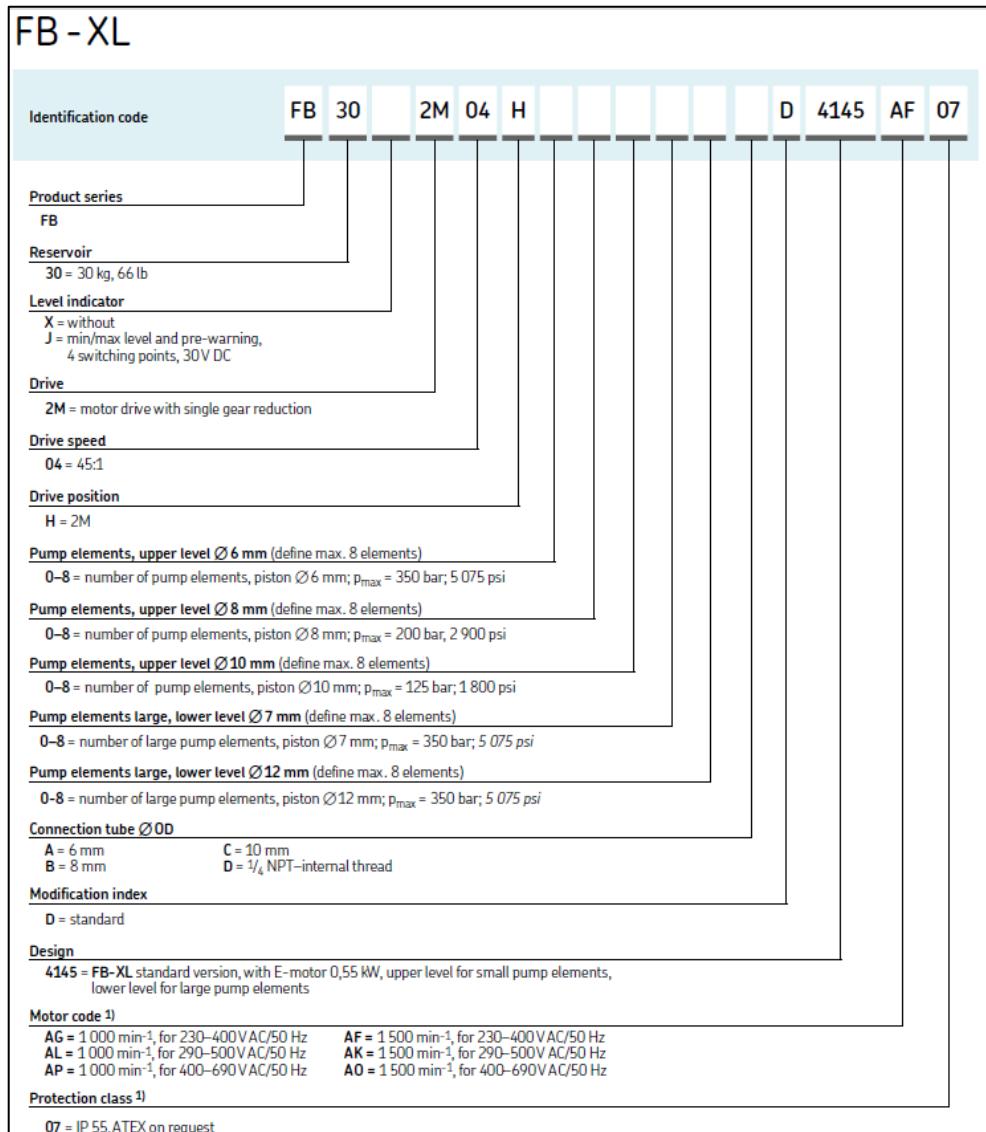
Technical data	
Function principle	radial piston pump with stirrer
Operating temperature	-15 to +40 °C, +5 to 104 °F
Operating pressure	125 to 350 bar, 1 800 to 5 075 psi
Outlets	1-24
Lubricant	oil: viscosity from 40 mm ² /s grease: up to NLGI 3
Metering quantity per stroke	
KR 6:	0,027-0,08 cm ³ , 0,0016-0,0048 in ³
KR 8:	0,050-0,15 cm ³ , 0,0030-0,0091 in ³
KR 10:	0,077-0,23 cm ³ , 0,0047-0,0140 in ³
for FB-XL lower level KR 7:	0,11-0,39 cm ³ , 0,0067-0,0237 in ³
for FB-XL lower level KR 12:	0,33-1,12 cm ³ , 0,020-0,068 in ³
Reservoir ¹⁾	6, 15, 30 kg, 13,2, 33, 66 lb
Outlet connection	1/4 NPTF, tube Ø 6, 8, 10 mm OD
Internal ratio	45:1, 105:1, 288:1, 720:1
Drive speed main shaft	< 32 min ⁻¹
E-motor drive	with 3-phase motor
Dimensions	min. 420 × 533 × 290 mm max. 660 × 533 × 290 mm min. 16.5 × 26 × 11.4 in max. 26 × 26 × 11.4 in
Protection class	IP 55
Mounting position	vertical
Options	ATEX versions, safety valves

¹⁾ valid for $\rho=1 \text{ kg/dm}^3$

De acuerdo a los sistemas de lubricación, estas pueden ser configurados de acuerdo a los puntos de engrase y se pueden incluir sistemas de distribución y equipos de control de presión y flujo de manera que pueda trabajar de forma diferenciada para cada punto articulable. La configuración de un sistema centralizado se muestra en la figura 22.

El modelo propuesto se puede configurar en base a líneas de alimentación y elementos de distribución, el mencionado se puede configurar con un total hasta 14 líneas o puntos de engrase disponible. La forma de cómo configurar se muestra en la figura 30:

Figura 30: Configuración del sistema centralizado modelo FB-XL marca SFK



La configuración final se mostrará al final del cálculo.

3.3.2 Cálculo fluidodinámico

De los datos técnicos, siendo conservador se puede seleccionar un caudal de 30 cm³/min que equivale a 0.5 cm³/s.

Se selecciona una tubería de ¼" debido a que los puntos de articulación tienen conexiones existentes que se utilizan para el engrase manual, el tipo de tubería es acero ASTM A53 cedula 40 debido a que posee características anticorrosivas.

Las medidas y/o características se muestran en la tabla 10, estos datos servirán para el cálculo fluido dinámico y verificar si el equipo seleccionado es el indicado para el proyecto, para el ducto seleccionado, ¼ pulgada, el diámetro interno es de 9.22 mm.

Tabla 10: Características técnicas del acero ASTM A53

Diámetro Nominal	Dimen. Exterior	STD			SCH-40		
		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso	
Pulg.	mm	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg
1/4	13.7	2.24	0.63	3.78	2.24	0.63	3.78
3/8	17.1	2.31	0.84	5.04	2.31	0.84	5.04
1/2	21.3	2.77	1.27	7.62	2.77	1.27	7.62
3/4	26.7	2.87	1.69	10.14	2.87	1.69	10.14
1	33.4	3.38	2.50	15	3.38	2.50	15

Propiedades Mecánicas	
Resistencia a la Tracción, min	60000 PSI (415 MPa)
Fluencia, min	35000 PSI (240 MPa)

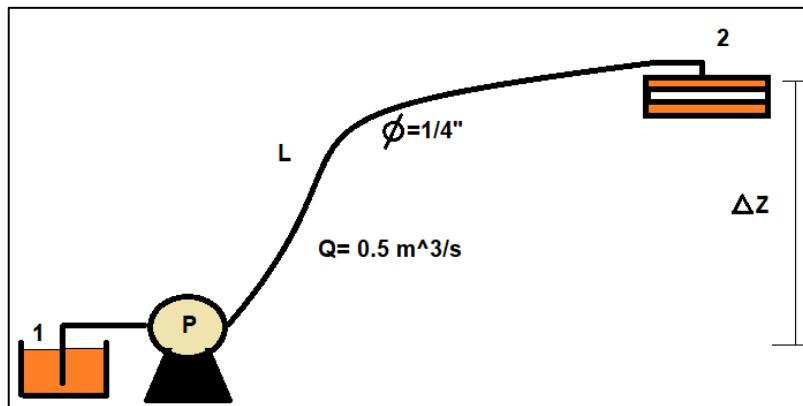
En la tabla 11 se muestra los parámetros iniciales para el análisis fluido dinámico.

Tabla 11: Parámetros de flujo

	Dimensiones	unidades
Diámetro interno	9,22	mm
Rugosidad	0,046	mm
Área transversal	66,76544123	mm ²
Caudal	0,5	cm ³ /s

Para el análisis de flujo se requiere plantear la ecuación de energía a fin de encontrar, en el balance, las pérdidas de energía que deberán ser asumidas por la bomba. En la figura 31 se muestra un esquema general de cómo se debe aplicar la ecuación de energía.

Figura 31: Esquema general para la aplicación de la ecuación de energía



Se plantea la ecuación de energía entre 1 y 2:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 + H_p = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + h_f + h_m$$

Simplificando términos se tiene:

$$H_p = \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 - Z_1 + h_f + h_m = \frac{v_2^2}{2g} + \Delta Z + h_f + h_m$$

Siendo H_p la altura manométrica de la bomba o también conocido como la presión de la bomba expresado en término de altura. Para h_m se va a considerar el 10 % de la pérdida por conducción [22].

Para realizar los cálculos se utiliza las propiedades de la grasa mostrado en la tabla 12.

Tabla 12: Propiedad de la grasa LITIO EP-2 [11]

Propiedad de la grasa		
Índice de consistencia = K	17,1	Pa-s
Índice de comportamiento = n	0,4	adimensional
Densidad	900	Kg/m³

La velocidad se obtiene de las ecuaciones 2 y 3:

$$A = \frac{\pi}{4} * 0,00922^2 = 6,67654 * 10^{-5} m^2$$

$$v = \frac{0,0000005}{6,67654 * 10^{-5}} = 0,0074889 \frac{m}{s}$$

El Reynold general se calcula con la ecuación 10.

$$Re_G = \frac{900 * 0,0074889^{2-0,4} * 0,00922^{0,4}}{17,1 * 8^{0,4-1} * \left(\frac{3(0,4) + 1}{4(0,4)}\right)^{0,4}} = 0,00983424$$

Para saber si el flujo es laminar o turbulento se determina el Reynold crítico mediante la ecuación 11.

$$Re_{crítico} = \frac{6464 (0,4)}{(1 + 3(0,4))^2 * \left(\frac{1}{2 + (0,4)}\right)^{\frac{2+(0,4)}{1+(0,4)}}} = 2396,1$$

Como $Re_G < Re_{crítico}$, Entonces el régimen de flujo es laminar.

Entonces el factor de fricción se determina utilizando la ecuación 12.

$$f = \frac{16}{0,00983424} = 1626,96$$

La pérdida de carga o presión por longitud de tubería se determina utilizando la ecuación 14, para el punto G1 se tiene 2500 mm de longitud del ducto.

$$h_{pl} = \frac{4 (1626,96)(2500) 0,0074889^2}{2 (9,81) 0,00922} = 5,044 m$$

Como se ha establecido, las pérdidas menores o por accesorios está dada por conexiones en la salida de la bomba, la entrada en la grasería, así como las curvas para acomodar el ducto por el ordenador de red.

Todos ellos sumarían entre el 5% y el 10% de la pérdida por conducción, considerando el peor escenario:

$$h_{pl} = 0,1 \quad h_{pl} = 0,5044 \text{ m}$$

Para el punto G1, la energía potencial se mide con respecto a la ubicación de la bomba y la ubicación de la grasería (ΔZ), en este caso estando al mismo nivel:

$$\Delta Z = 0 \text{ m}$$

Las alturas manométricas de los otros puntos se muestran en la figura 32.

Entonces la altura manométrica de la bomba será:

$$H_P = \frac{0,0074889^2}{2(9,81)} + 0 + 5,044 + 0,5044 = 5,549 \text{ m}$$

Esto significa que la presión perdida por conducción es:

$$P_p = 900(9.81)(5,549) = 48988.05 \text{ Pa} = 0.49 \text{ bar}$$

La potencia de la bomba se calcula por la ecuación 22

$$Pot_{pump} = 900(9,81) \frac{0,0000005 (5,549)}{1} = 0,014 \text{ Kw} = 0.019 \text{ hp}$$

El mismo procedimiento se realiza para todos los puntos.

El análisis fluidodinámico se muestra en la tabla 13.

Tabla 13: Cálculo fluidodinámico del sistema de engrase

Puntos de engrase	Long. Del ducto (mm)	caudal (m ³ /s)	Velocidad m/s	Reynold General	f	hf (m)	hm (m)	ΔZ (m)	H _p	P _p (Pa)	P _p (bar)
G1	2500	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	5,044	0,504	0	5,549	48988,0459	0,490
G2	2500	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	5,044	0,504	0	5,549	48988,0459	0,490
G3	2500	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	5,044	0,504	0	5,549	48988,0459	0,490
G4	5000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	10,088	1,009	1,98	13,077	115457,487	1,155
G5	5000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	12,106	1,211	3,24	16,556	146177,235	1,462
G6	6000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	12,106	1,211	3,87	17,186	151739,505	1,517
G7	6000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	13,115	1,311	4,52	18,946	167275,959	1,673
G8	6000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	14,124	1,412	5,01	20,546	181399,773	1,814
G9	9000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	18,159	1,816	3,87	23,845	210525,13	2,105
G10	9000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	18,159	1,816	5,42	25,395	224210,08	2,242
G11	9000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	18,159	1,816	4,29	24,265	214233,31	2,142
G12	9000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	18,159	1,816	4,29	24,265	214233,31	2,142
G13	13000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	26,229	2,623	3,95	32,802	289612,283	2,896
G14	13000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	26,229	2,623	4,29	33,142	292614,143	2,926
									P _{total}	2354442,35	23,544

Como se observa en la tabla 10, la máxima presión requerida es 2,93 bar por punto y una presión total de 23,54 bar.

De acuerdo a las especificaciones técnicas mostrados en la tabla 8 y 9, este tipo de sistema trabaja con una presión base de 125 bares, suficiente para cumplir con el requerimiento de lubricación. El elemento principal del sistema de lubricación se muestra en la figura 33.

La configuración total de los componentes como manómetros y válvulas de control de flujo y presión auxiliares se detallarán más adelante.

Figura 32: Alturas manométrica de los puntos de engrase (mm)

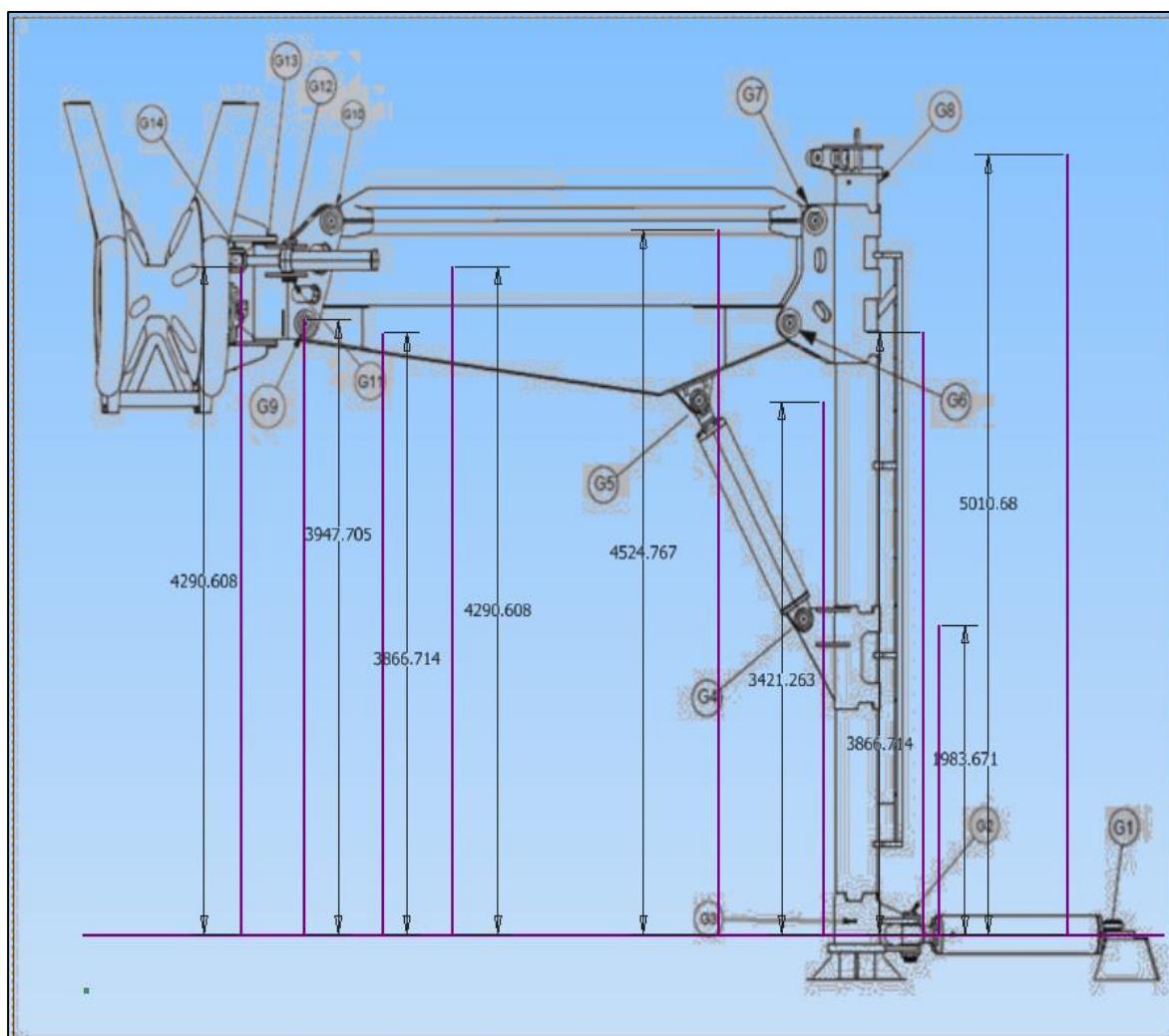
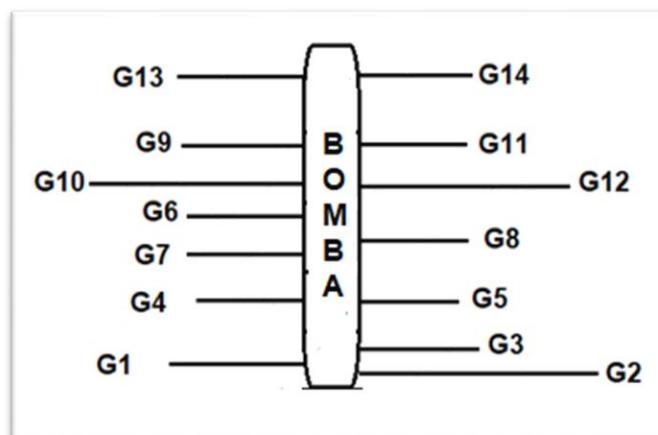


Figura 33: Sistema de impulsión FB-XL - Pistón radial marca SKF



El esquema de distribución para los puntos de engrase se muestra en la figura 34.

Figura 34: Esquema de distribución de los puntos de engrase



Para determinar el volumen de tanque de almacenamiento, se debe determinar el volumen de grasa que debe llevar cada pin. En la tabla 14 se muestra el volumen de engrase de cada pin y el total por cada ciclo de engrase que estará en función al máximo de número de calas por faena, según la empresa la máxima cantidad de cala es 4 por faena.

Tabla 14: Volumen del tanque de almacenamiento de grasa

ITEM	VOLUMEN DE GRASA BOCINA VS PIN (mm ³)	Longitud del ducto (mm)	Área transversal del ducto (mm ²)	Volumen de grasa en el ducto (mm ³)	Volumen total (mm ³)
G1	3960,88	2500	66,7654412	166913,603	170874,48
G2	2892,07	2500	66,7654412	166913,603	169805,67
G3	66032,35	2500	66,7654412	166913,603	232945,95
G4	2892,07	5000	66,7654412	333827,206	336719,28
G5	3772,27	6000	66,7654412	400592,647	404364,91
G6	8487,01	6000	66,7654412	400592,647	409079,66
G7	8487,01	6500	66,7654412	433975,368	442462,38
G8	77862,41	7000	66,7654412	467358,089	545220,50
G9	6931,06	9000	66,7654412	600888,971	607820,03
G10	6931,06	9000	66,7654412	600888,971	607820,03
G11	137,72	9000	66,7654412	600888,971	601026,69
G12	137,72	9000	66,7654412	600888,971	601026,69
G13	11457,47	13000	66,7654412	867950,736	879408,20
G14	1415,29	13000	66,7654412	867950,736	869366,02
Volumen para renovación (mm ³)	201396,39			Volumen inicial (mm ³)	6877940,51 (6.87 Lt)
				Volumen por renovar - máx. 4 calas (mm ³)	805585,57
				Volumen inicial (mm ³)	7683526,08 (7.7 Lt)

De acuerdo a la tabla 14 se requiere de 7,7 Lt. de grasa, en consecuencia se requerirá un depósito de 15 Lt. por disponibilidad comercial. Con 8 Lt de grasa como máximo será suficiente para lubricar todas las articulaciones del ordenador de red.

El tiempo de engrase se puede estimar a partir del caudal permitido por el equipo, en este caso se dispone de un caudal de 0,5 cm³/s, como cada punto de engrase tiene diferente volumen, entonces cada punto demandará distinto tiempo de engrase, este tiempo se puede determinar de la ecuación de continuidad.

$$Q = \frac{V}{t} \implies t = \frac{V}{Q}$$

Para el punto G1 se requiere de $3960,88 \text{ mm}^3 = 3,961 \text{ cm}^3$, con un caudal de $0,5 \text{ cm}^3/\text{s}$, se tiene:

$$t_1 = \frac{3,961}{0,5} = 7,922 \text{ s} = 0,132 \text{ min}$$

Para el punto G8 (máximo volumen) se requiere de $77862,41 \text{ mm}^3 = 77,862 \text{ cm}^3$, con un caudal de $0,5 \text{ cm}^3/\text{s}$, se tiene:

$$t_8 = \frac{77,862}{0,5} = 155,725 \text{ s} = 2,595 \text{ min}$$

Este punto es el que requiere de mayor tiempo para el engrase, estableciéndose como un requerimiento de lubricación a considerar para el diseño del sistema centralizado.

Este tiempo máximo no afecta el desarrollo de las operaciones de pesca porque la lubricación se efectuaría entre cala y cala, siendo el tiempo mínimo de operaciones alrededor de 40 min., este tiempo se utiliza para desalojar el producto extraído, la limpieza de la red y otras operaciones inherentes a las labores de extracción, siendo un tiempo suficiente para el proceso de lubricación.

Los tiempos de lubricación en cada punto de articulación del ordenador de red se muestra en la tabla 15.

De la tabla 15 se puede observar que los puntos de engrase G11 y G12 son los que requieren menor tiempo para su lubricación (0,28 segundos) mientras que los puntos G3 y G8 son los que requieren mayor tiempo, 2,2 min. Para G3 y 2,6 min. Para el punto G8.

Tabla 15: Tiempos de lubricación requerido por el sistema

Puntos de engrase	VOLUMEN DE GRASA BOCINA VS PIN (mm ³)	VOLUMEN DE GRASA BOCINA VS PIN (cm ³)	caudal (cm ³ /s)	t (s)	t (min)
G1	3960,88	3,96088075	0,5	7,922	0,132
G2	2892,07	2,89207166	0,5	5,784	0,096
G3	66032,35	66,0323506	0,5	132,065	2,201
G4	2892,07	2,89207166	0,5	5,784	0,096
G5	3772,27	3,77226738	0,5	7,545	0,126
G6	8487,01	8,48701255	0,5	16,974	0,283
G7	8487,01	8,48701255	0,5	16,974	0,283
G8	77862,41	77,8624104	0,5	155,725	2,595
G9	6931,06	6,93106025	0,5	13,862	0,231
G10	6931,06	6,93106025	0,5	13,862	0,231
G11	137,72	0,13771957	0,5	0,275	0,005
G12	137,72	0,13771957	0,5	0,275	0,005
G13	11457,47	11,4574669	0,5	22,915	0,382
G14	1415,29	1,41528749	0,5	2,831	0,047
Tiempo total				402,79	6,71

3.4 Equipos y componentes del sistema de engrase

Para determinar los elementos del sistema de engrase se desarrolla el plano de instalación de la bomba y los puntos de engrase al ordenador de red, el detalle de distribución e instalación de la bomba de abastecimiento, el contenedor, las líneas de flujo y los elementos de conexión se muestra en la figura 35.

También se considera algunos elementos adicionales como manómetros, válvulas de seguridad y demás componentes con el asesoramiento de la empresa SFK, la lista de equipos y componentes se muestra en detalle en la tabla 16.

Otro punto por desarrollar es el accionamiento del sistema y de acuerdo al catálogo del fabricante, el movimiento de la bomba, que es el que realiza la impulsión de la grasa, es del tipo eléctrico, en consecuencia se ha determinado desarrollar el sistema eléctrico para el accionamiento del motor y sistema de engrase.

Figura 35: Plano de instalación y distribución del sistema de engrase

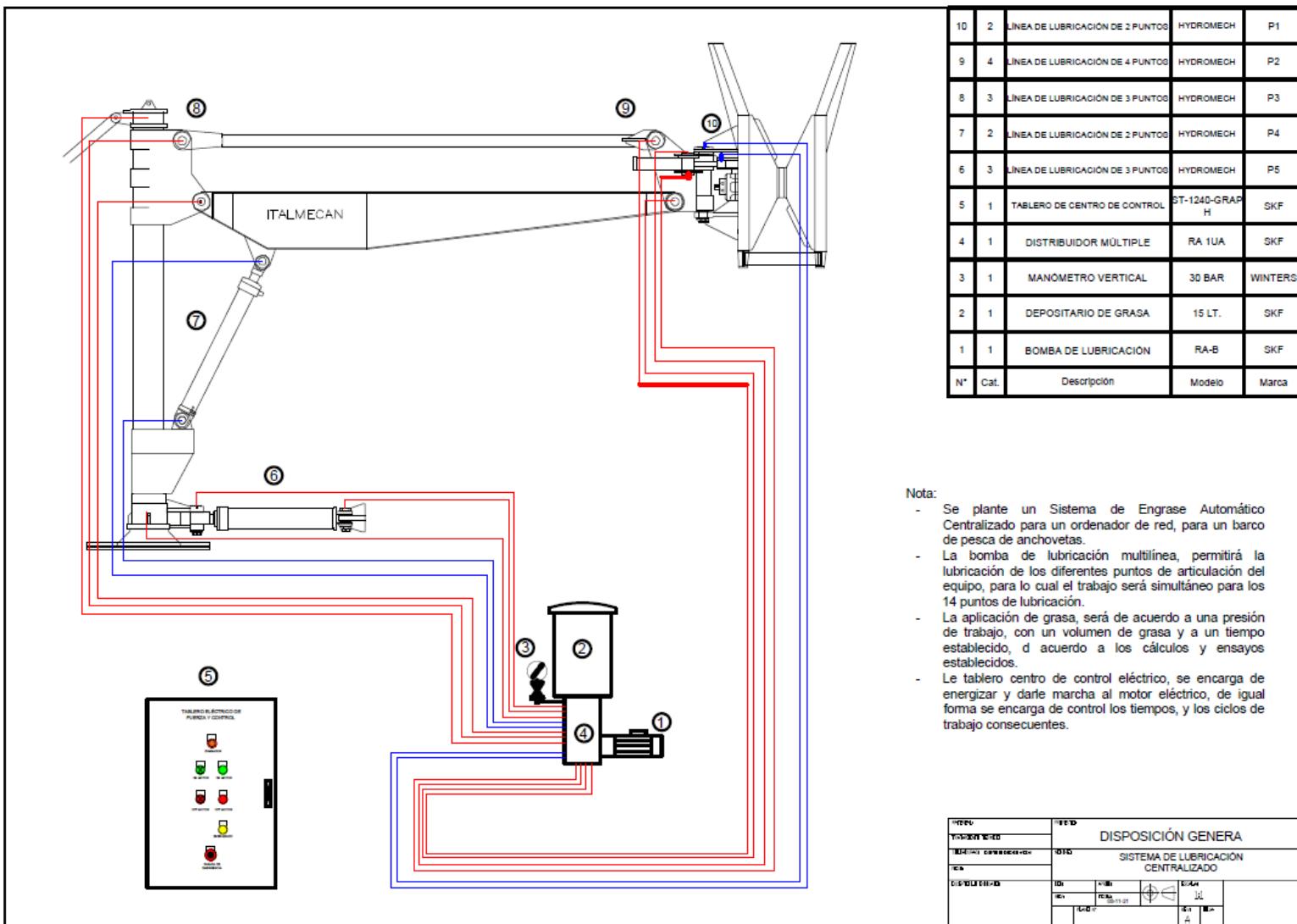


Tabla 16: Materiales y consumibles del sistema de engrase

Materiales y/o consumibles	Cantidad
BOMBA DE PISTÓN FB-XL SKF - SISTEMA DE LUBRICACIÓN MULTILÍNEA	1
TABLERO ELÉCTRICO DE FUERZA Y CONTROL 220V, 24DC, 3F, 60Hz, IP56	1
TANQUE DEPOSITO 15 LTS - SKF	1
CABLE DE FUERZA WG 1 X 2.5 x 15 MT	1
PASAMUROS, BORDONERAS, TERMINALES Y MARCA CABLES	1
TUBO ACERO SCH40 S/C A-53/A-106/API 5L GR-B x 6.0 MT	12
COPLA MIXTA ACERO x 3000 LBS. A-105 Ø1/4"	32
CODO SW ACERO 90° x 3000 LBS. A-105 Ø1/4"	32
COPLA SW ACERO x 3000 LBS. A-105 Ø1/4"	24
ABRAZADERA PLASTICK HOSE CLAMPS	8
CINTA ANTICORROSA PCS PETRO COATING SYSTEMS (PETROWRAP) 2" x 10.0 MT	8
MANGUERA HIDRÁULICA 100R1 Ø1/4" x 1.50 MT LOG. NPT NPT M/M	2
MANGUERA HIDRÁULICA 100R1 Ø1/4" x 1.00 MT LOG. NPT NPT M/M	18
MANGUERA HIDRÁULICA 100R1 Ø1/4" x 0.80 MT LOG. NPT NPT M/M	3
MANGUERA HIDRÁULICA 100R1 Ø1/4" x 1.20 MT LOG. NPT NPT M/M	14
ADAPTADOR RECTO Ø1/4" NPT NPS /H	32
CODO ADAPTADOR Ø1/4" NPT x 90° x 1/4" NPT NPS M/H	16
SOLDADURA OVERCOD 6013 Ø3/32"	25
SOLDADURA CELLOCORD 6011 Ø3/32"	20
DISCO DESBASTE METAL 4.1/2" DW	8
DISCO C. ACERO INOX 3M 4.1/2"	18
ANGULO FR 1/4" X 2" X 6.0 MT	1
CONSUMIBLES	1

Si bien se define el sistema de engrase como un sistema automático, este no puede ser completamente automático porque el engrase debe realizarse entre cala y cala aprovechando el periodo de tiempo en el cual se realiza la limpieza de la red luego de la extracción de anchoveta o cualquier otro recurso marino, este periodo de tiempo es 40 minutos pero para determinar el periodo en el cual se desarrolla el calado es incierto debido a muchos factores operacionales que influyen en la determinación promedio de tiempo de calado.

Por lo tanto el sistema comenzará con el accionamiento manual cuando termine una cala y de acuerdo a lo convenido con los operadores de cubierta, luego del accionamiento el sistema realizará el engrase en los 14 puntos de forma automática. Como se puede

observar en la tabla 15, se requiere de diferentes tiempos para su engrase, siendo los más críticos los puntos G3 y G8 pero que no influirían en la faena de pesca.

El plano de distribución eléctrico se muestra en la figura 36 y la lista de componentes se puede observar en la tabla 17, también se ha desarrollado el diagrama de control y arranque del sistema de engrase, este diagrama se muestra en la figura 36.

Para determinar los elementos a considerar en la instalación del sistema mecánico, sistema oleo hidráulico y sistema eléctrico se contó con el asesoramiento del personal especializado de la empresa SKF debido a que COPEINCA desea adquirir un equipo que cuente con la certificación de operación respectiva y la garantía de los sistema de engrase, SKF requiere también que para garantizar sus equipos, estos deben funcionar con la carga de voltaje adecuado además de contar con sistemas de protección como llaves térmicas y/o sistemas diferenciales de corriente y aislamiento debido a que este equipo trabajará en altamar.

Tabla 17: Lista de componentes del sistema eléctrico

ÍTEM	LISTA DE MATERIALES	MARCA	CANT.
1	INT. GENERAL TÉRMICO 3X16A	SCHNEIDER	1
2	CONTACTOR KM1 DE 18A 220V	SCHNEIDER	1
3	RELÉ TÉRMICO DE PROTECCIÓN 2.5-4A	SCHNEIDER	1
4	PULSADOR DE EMERGENCIA 220V	STEK	1
5	PILOTO VERDE DE TRABAJO	STEK	1
6	PILOTO ROJO SOBRECARGA	STEK	1
7	PILOTO ROJO ENERGIZADO	STEK	1
8	PILOTO VERDE	STEK	1
9	RELÉ TEMPORIZADOR DE 0-999S DE TRABAJO	SCHNEIDER	1
10	SELECTOR 1 0 2 DE 3 POSICIONES	STEK	1
11	INT. TÉRMICO DE CONTROL DE CIRCUITO 2 X 4A	SCHNEIDER	1
12	TABLERO ADOSADO IP 65 HERMÉTICO 50 X 40 X 20 CM	ORBE	1

3.5 Costo de implementación del sistema de engrase

Para la implementación del sistema centralizado de engrase automático se requiere de \$ 20840,85 (dólares americanos), el costo total está separado en 2 ítems, la parte mecánica

o del sistema de engrase propiamente que incluyen los equipos, componentes, consumibles y gastos de instalación por parte de la empresa distribuidora en el país de SKF y el otro ítem le corresponde la instalación del sistema eléctrico que consta igualmente de los componentes, tableros de control y consumible, también se considera el gasto de instalación por parte de personal calificado y evaluado por SKF a fin de aplicar la garantía del producto. En el anexo 2 se muestran los costos de implementación del sistema mecánico que incluye el sistema oleo hidráulico y los costos de implementación de la red eléctrica para el accionamiento o funcionamiento del sistema de engrase.

El costo de implementación del sistema mecánico y el sistema oleo hidráulico se muestra en la tabla 18, en ella se puede observar el desglose de la mano de obra y de los materiales en su instalación, SKF también está considerando los gastos de elementos consumibles como soldadura, disco de desbaste y cintas de teflón.

Para el sistema eléctrico, el costo de implementación también se muestra en la tabla 18, en ella está incluido es costo de mano de obra, en la figura 37 se muestra el plano eléctrico

Tabla 18: Costos del sistema de engrase centralizado

DESCRIPCIÓN	Cantidad	PV unit. (\$)	Sub total (\$)	Total (\$)
MANO DE OBRA CALIFICADA Y HERRAMIENTAS				8 316,67
Mano de obra por 15 días (05 técnicos)		4 841,57		
Suministro de máquinas y herramientas		3 475,10		
Materiales y/o consumibles				9 345,06
BOMBA DE PISTÓN FB-XL SKF - SISTEMA DE LUBRICACIÓN MULTILÍNEA	1	2 811,11	2 811,11	
TABLERO ELÉCTRICO DE FUERZA Y CONTROL 220V, 24DC, 3F, 60Hz, IP56	1	2 163,33	2 163,33	
TANQUE DEPOSITO 15 LTS - SKF	1	1 086,67	1 086,67	
CABLE DE FUERZA WG 1 X 2.5 x 15 MT	1	762,22	762,22	
PASAMUROS, BORDONERAS, TERMINALES Y MARCA CABLES	1	193,33	193,33	
TUBO ACERO SCH40 S/C A-53/A-106/API 5L GR-B x 6.0 MT	12	9,11	109,33	
COPLA MIXTA ACERO x 3000 LBS. A-105 Ø1/4"	32	0,88	28,09	
CODO SW ACERO 90° x 3000 LBS. A-105 Ø1/4"	32	0,97	30,93	
COPLA SW ACERO x 3000 LBS. A-105 Ø1/4"	24	0,77	18,40	
ABRAZADERA PLASTICK HOSE CLAMPS	8	86,18	689,42	
CINTA ANTICORROSIVA PCS PETRO COATING SYSTEMS (PETROWRAP) 2" x 10.0 MT	8	23,33	186,67	
MANGUERA HIDRÁULICA 100R1 Ø1/4" x 1.50 MT LOG. NPT NPT M/M	2	8,19	16,38	
MANGUERA HIDRÁULICA 100R1 Ø1/4" x 1.00 MT LOG. NPT NPT M/M	18	6,58	118,40	
MANGUERA HIDRÁULICA 100R1 Ø1/4" x 0.80 MT LOG. NPT NPT M/M	3	5,93	17,80	
MANGUERA HIDRÁULICA 100R1 Ø1/4" x 1.20 MT LOG. NPT NPT M/M	14	5,24	73,42	
ADAPTADOR RECTO Ø1/4" NPT NPS /H	32	1,83	58,67	
CODO ADAPTADOR Ø1/4" NPT x 90° x 1/4" NPT NPS M/H	16	20,78	332,44	
SOLDADURA OVERCOD 6013 Ø3/32"	25	8,10	202,50	
SOLDADURA CELLOCORD 6011 Ø3/32"	20	7,46	149,11	
DISCO DESBASTE METAL 4.1/2" DW	8	1,72	13,78	

DISCO C. ACERO INOX 3M 4.1/2"	18	1,61	29,00	
ANGULO FR 1/4" X 2" X 6.0 MT	1	44,07	44,07	
CONSUMIBLES	1	210,00	210,00	
		Sub Total	17661,73	
		18% IGV	3179,11	
		Venta Total	20840,85	

Figura 36: Diagrama del sistema de eléctrico para el arranque y control

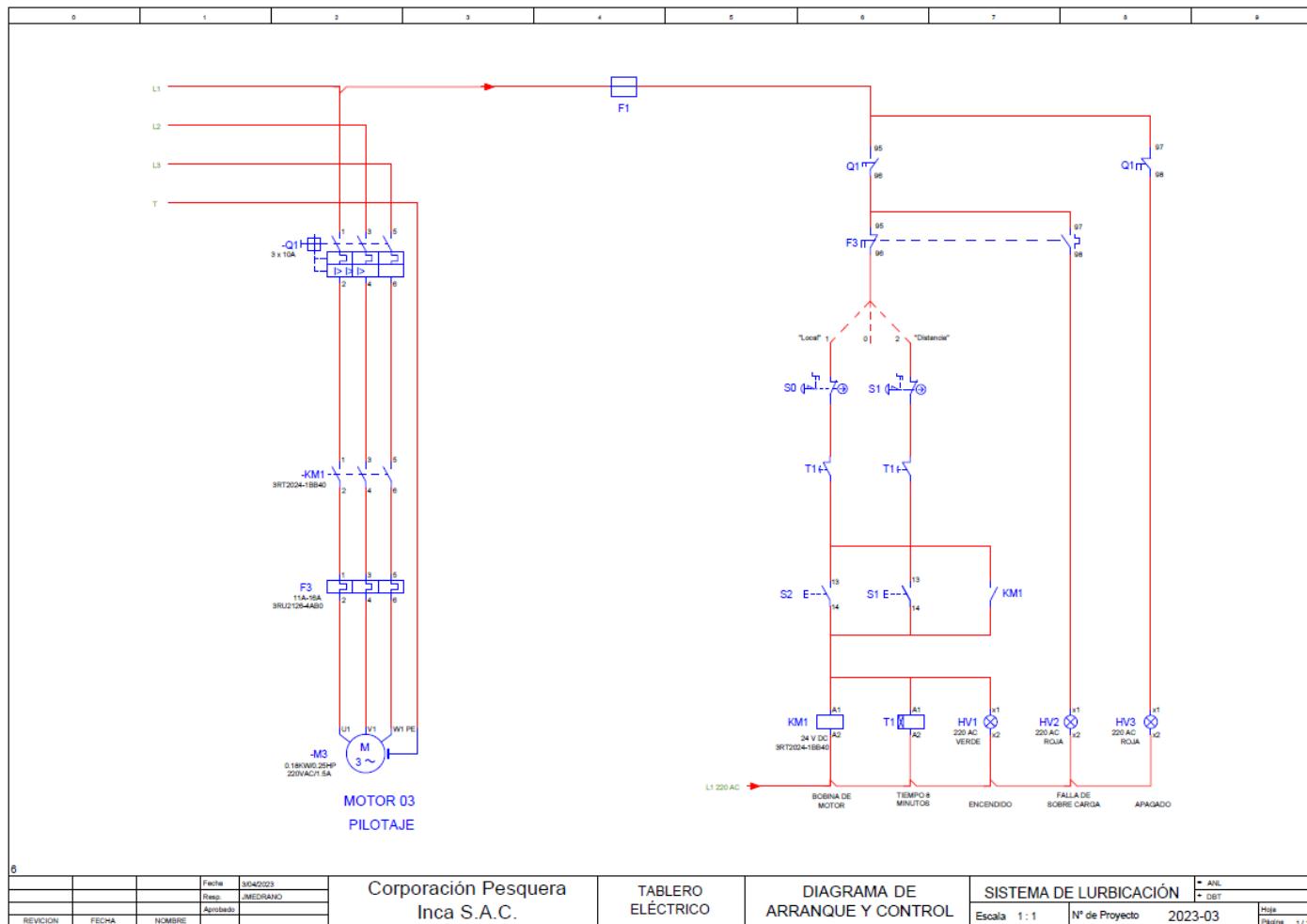
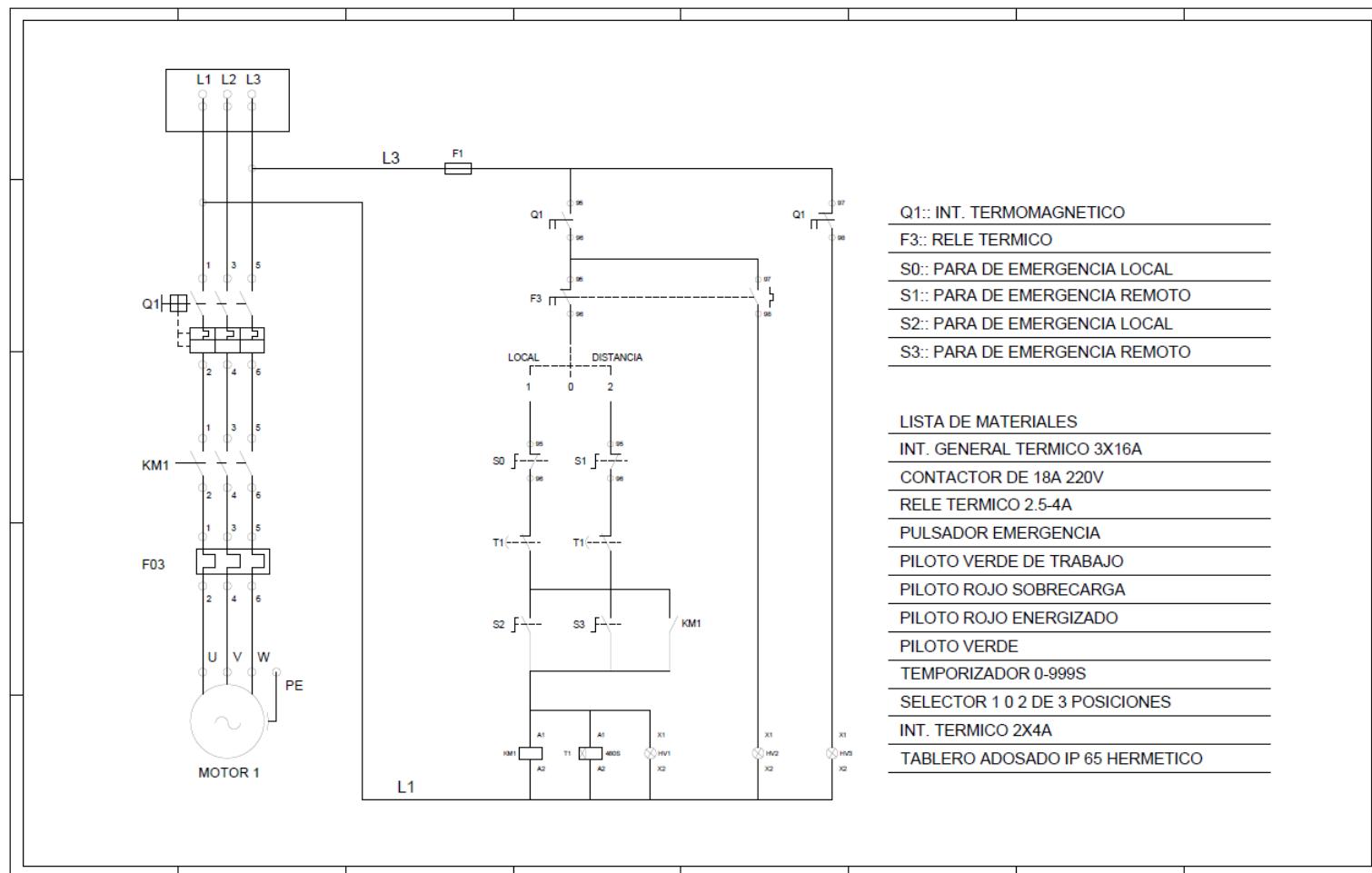


Figura 37: Diagrama de carga y protección eléctrica



CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de desarrollar la propuesta del sistema de engrase automático centralizado para el ordenador de red de la embarcación RIBAR IX dedicado a la extracción de recursos marinos, en especial la anchoveta, se presenta los resultados obtenidos en relación a los objetivos planteados.

4.1 Cálculo fluido dinámico del sistema de engrase

El desarrollo se centra en el comportamiento de la grasa como caso particular tratándose de un fluido no newtoniano por el cual se debe conocer 2 parámetros particulares que son el índice de consistencia y el índice de comportamiento obtenidos de estudio reológico en su artículo publicado por Chiute, Lafarge y otros [11]; con esta información se pudo determinar las pérdidas de energía por conducción que es un factor fundamental para el cálculo de la potencia de la bomba,

El cálculo fluido dinámico determinó lo siguiente:

Flujo volumétrico: 0,5 cm³/s para cada punto de engrase.

Velocidad: 0.75 cm/s por cada línea de flujo.

Presión total requerida: 23.54 bar

Potencia requerida: 1.76 Watts

Volumen de grasa requerida: 7.7 Lt (máximo 4 calas)

Tiempo de engrase máximo: 2.6 minutos.

La tabla completa del cálculo fluidodinámico se muestra en el anexo 3.

4.2 Equipos y componentes del sistema de engrase

Para la selección de equipos y componentes se contó con el asesoramiento del personal calificado de la empresa SKF debido a que es una compañía que tiene un vínculo comercial con COPEINCA a través de los trabajos de mantenimiento correctivo y con la venta de rodamientos, bujes, pines, etc.

De acuerdo a los cálculos obtenidos del análisis fluido dinámico se selecciona la bomba de pistón FB-XL SKF - sistema de lubricación multilínea de hasta 14 líneas de engrase, la forma de instalación recomendada por el fabricante se muestra en la figura 38; de ella se ha considerado que el tanque se coloque en la parte inferior, esta distribución se muestra en la figura 34, en la figura 39 se muestra el esquema de la bomba de lubricación de FB-XL, en ella se puede observar incluso el tanque de almacenamiento de la grasa para un máximo de 4 calas por faena, el volumen estableciendo del contenedor es 15 Lt.

Figura 38: Sistema de engrase FB-XL - SKF [21]



Para una correcta distribución de la grasa se ha considerado también agrupar y regular los puntos de acuerdo a la distancia y la ubicación de la bomba, para ello se utiliza cabezales de la serie small. en la figura 40 se muestra este tipo de cabezal.

Figura 39: Instalación recomendada por SKF [21]

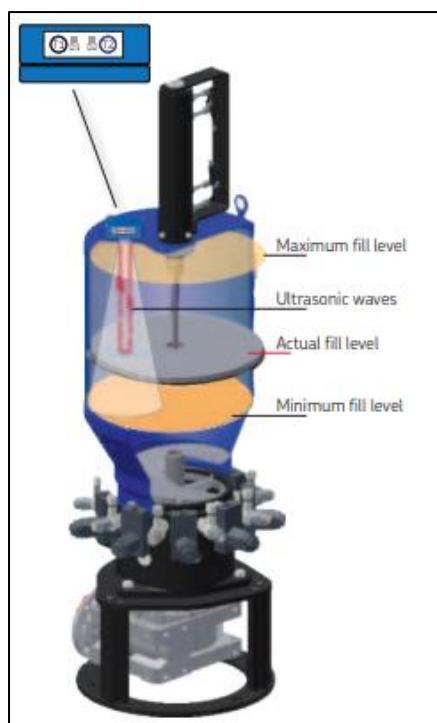
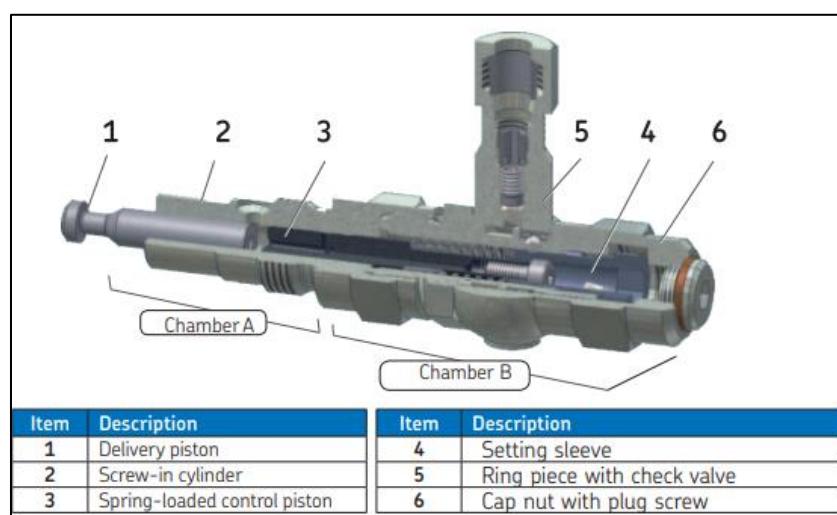


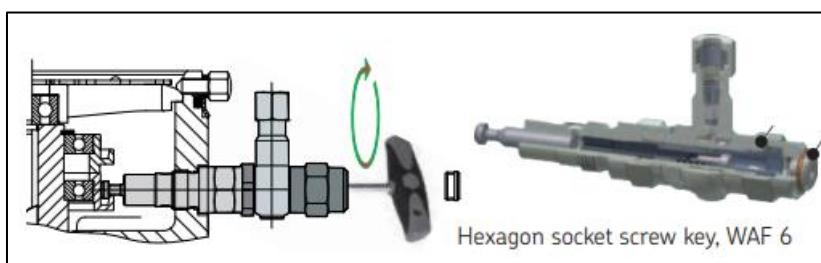
Figura 40: Cabezal de distribución small-series – SKF [21]



El cabezal seleccionado tiene un regulador de presión mecánico y será acondicionado de acuerdo al cálculo fluido dinámico mostrado en el anexo 3 debido a que cada punto de engrase está afecto a diferentes presiones.

En la figura 41 se muestra la forma de cómo conectar los cabezales y además la forma de regular la presión de salida de cada cabezal. El detalle en específico se muestra en el anexo 5.

Figura 41: Instalación y ajuste de los cabezales de distribución



Para las líneas de distribución se ha considerado utilizar tubería de acero inoxidable A-53 SCH-40 debido a sus propiedades anticorrosivas debido a las condiciones de trabajo en altamar, ambiente muy húmedo y salitroso. Las propiedades químicas de la tubería de acero A-53 se muestran en la tabla 19.

Tabla 19: Propiedades químicas de acero A-53

Standard and Grade	Chemical Composition (%)									
	C	Mn	P	S	Si	Cr	Cu	Ni	Mo	V
ASTM A106 Grade B	0.30 Mx.	0.29-1.06	0.035 Mx.	0.035 Mx.	0.10 Min.	0.40 Mx.	0.40 Mx.	0.40 Mx.	0.15 Mx.	0.08 Mx.
ASTM A53 Grade B	0.30 Mx.	1.2 Mx.	0.050 Mx.	0.045 Mx.	-	0.40 Mx.	0.40 Mx.	0.40 Mx.	0.15 Mx.	0.08 Mx.
API 5L Grade B PSL1	0.28 Mx.	1.2 Mx.	0.030 Mx.	0.030 Mx.	-	-	-	-	-	-

Las aleaciones como níquel, cromo, silicio, vanadio y molibdeno mejoran la resistencia, ductibilidad, soldabilidad y resistencia a la corrosión. Para la conexión cerca de los puntos

de engrase en el cual está expuesto a movimientos, se utilizan mangueras hidráulicas 100R1 de $\frac{1}{4}$ de diámetro de acuerdo a la norma técnica NPT (cónico).

La pernería y elementos de soldadura están determinados por SKF que de acuerdo a las condiciones de trabajo utilizan pernos de grado 9 de baja dureza y alta flexión pero recubiertos de Zinc para evitar las corrosiones, El soldeo se realiza con electrodo overcod y cellocord con arco eléctrico.

Los componentes eléctricos igualmente de acuerdo a las recomendaciones del proveedor deben contar con elementos de control y protección de carga, estos elementos definidos para la instalación del sistema de engrase se muestran en la tabla 20.

Tabla 20: Elementos del sistema eléctrico

LISTA DE MATERIALES
INT. GENERAL TÉRMICO 3X16A
CONTACTOR KM1 DE 18A 220V
RELÉ TÉRMICO DE PROTECCIÓN 2.5-4A
PULSADOR DE EMERGENCIA 220V
PILOTO VERDE DE TRABAJO
PILOTO ROJO SOBRECARGA
PILOTO ROJO ENERGIZADO
PILOTO VERDE
RELÉ TEMPORIZADOR DE 0-999S DE TRABAJO
SELECTOR 1 O 2 DE 3 POSICIONES
INT. TÉRMICO DE CONTROL DE CIRCUITO 2 X 4A
TABLERO ADOSADO IP 65 HERMÉTICO 50 X 40 X 20 CM

4.3 Desarrollo de planos de distribución e instalación del sistema de engrase

Se ha logrado confeccionar los planos para su instalación en la embarcación en función a los 14 puntos de engrase.

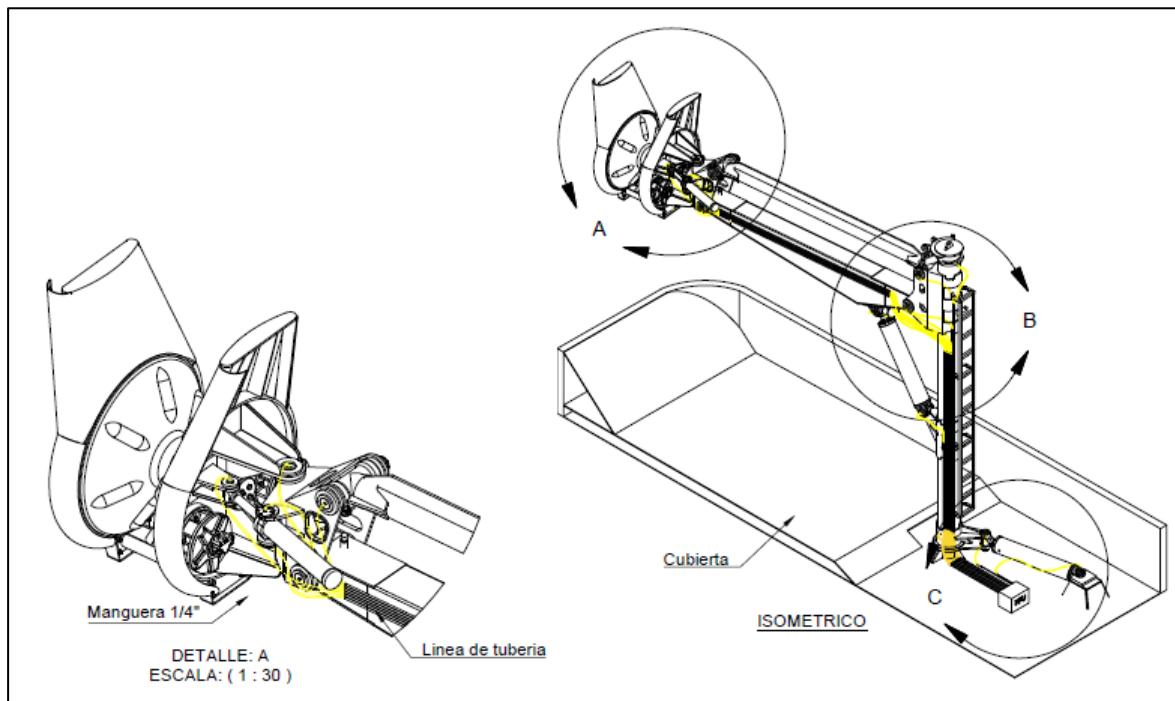
Los planos desarrollados son:

- Planos de ubicación de los puntos de engase y volumen requerido.
- Planos de distribución de las líneas de conducción de la grasa

- Planos de conexión de mangas hidráulicas.
- Planos de instalaciones eléctricas de fuerza y potencia
- Diagrama de arranque y control

Un punto por resaltar es la forma de conexión de las mangas hidráulicas debido a que estos puntos son móviles y las líneas de acero no son flexibles, el detalle se muestra en la figura 42. Los planos mencionados se encuentran en el anexo 4.

Figura 42: Detalle de conexión de las mangas hidráulicas



4.4 Discusión de resultados en comparación con otros autores

Luego de terminar con el diseño del sistema de engrase centralizado para el ordenador de red, se puede coincidir con J. Gil con respecto a la reducción de las averías por efectos de una deficiencia de lubricación, si bien propone la implementación de un sistema de gestión, diferente a lo presentado en esta investigación, se orienta a la prevención de desgaste

debido a la fricción de las máquinas de la empresa Mondelez, J. García también coincide con la propuesta de prevención debido a que una correcta distribución de lubricantes.

El sistema de engrase concuerda con la propuesta de M.Solís [4], en cuanto a la idea de mejorar la disponibilidad operativa del ordenador de red porque en ambos casos se presentan paradas de operación por un desgaste prematuro de los pines y bocinas en las articulaciones de las maquinarias en estudio.

Cabe resaltar el aporte de V. Zapata [7], en el campo del desarrollo fluido dinámico de su tesis orientado a su propuesta de un sistema de lubricación centralizado para los compresores de propano, el presente estudio contempla también el estudio fluidodinámico a fin de determinar la potencia de la bomba adecuado para una correcta distribución de grasa. A diferencia de F. Luna [8], en su estudio propone la implementación de un sistema de lubricación de pines y bocinas a través de indicadores de mantenibilidad y concluye con recomendar la instalación de un sistema de lubricación a través de un proveedor sin desarrollar el cálculo fluido dinámico pero resalta la importancia de la implementación por las constantes paradas y los mantenimientos no programados.

Un artículo muy importante para la presente tesis es el estudio reológico de la bio-grasa realizado por Chiute, Lafarge y otros [11], para determinar el índice de comportamiento y el índice consistencia, porque estos valores son importantes para determinar el número de Reynolds general debido a que el material en estudio es un fluido no Newtoniano y no se puede aplicar la fórmula reducida, siendo estos valores únicos para cada fluido, sin estos datos hubiera sido imposible concluir con el estudio fluido dinámico.

Estudios como J. Ramírez [9], C. Bielsa [12], S. Castro [13] y F. Konffe [15], afirman la importancia de la implementación de un sistema de lubricación a fin de mejorar la disponibilidad de los equipos pero que indirectamente también van a la conservación de los activos y a prevenir el desgaste prematuro de los componentes que ocasionan sobrecostos e incumplimiento de tareas programadas, igualmente, esta investigación

también está en la misma línea de prevenir el desgaste de los componentes de los pinos y bocinas del ordenador de red.

4.5 Puesta en servicio del sistema

El sistema de engrase automático centralizado se pone en servicio de la siguiente manera:

Paso N°1: El operario energiza el tablero eléctrico.

Paso N°2: Se selecciona el modo de operación, local o remoto mediante un selector de 3 posiciones 1 0 2.

Paso N°3: Se presiona el pulsador de arranque del motor.

Paso N°4: Se presiona el pulsador de arranque del motor y el sistema entra en servicio de tal manera que mediante una leva excéntrica que se encuentra internamente en la bomba y según la velocidad del motor, la grasa empieza a salir por los elementos de bombeo. Que previamente se encuentran regulados a una determinada presión y caudal.

Mediante la regulación de los elementos. se puede determinar el tiempo que se requiere para realizar el engrase en cada punto

De tal manera que en 6 minutos según el cálculo fluido dinámico se puede realizar el engrase en paralelo de los 14 puntos, empezando el desplazamiento volumétrico de la grasa por las secciones internas de las por las tuberías, desde el punto más cercano G1, hasta el punto más lejano G14.

Una vez que hayan transcurridos los 6 minutos un temporizador que se encuentra seteado en el tablero eléctrico, cortará la energía eléctrica de la bomba, la cual queda en stand by, hasta la próxima faena de cala

CONCLUSIONES

Como conclusión se puede mencionar que se ha logrado desarrollar la propuesta para la implementación de un sistema de engrase automático centralizado para el ordenador de red para la embarcación RIBAR IX dedicado a la extracción de anchovetas de la empresa COPEINCA S.A.C. con la finalidad de reducir los mantenimientos no programados que afectan económicamente por el costo de reparación de pines y bocinas que no llegan a alcanzar su vida útil, estos gastos se estima en \$ 1243050,61 (dólares americanos) para el periodo comprendido entre los años 2016-2012, además, las paradas por reparación afectan la disponibilidad de la embarcación dejando de extraer peces y afectando su producción. De acuerdo a los objetivos planteados se concluye:

- Se ha desarrollado el cálculo fluido dinámico estableciendo un caudal de abastecimiento de $0.5 \text{ cm}^3/\text{s}$, presiones variadas de acuerdo a los puntos de engrase que van desde 0.5 bar hasta 2.9 bar, Una potencia máxima de la bomba en 21,98 watt., un volumen máximo de engrase de 7.7 lt de grase para 4 calas y un tiempo máximo de engrase por cada accionamiento de 2.6 minutos.
- Se ha logrado determinar todos os elemento que forman parte del sistema de engrase como son: la bomba, elementos de distribución, el reservorio, las líneas de conducción, mangueras hidráulicas, tableros de control, elementos de protección, etc. por ejemplo: la bomba de pistón y accionamiento eléctrico FB-XL, elemento de distribución Small-

Series, tubería de acero inoxidable A-53 SCH-40, mangueras hidráulica $\frac{1}{4}$ " NPT M/M, tablero eléctrico de fuerza y control de 220V, 24DC, 3F, 60 Hz IP56, depósito de 15 Lt; el detalle de los otros componentes se muestran en la tabla 13 y 14.

- Se ha logrado confeccionar satisfactoriamente los planos para su instalación en la embarcación planos de instalaciones mecánica y eléctricas, estos planos al detalle se muestran en el anexo 4.
- Se ha logrado determinar el costo de implementación del sistema centralizado de engrase, el cual requiere de \$ 20840,85 (dólares americanos), el costo total está considera la parte mecánica o sistema de engrase que incluyen los equipos, componentes, consumibles y gastos de instalación por parte de la empresa distribuidora en el país de SKF y además lo que corresponde a la instalación del sistema eléctrico que consta igualmente de los componentes, tableros de control y consumibles, se incluye también el costo de instalación por parte de personal calificado y evaluado por SKF a fin de aplicar la garantía del producto.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a las recomendaciones del fabricante, personal técnico y a criterios personales (juicio de expertos) se recomienda:

- Realizar el seguimiento de lubricación a fin de verificar el correcto abastecimiento de grasa a los puntos articulables del ordenador de red.
- Verificar el exceso de grasa a fin de evaluar la variación de engase entre cala y cala. Por ejemplo se podría considerar el engrase cada 2 o 3 calas, esto debe estar sujeto a la verificación de componentes luego de la faena de pesca.
- Evaluar la implementación del sistema en las otras embarcaciones dedicadas a este tipo de actividad debido a que también reportan problemas de desgaste prematuro.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Egoávil Méndez, Artist, *Implementación de un programa de lubricación para aumentar la disponibilidad de los Scoops Caterpillar R1600G en la Compañía Minera Casapalca.* [Art]. Universidad Tecnológica del Perú, 2019.
- [2] J. P. Gil Padilla, Artist, *Implementación del Sistema de Gestión de Lubricación para Mejorar la Confiabilidad de las Máquinas en las Líneas de Producción de la Planta Mondelez Perú en el año 2017.* [Art]. Universidad Privada del Norte, 2017.
- [3] J. A. García Panduro, «Propuesta de mejora del sistema de despacho de lubricantes y equipos de bombeo en el taller Rompad en la unidad minera Constancia,» Huancayo, 2021.
- [4] M. Solís Cabello, «Implementación del sistema de engrase centralizado para incrementar la disponibilidad operativa del equipo Jumbo RB282-JRC Ingeniería y construcción S.A.C. 2018,» Pasco, 2018.
- [5] A. E. Gallo Salinas, «Diseño y armado de red de cerco para pesca industrial de atún en el Perú en una embarcación con sistema de doble halador,» Lima, 2019.

- [6] L. A. Sarasi Benites, «Determinación de indicadores de eficiencia para la flota industrial y su consumo óptimo de combustible en temporadas de consumo humano indirecto y directo utilizando información satelital,» Lima, 2022.
- [7] V. H. Zapata hidalgo, «Propuesta de diseño de un sistema de lubricación centralizado a los compresores de propano C-5100 y C-5110, para disminuir los mantenimientos correctivos en la planta de Gas Pariñas de Graña y Montero S.A, Talara, 2018,» Piura, 2019.
- [8] F. A. Luna Torres, «Diseño de sistema de lubricación de pinos y bocinas de padlock de cucharón de palas eléctricas CAT modelo 7495 HR2,» Arequipa, 2017.
- [9] J. F. Ramírez Hernández, Artist, *Plan de Lubricación para el Mantenimiento Mecánico para la Maquinaria Pesada Utilizada en Movimiento de Tierra, en la Industria de la Construcción para Topsa Construcciones S.A.* [Art]. Universidad de San Carlos, 2007.
- [10] D. Gómez Vélez, Artist, *Diseño y Montaje del Sistema de Instrumentación y Lubricación Automático de la Compactadora de Chatarra Harris Bsh 723.* [Art]. Universidad Autónoma de Occidente, 2007.
- [11] J. Chiute de assuncion Nascimento, F. Lafargue Pérez, C. Rodríguez Martínez, M. Diaz Velasquez y J. L. García Rodriguez, «Comportamiento reológico de una biograsa de aceite vegetal de Jatropha curcasL y jabón de litio,» SCIELO, vol. 33, nº 2, p. 6, agosto 2013.
- [12] C. Bielsa García, «Estudio del mantenimiento de los sistemas de lubricación de los motores principales de un buque Ro-Ro,» Barcelona, 2022.
- [13] S. Castro Castaño, «Implementación de un programa de lubricación en una empresa de refrigeración en el proceso de metales,» Pereira, 2018.
- [14] A. R. León del Castillo, «Lubricación en Fast Ferries, mantenimiento proactivo y análisis predictivos,» Santa cruz de Tenerife, 2017.

- [15] F. A. Konffe Gómez, «Diseño y planificación de mantenimiento preventivo de lubricación de la máquina flexo gráfica Bobst para la industria cartonera,» Guayaquil, 2020.
- [16] Montenegro Campos, Santiago, «Pesca industrial, definición y retos,» Santiago de Vigo, 2022.
- [17] R. Mirima Quispirima, «“Diseño de un sistema hidráulico de un equipo halador de red con capacidad de 9.5 tm para una embarcación pesquera,» Lma, 2021.
- [18] Interlub, «¿Qué es la reología y cómo se relaciona con los lubricantes industriales?,» Publicaciones Interlub, Jalisco, 2020.
- [19] Y. A. Cengel y J. M. Cimbala, «Mecánica de Fluidos - Fundamentos y Aplicaciones,» McGraw-Hill, Mexico, 2012.
- [20] J. M. Gordillo Arias, G. Roboux Acher y J. M. Fernandez García, «Introducción a la Mecánica de Fluidos,» Ediciones Paraninfo S.A., Madrid, 2017.
- [21] SKF, «Sisntema de lubricación automática,» Svenska Kullagerfabriken, [En línea]. Available: <https://www.skf.com/pe/products/lubrication-management/automatic-lubrication-systems/single-line>. [Último acceso: 30 05 2023].
- [22] J. Serch, «Hidráulica facil,» 07 2017. [En línea]. Available: <https://www.hidraulicafacil.com/2017/07/perdida-de-carga-localizada-o-en.html>. [Último acceso: 06 2023].

ANEXO 1 - PROPIEDAD DEL ACERO ASTM A-53



Tubos ASTM A53 / ASTM A106 / API 5L Gr. B SCH STD / 40 / XS / 80 / 160

Tubo de acero negro sin costura, tri-norma A53 / ASTM A106 / API 5L grado B x 6 metros de largo.

Desde 1/4" a 11/2" en corte recto, y desde 2" a 24" con extremos biselados[®].

Esta tubería está destinada a aplicaciones mecánicas y de presión y también es aceptable para usos ordinarios en la conducción de vapor, agua, gas, y las líneas de aire. Este tipo de tubería es apta para ser soldada y roscada. La vida útil corresponde al uso en condiciones normales para lo que fue fabricada.

* Opcional extremos planos



TUBERÍA DE ACERO

Tolerancia Dimensional

Espesor mínimo	+12.5% del valor nominal
Peso	+/-10% del valor nominal
Diámetro	1/8" hasta 1 1/2": +/- 1/64"; 2" hasta 24": +/-1% del valor nominal

Propiedades Mecánicas									
Resistencia a la Tracción, min					60000 PSI (415 MPa)				
Fluencia, min					35000 PSI (240 MPa)				

Diámetro Nominal	Dimen. Exterior	STD				SCH-40				XS				SCH-80				SCH-160				
		Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso	
Pulg.	mm	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg
1/4	13.7	2.24	0.63	3.78	2.24	0.63	3.78	3.03	0.80	4.8	3.02	0.80	4.8	-	-	-	-	-	-	-	-	
3/8	17.1	2.31	0.84	5.04	2.31	0.84	5.04	3.20	1.10	6.6	3.20	1.10	6.6	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/2	21.3	2.77	1.27	7.62	2.77	1.27	7.62	3.73	1.62	9.72	3.73	1.62	9.72	4.78	1.95	11.7	-	-	-	-	-	
3/4	26.7	2.87	1.69	10.14	2.87	1.69	10.14	3.91	2.20	13.2	3.91	2.20	13.2	5.56	2.90	17.4	-	-	-	-	-	
1	33.4	3.38	2.50	15	3.38	2.50	15	4.55	3.24	19.44	4.55	3.24	19.44	6.35	4.24	25.44	-	-	-	-	-	
1 1/4	42.2	3.56	3.39	20.34	3.56	3.39	20.34	4.85	4.47	26.82	4.85	4.47	26.82	6.35	5.61	33.66	-	-	-	-	-	
1 1/2	48.3	3.68	4.05	24.3	3.68	4.05	24.3	5.08	5.41	32.46	5.08	5.41	32.46	7.14	7.25	43.5	-	-	-	-	-	
2	60.3	3.91	5.44	32.64	3.91	5.44	32.64	5.54	7.48	44.88	5.54	7.48	44.88	8.74	11.11	66.66	-	-	-	-	-	
2 1/2	73.0	5.16	8.63	51.78	5.16	8.63	51.78	7.01	11.41	68.46	7.01	11.41	68.46	9.53	14.92	89.52	-	-	-	-	-	
3	88.9	5.49	11.29	67.74	5.49	11.29	67.74	7.62	15.27	91.62	7.62	15.27	91.62	11.13	21.35	128.1	-	-	-	-	-	
4	114.3	6.02	16.07	96.42	6.02	16.07	96.42	8.56	22.32	133.92	8.56	22.32	133.92	13.49	33.54	201.24	-	-	-	-	-	
5	141.3	6.55	21.77	130.62	6.55	21.77	130.62	9.53	30.97	185.82	9.53	30.97	185.82	15.88	49.12	294.72	-	-	-	-	-	
6	168.3	7.11	28.26	169.56	7.11	28.26	169.56	10.97	42.56	255.36	10.97	42.56	255.36	18.26	67.57	405.42	-	-	-	-	-	
8	219.1	8.18	42.55	255.3	8.18	42.55	255.3	12.70	64.64	387.84	12.70	64.64	387.84	23.01	111.27	667.62	-	-	-	-	-	
10	273.0	9.27	60.29	361.74	9.27	60.29	361.74	12.70	81.55	489.3	15.09	95.98	575.88	28.58	177.27	1033.62	-	-	-	-	-	
12	323.8	9.53	73.88	443.28	10.31	79.71	478.26	12.70	97.46	584.76	17.48	132.05	792.3	33.32	238.69	1432.14	-	-	-	-	-	
14	355.6	9.53	81.33	487.98	11.13	94.55	567.3	12.70	107.39	644.34	19.05	158.11	948.66	35.71	281.72	1690.32	-	-	-	-	-	
16	406.4	9.53	93.27	559.62	12.70	123.31	739.86	12.70	123.30	739.8	21.44	203.54	1221.24	40.49	365.38	2192.28	-	-	-	-	-	
18	457	9.53	105.16	630.98	14.27	155.81	934.86	12.70	139.15	834.9	23.83	254.57	1527.42	45.24	450.39	2758.34	-	-	-	-	-	
20	508	9.53	117.15	702.9	15.09	183.43	1100.58	12.70	155.12	930.72	26.19	311.19	1867.14	50.01	564.85	3389.1	-	-	-	-	-	
22	559	9.53	129.13	774.78	-	-	-	12.70	171.09	1026.54	28.58	373.85	2243.1	53.98	672.30	4033.8	-	-	-	-	-	
24	610	9.53	141.12	846.72	17.48	255.43	1532.58	12.70	187.06	1022.36	30.96	442.11	2652.66	59.54	808.27	4849.62	-	-	-	-	-	

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

ANEXO 2 - COTIZACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN



Minería, Naval e Industrial

Callao, 23 de marzo del 2023

COTIZACION

RUC 20607496103

HYD00049-23

Señores:

CORPORACIÓN PESQUERA INCA S.A.C.

Presente:-

Atención: Ing. Justo Mechato Timana - Planificador de Mantenimiento

Referencia: SISTEMA DE ENGRASE AUTOMATIZADO PARA UN ORDENADOR DE RED NS-42

De nuestra especial consideración:

Les saludamos muy cordialmente y a la vez hacemos llegar la presente cotización de la referencia:

IT	DESCRIPCION	VALOR VENTA		
		PV UNIT (US\$)	SUB TOTAL (US\$)	TOTAL (US\$)
1.00	SISTEMA DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADO PARA ORDENADOR DE RED NS-42			17,661.75
	Antecedentes:			
	<ul style="list-style-type: none"> - El cliente solicita la instalación de un sistema de lubricación automatizado, a fin de poder lubricar los puntos de articulación del equipos Ordenador de Red NS-IT42 (pine de anclaje en los brazos de la grúa), la cual sirve para poder ordenar la red en la cubierta de popa de la embarcación. - El sistema de lubricación deberá funcionar de forma automatizada, a fin poder lubricar todo los puntos de articulación y trasmisión mecánica del equipo Ordenador de Red. - Los componentes y materiales deberan ser de buena calidad, con una protección contra la humedad y situaciones climatologicas de mar abierto. 			
	Desarrollo:			
	<ul style="list-style-type: none"> - Instalación de la Unidad de Lubricación Automática, fabricación y soldeo de una base soportaría en el guarda calor (chimenea). - Armado e instalación de 14 tramos de tuberías hidráulicas de Ø1/4", desde la unidad de lubricación automática (ubicado en guarda calor), hasta los diferentes puntos de articulación del Ordenador de Red (pine y transmisión mecánica del cabezal); fabricación y soldeo de soportaría para las abrazaderas. - Prueba de hermetización de los 14 tramos de tuberías a 250 PSI, y pruebas de flushing piping a los 14 tramos de tuberías hidráulicas. - Interconexión entre las tuberías hidráulicas y los pines de articulación con mangueras flexibles, en los 14 puntos de articulación (cilindros hidráulicos, brazos articulables y mástil). - Instalación de tablero eléctrico de fuerza y control (entrada de sala de maquinas aprox.), y conexionamiento de cables eléctricos desde el tablero principal del barco hacia en tablero del equipo. - Prueba de operación del sistema, calibración y regulación de parámetros trabajo. - Prueba de operación del equipo con la tripulación de la nave. - Capacitación técnica operativa, entrega de manuales de operación y certificados de los equipos y/o componentes. 			
	MANO DE OBRA CALIFICADA Y HERRAMIENTAS			
	Mano de obra por 15 días (05 técnicos)	4,841.57	4,841.57	
	Suministro de maquinas y herramientas	3,475.10	3,475.10	
	MATERIALES Y/O CONSUMIBLES			
1.00	BOMBA DE PISTON RA...U SKF - SISTEMA DE LUBRICACIÓN MULTILÍNEA	2,811.11	2,811.11	
1.00	TABLERO ELECTRICO DE FUERZA Y CONTROL 220V, 24DC, 3F, 60Hz, IP56	2,163.33	2,163.33	
1.00	TANQUE DEPOSITO 15 LTS - SKF	1,086.67	1,086.67	
1.00	CABLE DE FUERZA WG 1 X 2.5 x 15 MT	762.22	762.22	
1.00	PASAMUROS, BORDENARAS, TERMINALES Y MARCA CABLES	193.33	193.33	
12.00	TUBO ACERO SCH40 S/C A-53/A-106/API 5L GR-B x 6.0 MT	9.11	109.33	
32.00	COPLA MIXTA ACERO x 3000 LBS. A-105 Ø1/4"	0.88	28.09	

IT	DESCRIPCION	VALOR VENTA		
		PV UNIT (US\$)	SUB TOTAL (US\$)	TOTAL (US\$)
32.00	CODO SW ACERO 90° x 3000 LBS. A-105 Ø1/4"	0.97	30.93	
24.00	COPLA SW ACERO x 3000 LBS. A-105 Ø1/4"	0.77	18.40	
8.00	ABRAZADERA PLASTICK HOSE CLAMPS	88.18	689.42	
8.00	CINTA ANTICORROSIVA PCS PETRO COATING SYSTEMS (PETROWRAP) 2" x 10.0 MT	23.33	186.67	
2.00	MANGUERA HIDRAULICA 100R1 Ø1/4" x 1.50 MT LOG. NPT NPT M/M	8.19	16.38	
18.00	MANGUERA HIDRAULICA 100R1 Ø1/4" x 1.00 MT LOG. NPT NPT M/M	6.58	118.40	
3.00	MANGUERA HIDRAULICA 100R1 Ø1/4" x 0.80 MT LOG. NPT NPT M/M	5.93	17.80	
14.00	MANGUERA HIDRAULICA 100R1 Ø1/4" x 1.20 MT LOG. NPT NPT M/M	5.24	73.42	
32.00	ADAPTADOR RECTO Ø1/4" NPT NPS /H	1.83	58.67	
16.00	CODO ADAPTADOR Ø1/4" NPT x 90° x 1/4" NPT NPS M/H	20.78	332.44	
25.00	SOLDADURA OVERCOD 6013 Ø3/32"	8.10	202.50	
20.00	SOLDADURA CELLOCORD 6011 Ø3/32"	7.48	149.11	
8.00	DISCO DESBASTE METAL 4.1/2" DW	1.72	13.78	
18.00	DISCO C.ACERO INOX 3M 4.1/2"	1.61	29.00	
1.00	ANGULO FR 1/4" X 2" X 6.0 MT	44.07	44.07	
1.00	CONSUMIBLES	210.00	210.00	
			Sub Total	17,661.75
			18% I.G.V.	3,179.11
			Venta Total	20,840.86

Observaciones:
Forma de pago: 50% adjudicado la OC, 50% termino de trabajo y pruebas finales.
Tiempo de ejecucion: 18 dias calendario despues de ser colocada la orden de compra
Garantia : 12 meses a partir de la fecha de entrega del trabajo y firma del acta de conformidad.
De acuerdo a las actividades planteadas en la propuesta economica.
Lugar: Los trabajos serán desarrollados en el Callao, en caso el trabajo se desarrolle en provincia o fuera del país, se cobrara un costo adicional de conceptos de viáticos y estadía.
No se considera el pago por concepto de uso de muelle o grua para el montaje y desmontaje del equipo
Sin otro particular, quedamos a la espera de su orden de trabajo y/o compra.

Alentamente,
Luis Avalos L.



ANEXO 3 - CÁLCULO FLUIDO DINÁMICO

Puntos de engrase	Long. Del ducto (mm)	caudal (m ³ /s)	Velocidad m/s	Reyndold General	f	hf (m)	hm (m)	ΔZ (m)	H _p	P _p (Pa)	P _p (bar)	Potencia (watts)
G1	2500	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	5,044	0,504	0	5,549	48988,0459	0,490	0,033
G2	2500	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	5,044	0,504	0	5,549	48988,0459	0,490	0,033
G3	2500	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	5,044	0,504	0	5,549	48988,0459	0,490	0,033
G4	5000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	10,088	1,009	1,98	13,077	115457,487	1,155	0,077
G5	5000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	12,106	1,211	3,24	16,556	146177,235	1,462	0,097
G6	6000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	12,106	1,211	3,87	17,186	151739,505	1,517	0,101
G7	6000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	13,115	1,311	4,52	18,946	167275,959	1,673	0,112
G8	6000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	14,124	1,412	5,01	20,546	181399,773	1,814	0,121
G9	9000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	18,159	1,816	3,87	23,845	210525,13	2,105	0,140
G10	9000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	18,159	1,816	5,42	25,395	224210,08	2,242	0,149
G11	9000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	18,159	1,816	4,29	24,265	214233,31	2,142	0,143
G12	9000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	18,159	1,816	4,29	24,265	214233,31	2,142	0,143
G13	13000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	26,229	2,623	3,95	32,802	289612,283	2,896	0,193
G14	13000	0,0000005	0,0074889	0,00983424	1626,96816	26,229	2,623	4,29	33,142	292614,143	2,926	0,195
									P _{total}	2354442,35	23,544	1,570

	Dimensiones	unidades
Diámetro interno	9,22	mm
Rugosidad	0,046	mm
Área transversal	66,7654412	mm ²
Caudal	0,5	cm ³ /s
Propiedad de la grasa		
Indice de consistencia = K	17,1	Pa·s
Indice de comportamiento = n	0,4	adimensional
Densidad	900	Kg/m ³

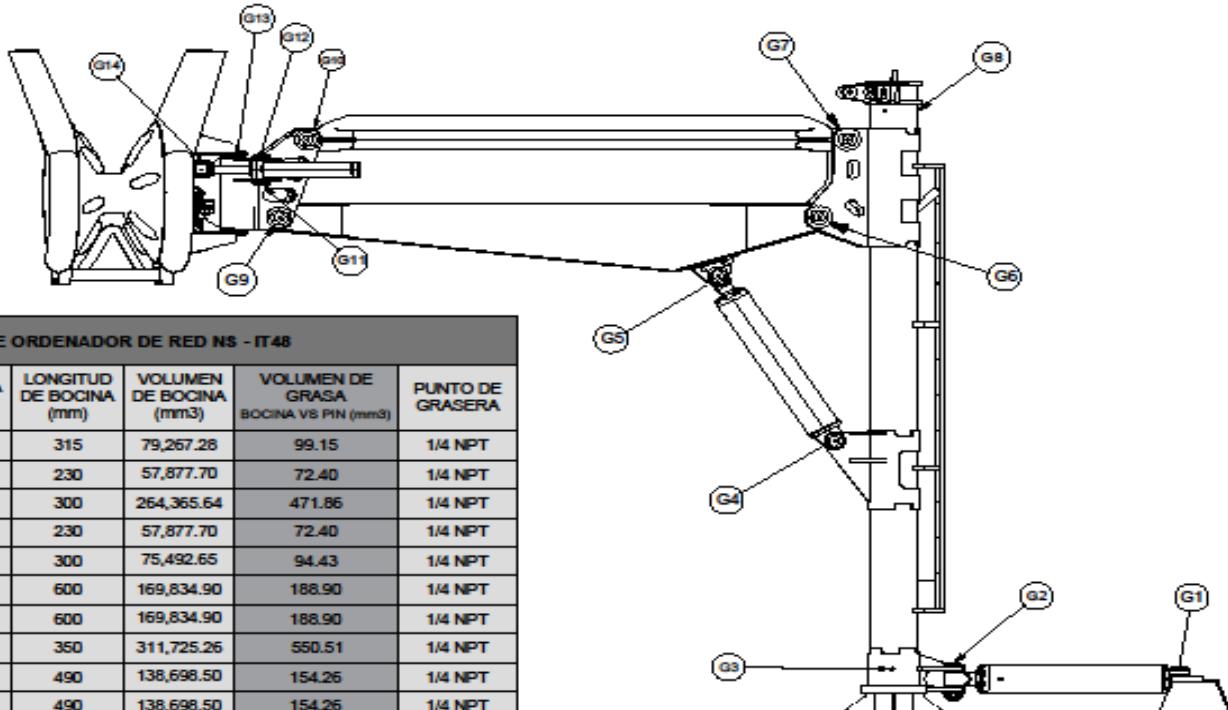
Al. Tot. (Hp)	266,671
Caudal total	0,000
Pot. (watts)	21,975

Calcium Sulfonate

Se trata de una grasa diseñada para su utilización en ambientes húmedos y altamente corrosivos, debido a su buen comportamiento frente a la corrosión [incluso con agua salada], total insolubilidad y repelencia al agua, extremada adherencia y capacidad de envolvimiento. Además, es muy apropiada para la lubricación de rodamientos de trenes de laminación en la industria siderúrgica y máquinas de papel en la parte húmeda y seca.

Producto	Base	Espesante	NLGI	Punto goteo	Temperatura de trabajo	Nivel de calidad
GRASA CALCIUM SULFONATE	Base mineral [220 cSt]	Sulfonato complejo de calcio	2	280 °C	-15 °C 140 °C	DIN 51825 KP 2N-10

ANEXO 4 - PLANOS



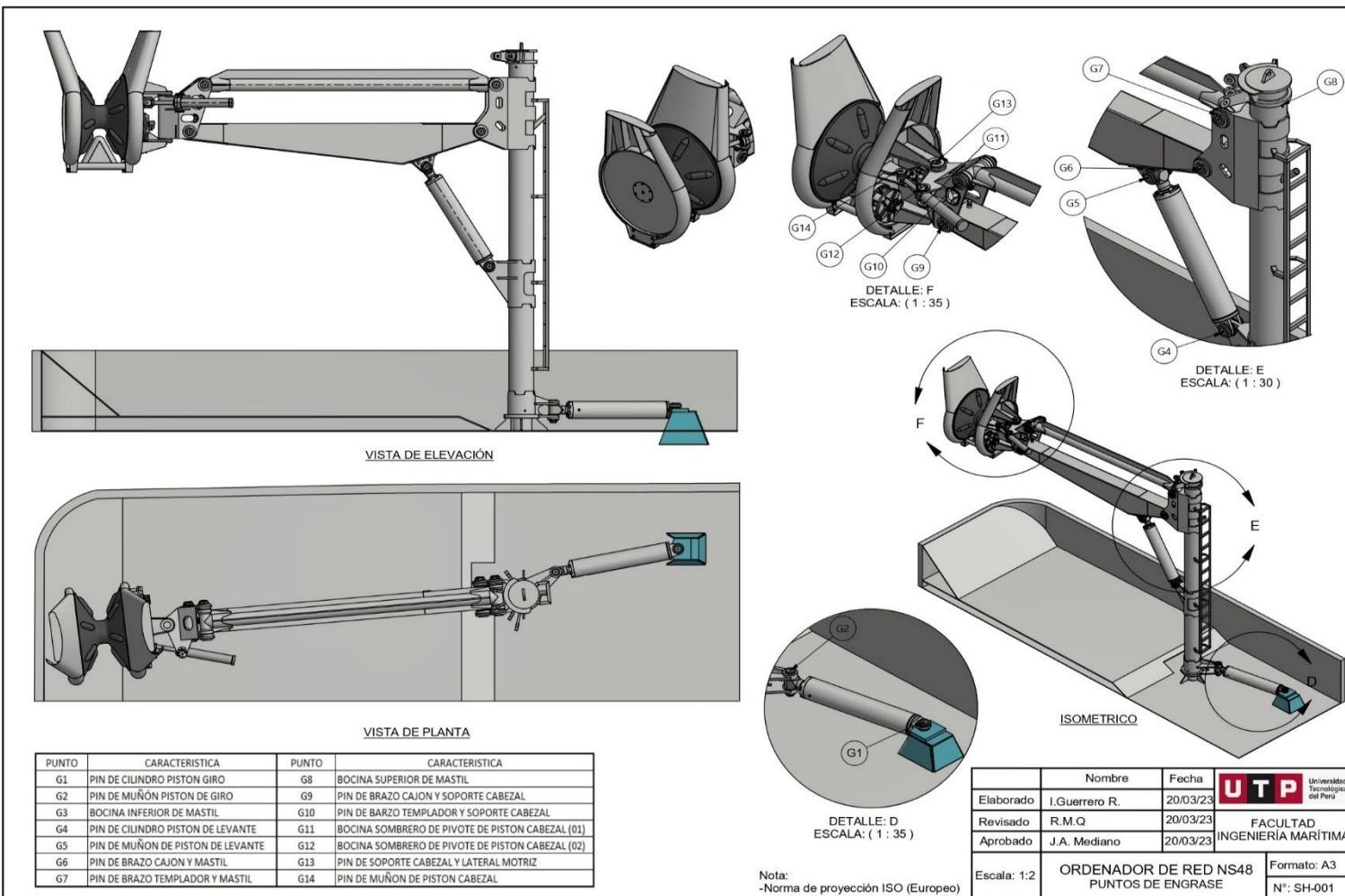
PINES DE ARTICULACIÓN DE ORDENADOR DE RED NS - IT48

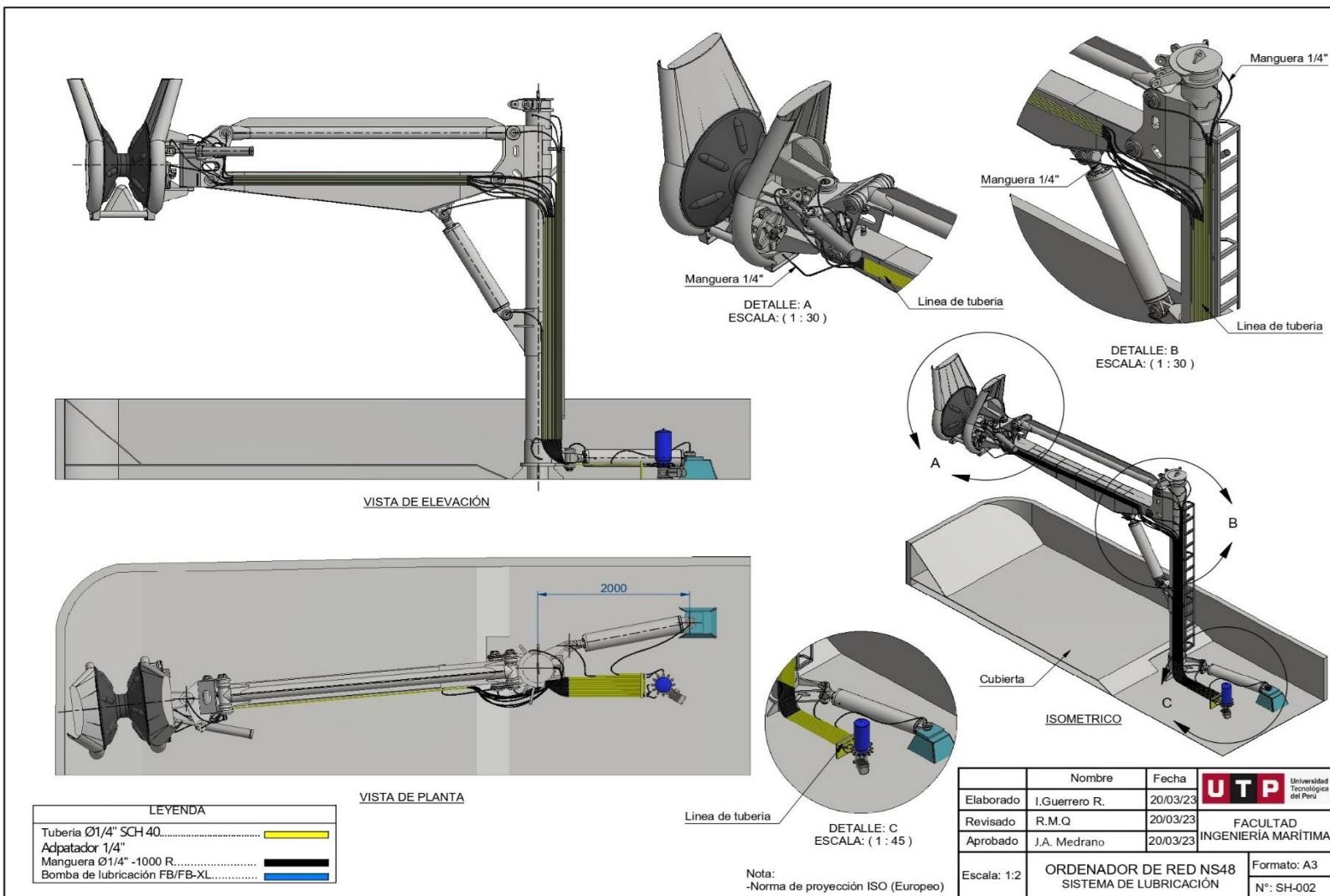
ITEM	ØE PIN (mm)	LONGITUD DEL PIN (mm)	VOLUMEN DEL PIN (mm ³)	ØI BOCINA (mm)	LONGITUD DE BOCINA (mm)	VOLUMEN DE BOCINA (mm ³)	VOLUMEN DE GRASA BOCINA VS PIN (mm ³)	PUNTO DE GRASERA
G1	80	315	79,168.13	80.10	315	79,267.28	99.15	1/4 NPT
G2	80	230	57,805.30	80.10	230	57,877.70	72.40	1/4 NPT
G3	280	300	263,893.78	280.50	300	264,365.64	471.86	1/4 NPT
G4	80	230	57,805.30	80.10	230	57,877.70	72.40	1/4 NPT
G5	80	300	75,398.22	80.10	300	75,492.65	94.43	1/4 NPT
G6	90	600	169,646.00	90.10	600	169,834.90	188.90	1/4 NPT
G7	90	600	169,646.00	90.10	600	169,834.90	188.90	1/4 NPT
G8	283	350	311,174.75	283.50	350	311,725.26	550.51	1/4 NPT
G9	90	490	138,544.24	90.10	490	138,698.50	154.26	1/4 NPT
G10	90	490	138,544.24	90.10	490	138,698.50	154.26	1/4 NPT
G11	25	35	2,748.89	25.10	35	2,759.90	11.01	1/4 NPT
G12	25	35	2,748.89	25.10	35	2,759.90	11.01	1/4 NPT
G13	90	810	229,022.10	90.10	810	229,277.11	255.01	1/4 NPT
G14	45	200	28,274.33	45.10	200	28,337.23	62.90	1/4 NPT

Nota:

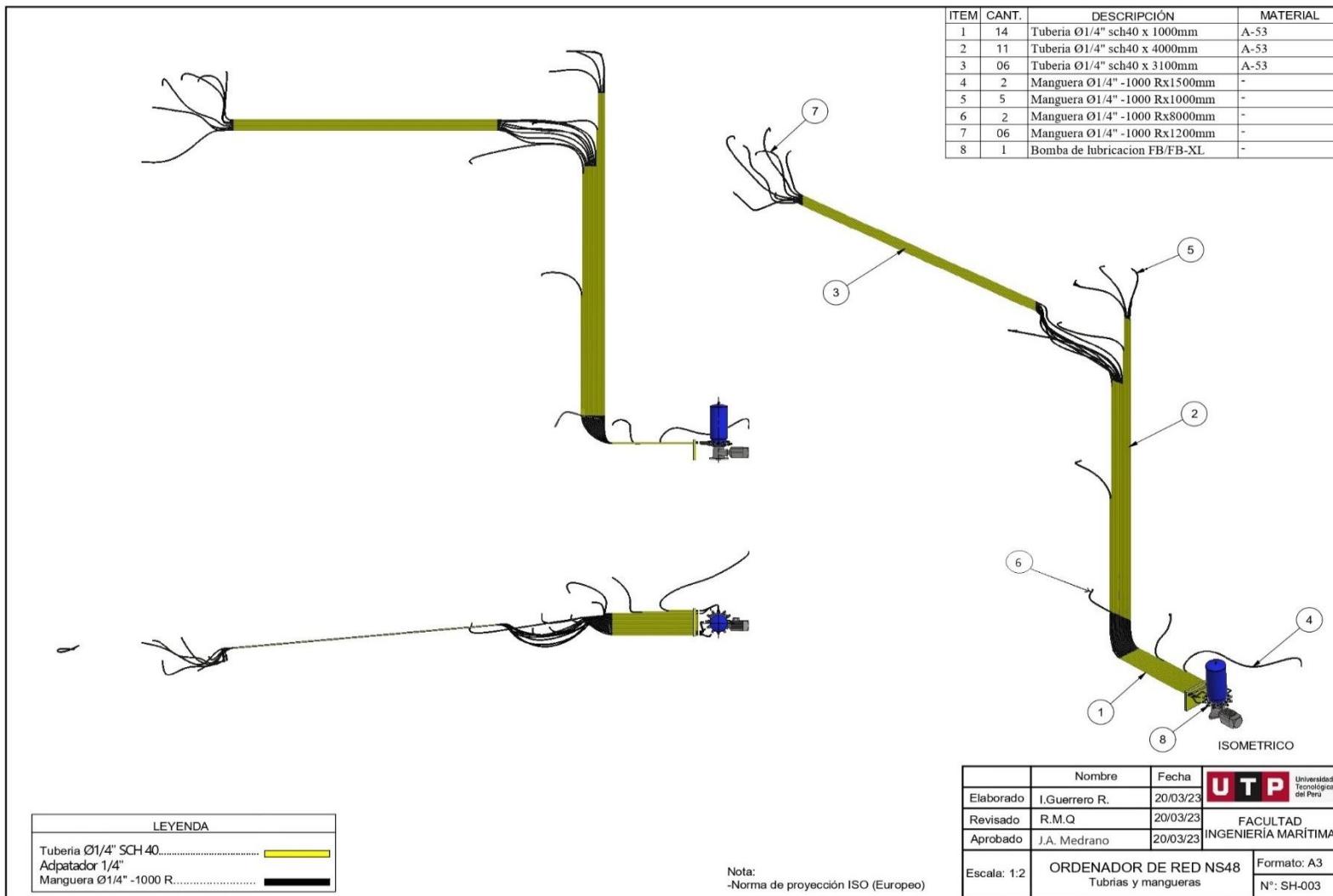
- Para los puntos de articulación G3 y G8, no se aplican pinos de sujeción; ya que al ser un mástil (poste), internamente se tiene un mástil fijo, la cual está anclada a la cubierta de la embarcación.
- Por otro lado de tiene un mástil móvil, la cual giro sobre propio mástil fijo, apoyados internamente sobre unas bocinas o camisas de bronce, las cuales trabajan como materiales de sacrificio, y que en conjunto con la grasa de lubricación, permiten la rotación de mástil.
- La tolerancia entre el pino de sujeción y la bocina o camisa de bronce, es de 0.10 décimas de luz.
- Para las bocinas de bronce del mástil fijo y el mástil móvil, la tolerancia de ajuste es de 0.50 décimas de luz, ya que al ser un componentes pesado, deberá permitir facilidad para el ensamblaje del equipo.

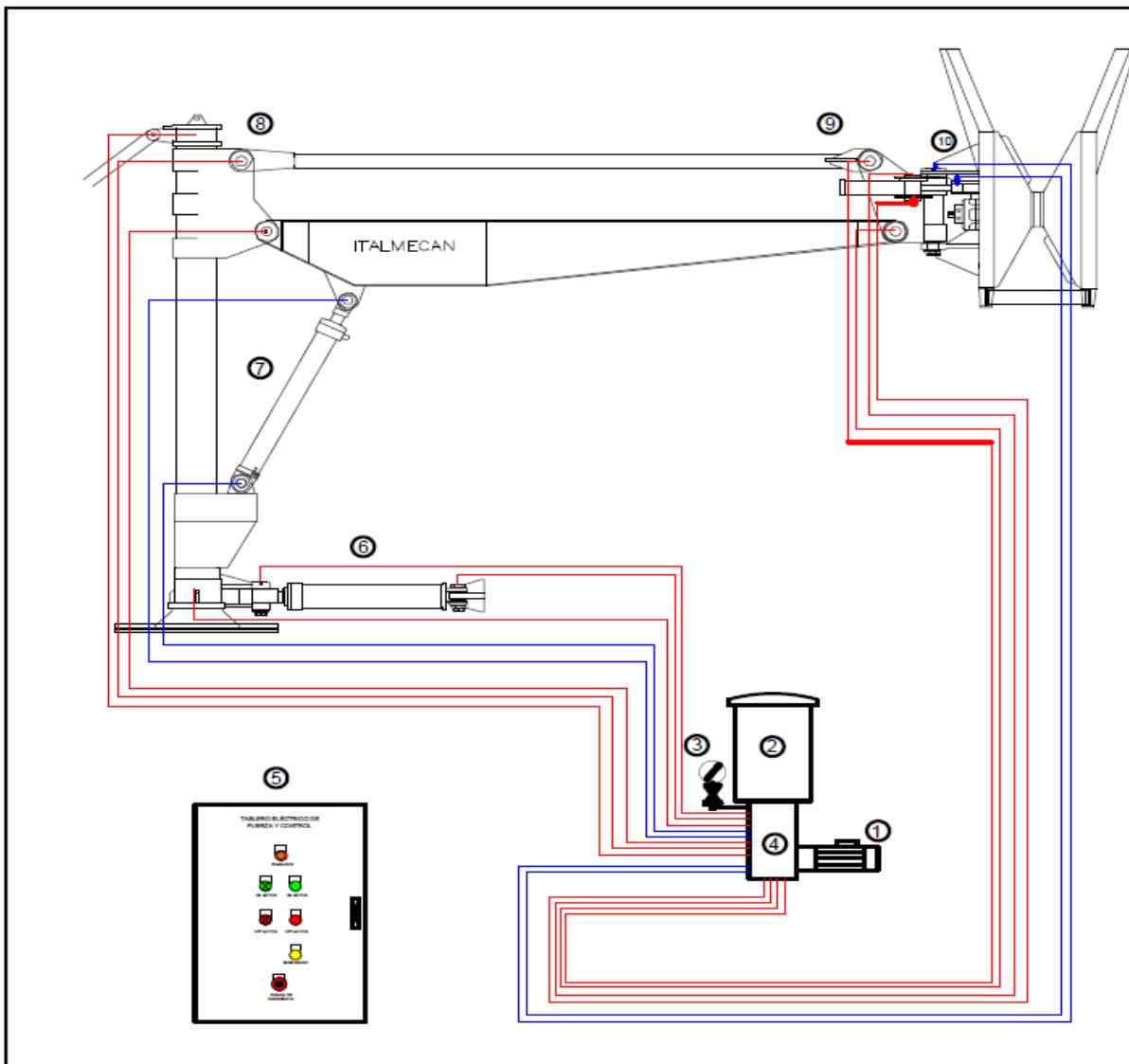
	Nombre	Fecha	UTP
Elaborado	J. Medina H.	20/03/23	Liceo Naval Tecnológico del Perú
Revisado	L. Avalos L.	20/03/23	FACULTAD
Aprobado	I. Guemero R.	20/03/23	INGENIERÍA MARÍTIMA
Escala: 1:2	ORDENADOR DE RED NS48 PUNTOS DE ENGRASE	Formato: A3	Nº: SH-001





	Nombre	Fecha	UTP
Elaborado	I.Guerrero R.	20/03/23	Universidad Tecnológica del Perú
Revisado	R.M.Q	20/03/23	FACULTAD INGENIERÍA MARÍTIMA
Aprobado	J.A. Medrano	20/03/23	
Escala: 1:2	ORDENADOR DE RED NS48 SISTEMA DE LUBRICACIÓN	Formato: A3	
		Nº: SH-002	



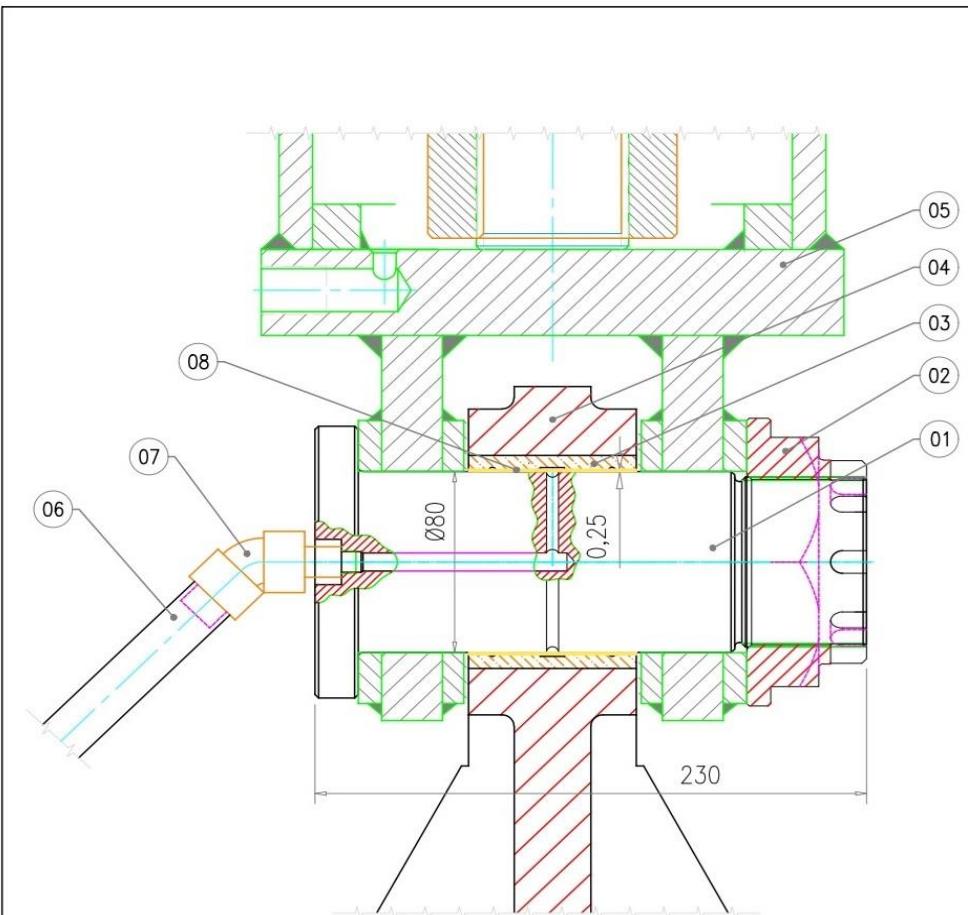


N*	Cat.	Descripción	Modelo	Marca
10	2	LÍNEA DE LUBRICACIÓN DE 2 PUNTOS	HYDROMECH	P1
9	4	LÍNEA DE LUBRICACIÓN DE 4 PUNTOS	HYDROMECH	P2
8	3	LÍNEA DE LUBRICACIÓN DE 3 PUNTOS	HYDROMECH	P3
7	2	LÍNEA DE LUBRICACIÓN DE 2 PUNTOS	HYDROMECH	P4
6	3	LÍNEA DE LUBRICACIÓN DE 3 PUNTOS	HYDROMECH	P5
5	1	TABLERO DE CENTRO DE CONTROL	GT-1240-GRAP H	SKF
4	1	DISTRIBUIDOR MÚLTIPLE	RA 1UA	SKF
3	1	MANÓMETRO VERTICAL	30 BAR	WINTERS
2	1	DEPOSITARIO DE GRASA	15 LT.	SKF
1	1	BOMBA DE LUBRICACIÓN	RA-B	SKF
N* Cat. Descripción Modelo Marca				

Nota:

- Se plante un Sistema de Engrase Automático Centralizado para un ordenador de red, para un barco de pesca de anchovetas.
- La bomba de lubricación multilinea, permitirá la lubricación de los diferentes puntos de articulación del equipo, para lo cual el trabajo será simultáneo para los 14 puntos de lubricación.
- La aplicación de grasa, será de acuerdo a una presión de trabajo, con un volumen de grasa y a un tiempo establecido, d acuerdo a los cálculos y ensayos establecidos.
- Le tablero centro de control eléctrico, se encarga de energizar y darle marcha al motor eléctrico, de igual forma se encarga de control los tiempos, y los ciclos de trabajo consecuentes.

DISPOSICIÓN GENERAL	
SISTEMA DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADO	
TIPO	DISPOSITIVO
TIPO DE SERVICIO	TIPO DE SERVICIO
ESPECIFICACIONES	ESPECIFICACIONES
DETALLE	DETALLE
DETALLE	DETALLE



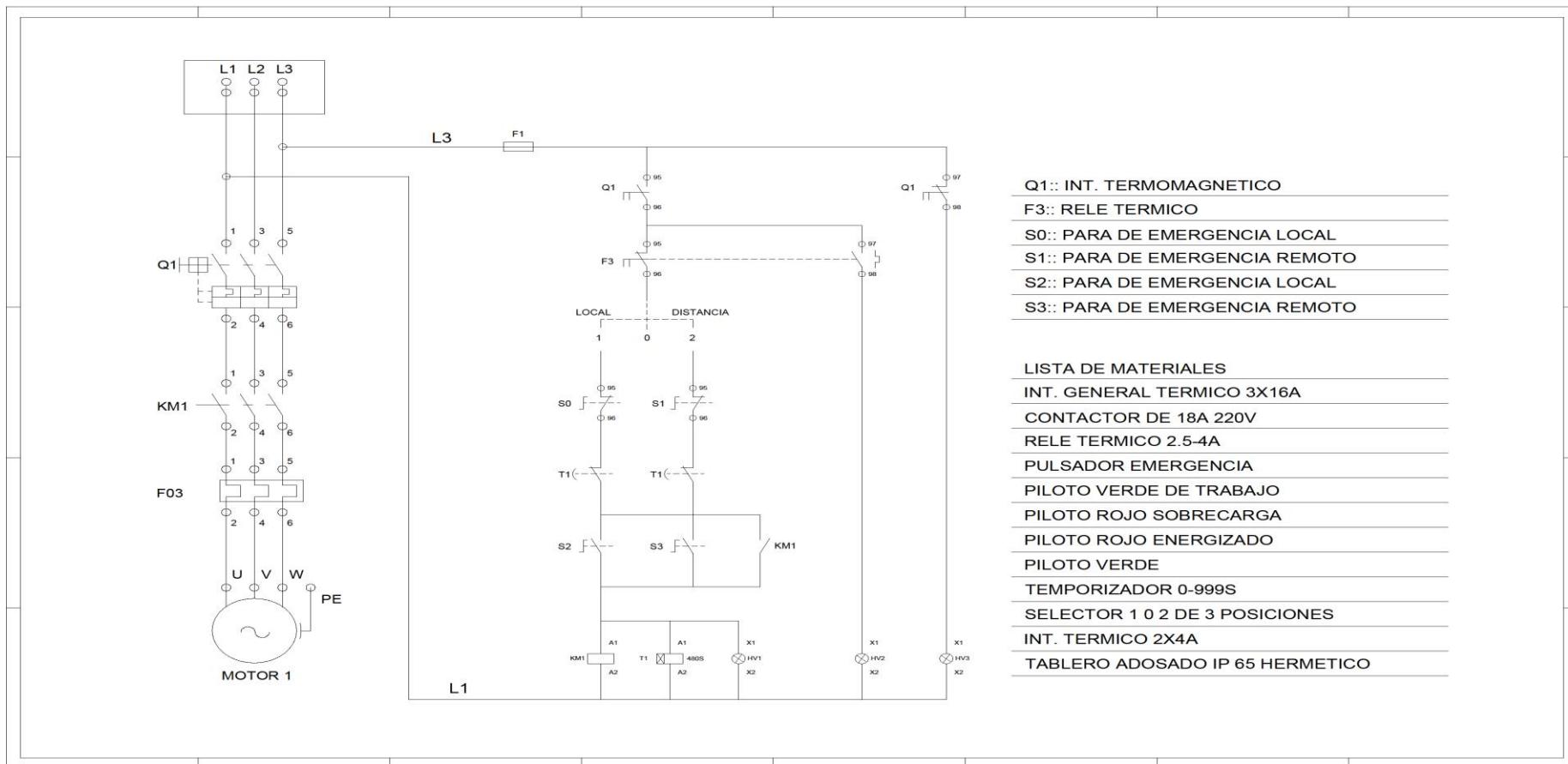
Nota:

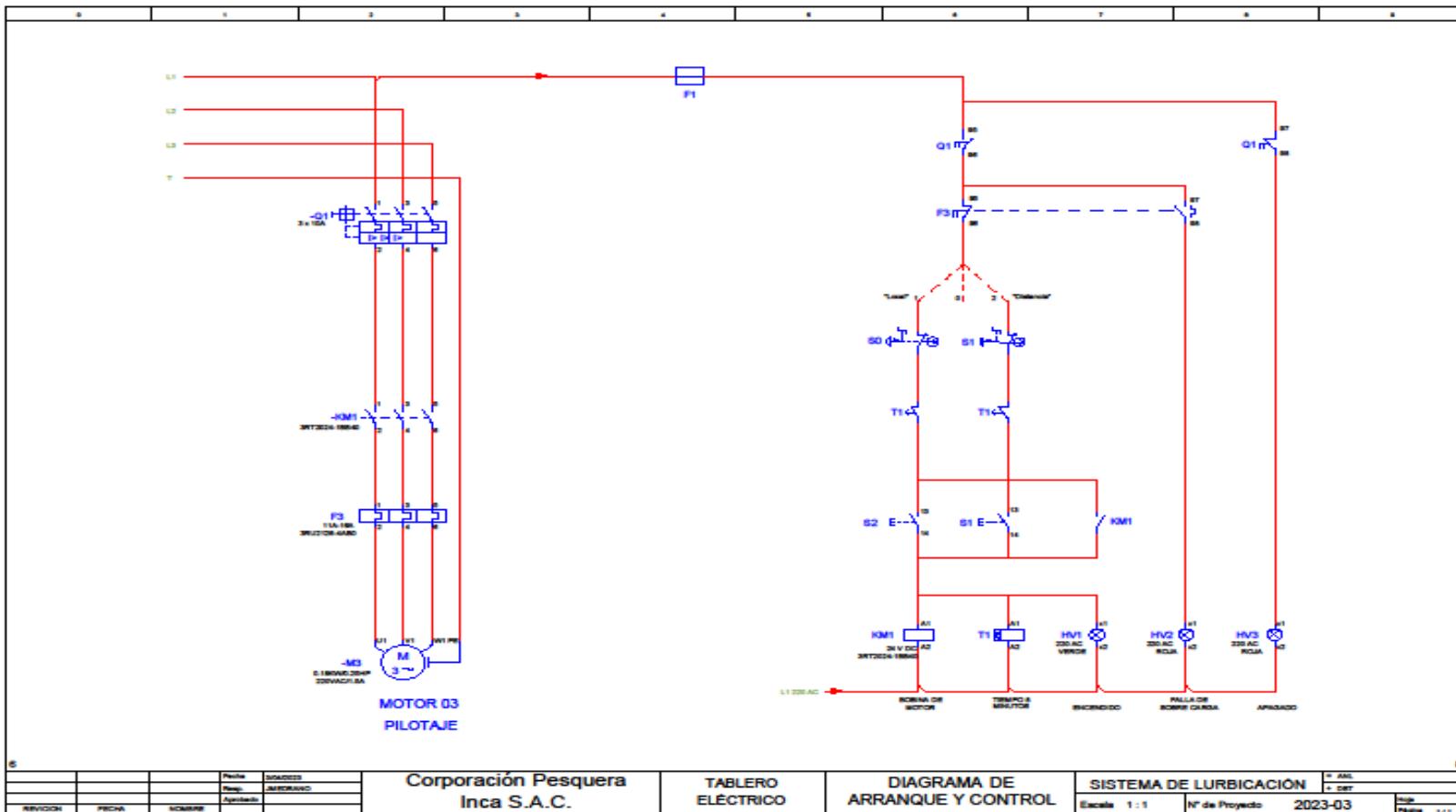
- Medida en (mm)
- Norma de proyección ISO (Europeo)

	Medida nominal (mm)	Medida real (mm)	Volumen (mm³)
Agujero de bocina	80 +0.1/+0.2	230	57,877.70
Diámetro Exterior Pin	80	230	57,805.30
Volumen de contacto de lubricación (mm³)	72.4		

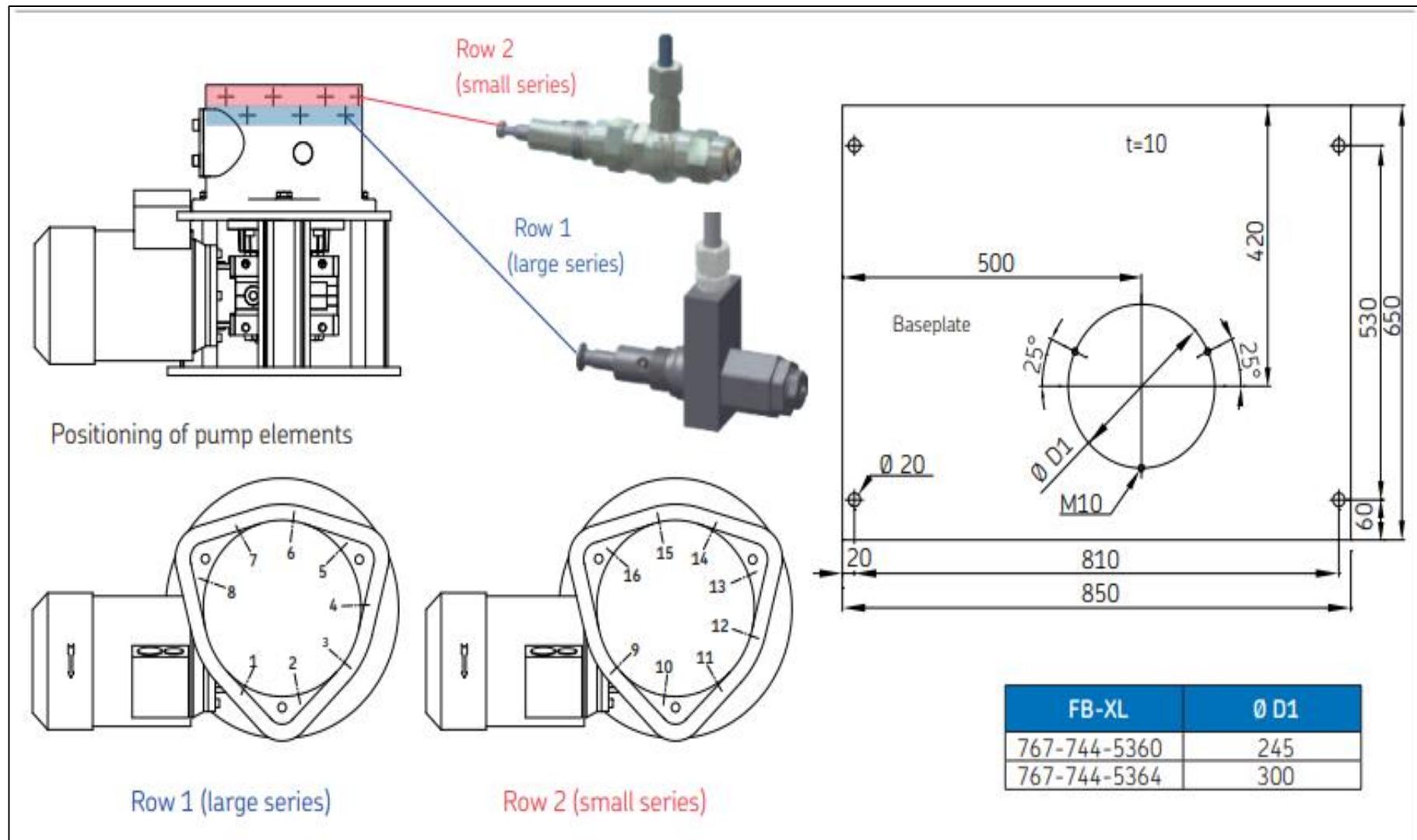


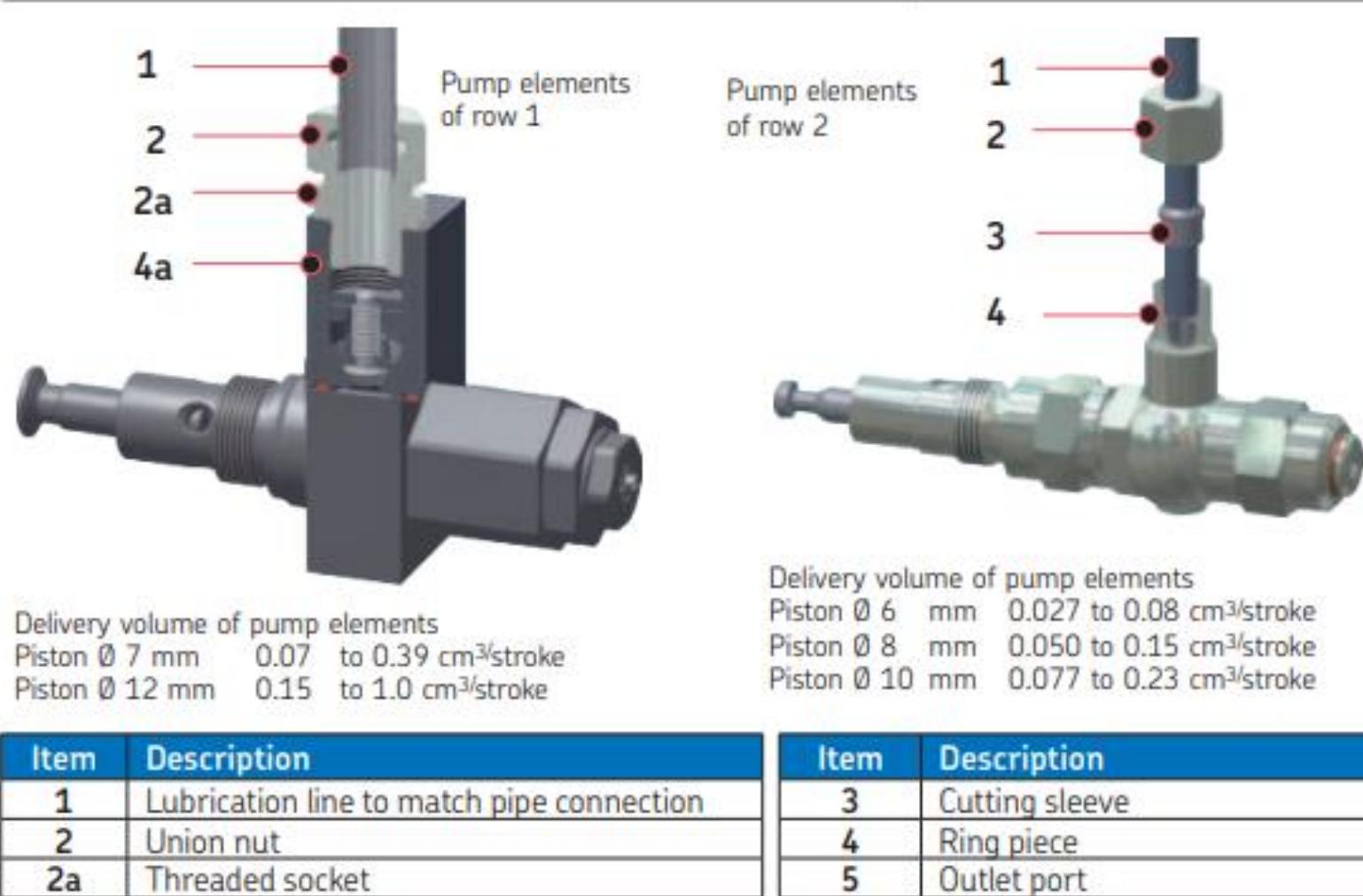
8	Grasa de lubricación	
7	Codo 45°x1/4"NPT	
6	Manguera Ø1/4" -1000 R1	
5	Piston levante C200	
4	Mastil móvil	
3	Bocina Ø80xØ94x72	SAE 64
2	Tuerca Castillo	Nodular
1	Pin posterior Ø120x230	AISI 4140
	Nombre	Fecha
Elaborado	I.Guerrero R.	20/03/23
Revisado	R.M.Q	20/03/23
Aprobado	J.A. Medrano	20/03/23
Escala: 1:2	ORDENADOR DE RED NS48 ENSAMBLE PIN / BOCINA (Mastil)	Formato: A4 Nº: SH-005





ANEXO 5 - ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE LOS INYECTORES DE DISTRIBUCIÓN DE
GRASA





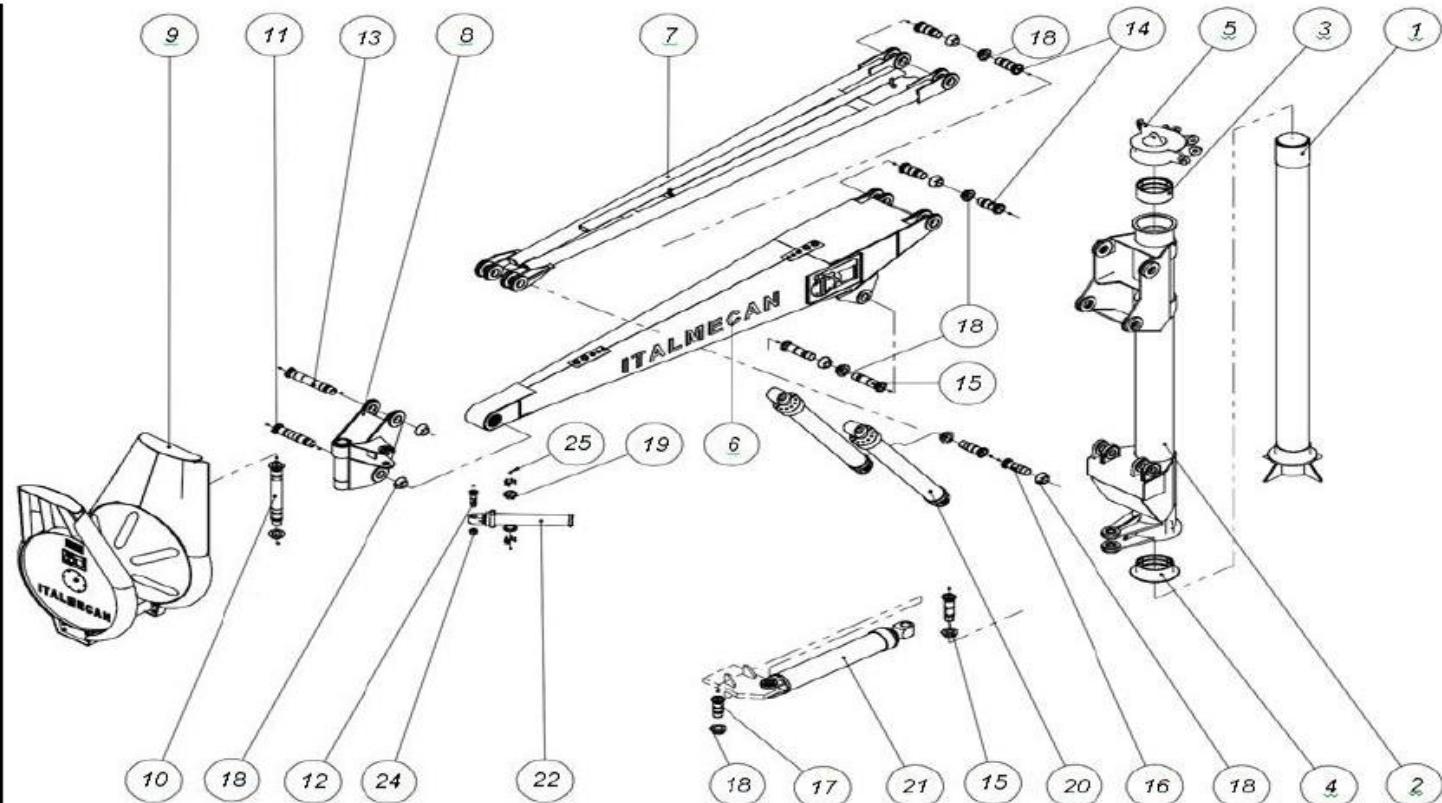
ANEXO 6 - TABLA DE TOLERANCIA ORDENADOR DE RED

**CFG
INVESTMENT**
COPEINCA

PLANTILLA DE AJUSTES Y TOLERANCIAS - NSIT48

HOJA	001
FECHA	13/10/2021
REV.	00

CLIENTE	CORPORACION PESQUERA INCA S.A.C	E/P		EQUIPO	ORDENADOR DE RED	MODELO	NSIT48
---------	---------------------------------	-----	--	--------	------------------	--------	--------



ITEM	Nº DE PARTE	DESCRIPCION	CANT	OBS.	% AVANCE X SEMAN	% AVANCE X SEMAN
1	IT005498	MÁSTIL FIJO	1			
2	IT005502	MÁSTIL MOVIL	1			
3	IT005506	BOCINA GIRATORIA SUPERIOR	1			
4	IT005507	BOCINA GIRATORIA INFERIOR	1			
5	IT005680	CÁNCAMO DE GIRO-PULPO	1			
6	IT005543	BRAZO ORDENADOR: 6500	1			
7	IT008312	TEMPLADOR BRAZO: 6500	1			
8	IT004673	SOPORTE CABEZAL – PISTÓN	1			
9	IT004217	CABEZAL ORDENADOR: NS48	1			
10	IT004830	EJE SOPORTE CABEZAL	1			
11	IT004829	PIN BRAZO GRÚA	1			
12	IT004828	PIN SOPORTE CABEZAL -PISTÓN	1			
13	IT004827	PIN DE TEMPLADOR-LADO CARRETE	1			
14	IT004825	PIN SOPORTE SUPERIOR MÁSTIL	4			
15	IT004823	PIN SUPERIOR-PISTÓN DE LEVANTE	3			
16	IT004820	PIN INFERIOR - PISTÓN DE LEVANTE	2			
17	IT004310	PIN INFERIOR – CÁNCAMO GIRO MÁSTIL	1			
18	IT004833	TUERCA DE PINES	13			

19	<i>IT002864</i>	<i>SOPORTE DE PISTÓN 100 55 530</i>	2			
20	<i>IT005539</i>	<i>CILINDRO HIDRÁULICO: CH150 95 1410</i>	2			
21	<i>IT007704</i>	<i>CILINDRO HIDRÁULICO: CH200 95 1050</i>	1			
22	<i>IT002636</i>	<i>CILINDRO PISTÓN: CH100 55 530</i>	1			
23	<i>IT008429</i>	<i>SOPORTE DE PISTÓN (ESPEJO)</i>	1			

CFG INVESTMENT <hr/> COPEINCA			PLANTILLA DE AJUSTES Y TOLERANCIAS - NSIT48				
						HOJA	002
						FECHA	13/10/2021
						REV.	00
CLIENTE	CORPORACION PESQUERA INCA S.A.C		E/P		EQUIPO	ORDENADOR DE RED	MODELO
						NSIT48	
PINES DE ARTICULACIÓN			AC VCL	OBS	% AVANCE X SEMAN		
ITEM	Ø EXTERIOR (mm)	LONGITUD (mm)	Medida Real				
A	38 ± 0.02	370.00					
B	90 ± 0.02	600.00					
C	90 ± 0.02	600.00					
D	90 ± 0.02	490.00					
E	90 ± 0.02	810.00					
F	90 ± 0.02	490.00					
G	80 ± 0.02	290.00					
H	80 ± 0.02	230.00					
I	80 ± 0.02	230.00					
J	80 ± 0.02	315.00					
K	38 ± 0.02	100.00					
L	46 ± 0.02	200.00					
NOTA: materiales del pin A.C. VCL							

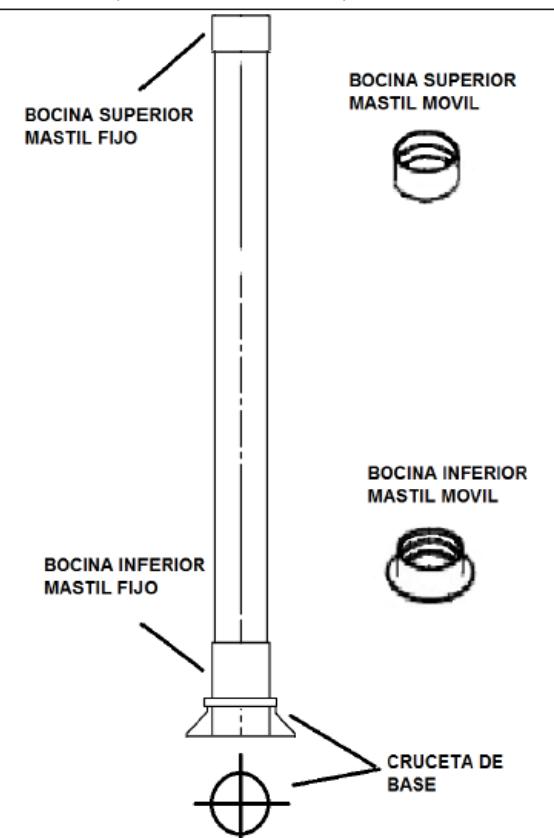
The diagram illustrates a complex mechanical linkage, likely a hydraulic cylinder assembly. It features a vertical mastil (mast) at the bottom. A piston de giro (pivot piston) is attached to the top of the mastil. A horizontal arm (brazo) is connected to the side of the mastil. A piston de levante (raise piston) is attached to the side of the mastil, positioned above the pivot piston. A timplador (template) is a long horizontal rod extending from the top of the mastil, supported by a series of links and joints. The arm (brazo) is also connected to the timplador. The entire assembly is mounted on a base, with a cabezal (head) at the top right. Various points on the assembly are labeled with letters: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, and L. Labels include: VIENTOS (WINDS) pointing to a section of the timplador; BRAZO (CAJON) pointing to the arm; CABEZAL pointing to the top head; PISTON DE LEVANTE pointing to the raise piston; MASTIL pointing to the vertical mast; and PISTON DE GIRO MASTIL pointing to the pivot piston at the base.

PLANTILLA DE AJUSTES Y TOLERANCIAS - NSIT48
MASTIL FIJO

HOJA	003
FECHA	13/10/2021
REV.	00

CLIENTE	CORPORACION PESQUERA INCA S.A.C	E/P		EQUIPO	ORDENADOR DE RED	MODELO	NSIT48
---------	---------------------------------	-----	--	--------	------------------	--------	--------

BOCINA SUPERIO MASTIL FIJO		BOCINA SUPERIOR MASTIL MOVIL			
Ø EXTERIOR (mm)	LONGITUD (mm)	Ø INTERIOR (mm)	LONGITUD (mm)	ESTADO	% AVANCE
284.35 ± 0.5	322.00	284.85 ± 0.5	140.00		
MEDIDA REAL					
BOCINA INFERIOR MASTIL FIJO		BOCINA INFERIOR MASTIL MOVIL			
Ø EXTERIOR (mm)	LONGITUD (mm)	Ø INTERIOR (mm)	LONGITUD (mm)	ESTADO	% AVANCE
287.43 ± 0.5	170.00	286.93 ± 0.5	289.00		
MEDIDA REAL	OBS:				

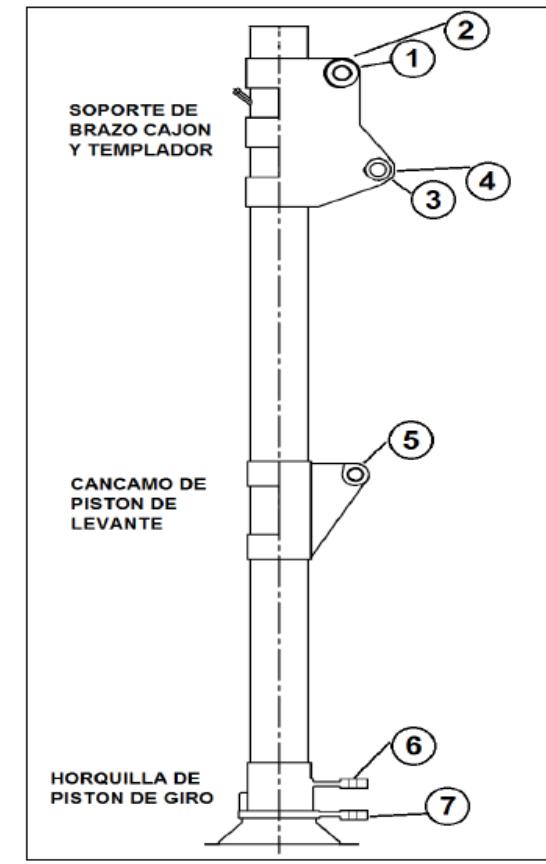


PLANTILLA DE AJUSTES Y TOLERANCIAS - NSIT48
MASTIL GIRATORIO

HOJA	004
FECHA	13/10/2021
REV.	00

CLIENTE	CORPORACION PESQUERA INCA S.A.C	E/P		EQUIPO	ORDENADOR DE RED	MODELO	NSIT48
---------	---------------------------------	-----	--	--------	------------------	--------	--------

UBICACIÓN	Ø INTERIOR DE BOCINA (mm)	LOG. BOCINA (mm)	PIN	Ø PIN (mm)	MEDIDA REAL	ESTADO	% DE AVANCE X SEMAN
1	90.01 ± 0.02	90.10	B	90.00			
2	90.01 ± 0.02	90.40	B	90.00			
3	90.01 ± 0.02	90.30	C	90.00			
4	90.01 ± 0.02	90.10	C	90.00			
5	80.01 ± 0.02	81.50	H	80.00			
6	80.01 - ± 0.02	81.00	I	80.00			
7	80.01 ± 0.02	80.50	I	80.00			



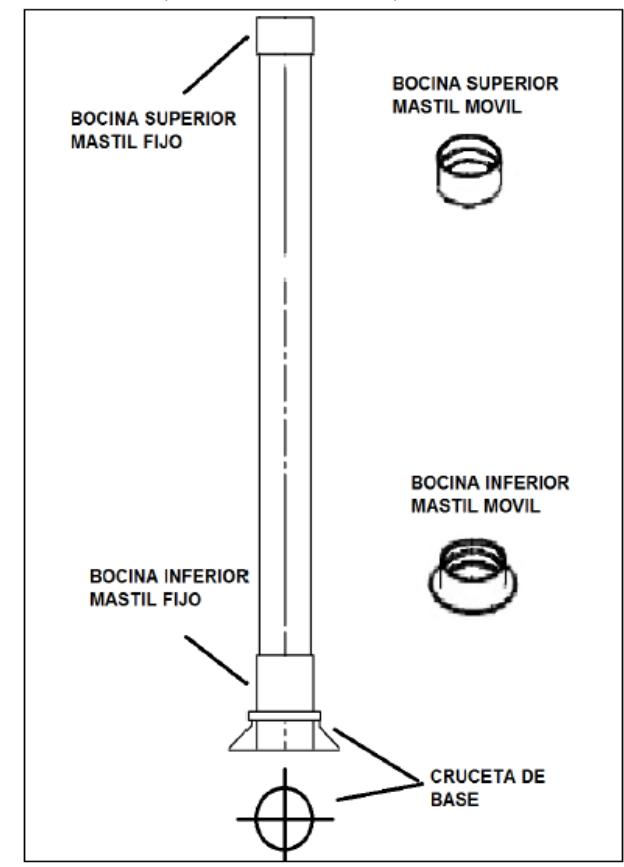
**CFG
INVESTMENT**
COPEINCA

PLANTILLA DE AJUSTES Y TOLERANCIAS - NSIT48
MASTIL FIJO

HOJA	005
FECHA	13/10/2021
REV.	00

CLIENTE	CORPORACION PESQUERA INCA S.A.C	E/P		EQUIPO	ORDENADOR DE RED	MODELO	NSIT48
---------	---------------------------------	-----	--	--------	------------------	--------	--------

MEDIDA REAL	BOCINA SUPERIOR MASTIL FIJO		BOCINA SUPERIOR MASTIL MOVIL		ESTADO	% AVANCE		
	Ø EXTERIOR (mm)	LONGITUD (mm)	Ø INTERIOR (mm)	LONGITUD (mm)				
	284.35 ± 0.5	322.00	284.85 ± 0.5	140.00				
MEDIDA REAL	BOCINA INFERIOR MASTIL FIJO		BOCINA INFERIOR MASTIL MOVIL					
	Ø EXTERIOR (mm)	LONGITUD (mm)	Ø INTERIOR (mm)	LONGITUD (mm)				
	287.43 ± 0.5	170.00	286.93 ± 0.5	289.00				
OBS:								



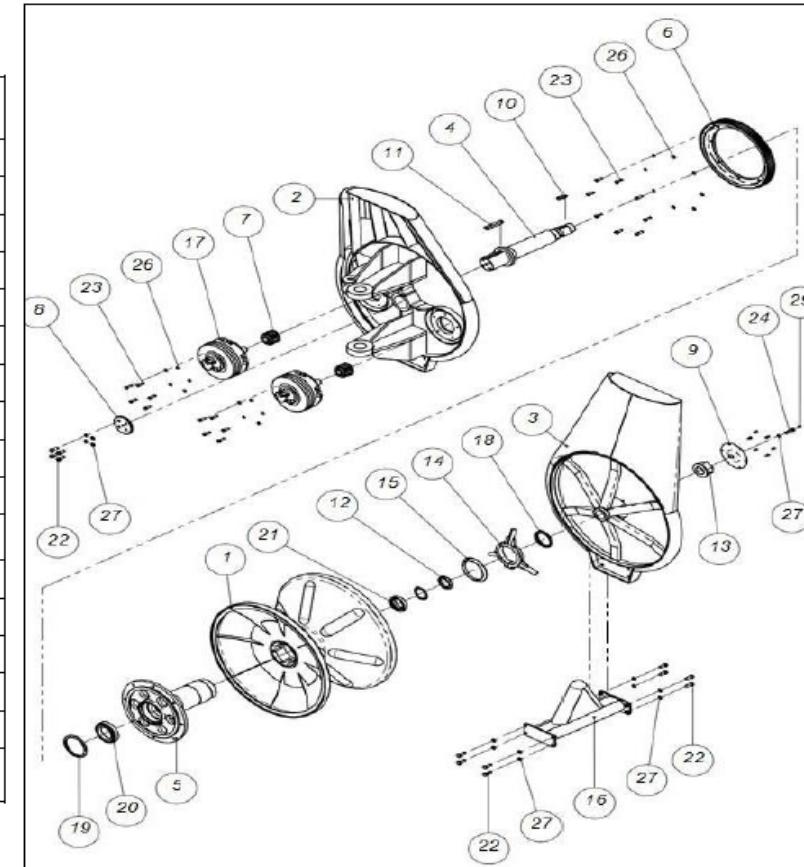
**CFG
INVESTMENT**
COPEINCA

PLANTILLA DE AJUSTES Y TOLERANCIAS - NSIT48

HOJA	006
FECHA	13/10/2021
REV.	00

CLIENTE	CORPORACION PESQUERA INCA S.A.C	E/P		EQUIPO	ORDENADOR DE RED	MODELO	NSIT48
---------	---------------------------------	-----	--	--------	------------------	--------	--------

ITEM	Nº PARTE	DESCRIPCION	CANT	OBS	% AVANCE X SEMANA	% AVANCE X SEMANA
1	IT004190	CARRETE Ø48"	1			
2	IT004188	LATERAL MOTRIZ 48	1			
3	IT004189	LATERAL TAPA 48	1			
4	IT004192	EJE PRINCIPAL	1			
5	IT004191	PORTA CREMALLERA	1			
6	IT004244	CREMALLERA	1			
7	IT005915	PIÑON	2			
8	IT004676	TAPA PORTA GRASERA	1			
9	IT004196	TAPA POSTERIOR	1			
10	IT004203	CHAVETA LATERAL-TAPA	1			
11	IT004202	CHAVETA LATERAL-MOTRIZ	1			
12	IT004201	TUERCA DE RODAMIENTO	1			
13	IT004198	TUERCA DE EJE	1			
14	IT004193	TUERCA VOLANTE	1			
15	IT004194	ANILLO CONICO	1			
16	IT004195	PUENTE INFERIOR	1			
17	N.A	MOTOR SAI GM3 A 700 D47	2			

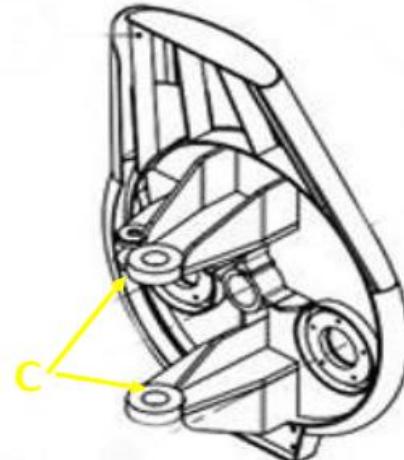


**CFG
INVESTMENT**
COPEINCA

PLANTILLA DE AJUSTES Y TOLERANCIAS - NSIT48
LATERAL MOTRIZ, CARRETE

HOJA	007
FECHA	13/10/2021
REV.	00

CLIENTE	CORPORACION PESQUERA INCA S.A.C	E/P		EQUIPO	ORDENADOR DE RED	MODELO	NSIT48
---------	---------------------------------	-----	--	--------	------------------	--------	--------



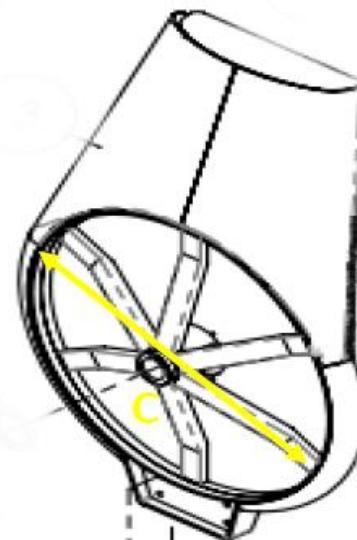
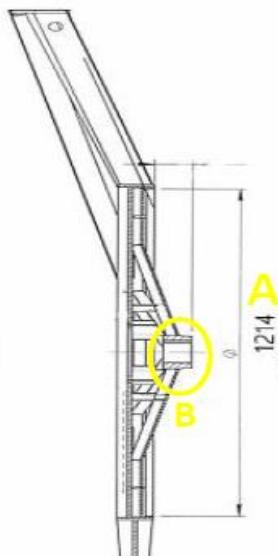
LATERAL MOTRIZ

UBICACIÓN	ZONA DE MEDICION	Ø INTERIOR (mm)	MEDIDA REAL	ESTADO	% AVANCE
A	ALOJAMIENTO CARRETE	1414 ± 0.00			
B	ØINTERNO ALOJAMIENTO EJE CENTRAL	140 ± 0.02			
C	ALOJAMIENTO PIN BURRITO	90 ± 0.02			
D	CARRETE	1412 ± 0.00			

PLANTILLA DE AJUSTES Y TOLERANCIAS - NSIT48
LATERAL SIMPLE, CARRETE

HOJA	008
FECHA	13/10/2021
REV.	00

CLIENTE	CORPORACION PESQUERA INCA S.A.C	E/P		EQUIPO	ORDENADOR DE RED	MODELO	NSIT48
---------	---------------------------------	-----	--	--------	------------------	--------	--------



LATERAL MOTRIZ

UBICACIÓN	ZONA DE MEDICION	Ø INTERIOR (mm)	MEDIDA REAL	ESTADO	% AVANCE
A	ALOJAMIENTO CARRETE	1414 ± 0.00			
B	Ø EXTERNO ALOJAMIENTO RETEN RAD	140 ± 0.02			
D	CARRETE	1412 ± 0.00			

			PLANTILLA DE AJUSTES Y TOLERANCIAS - NSPT48 PORTA CREMALLERA, EJE CENTRAL, CREMALLERA			HOJA 009 FECHA 13/10/2021 REV. 00			
CLIENTE	CORPORACION PESQUERA INCA S.A.C	E/P		EQUIPO	ORDENADOR DE RED	MODELO	NSIT48		
PORTA CREMALLERA									
UBICACIÓN	ZONA DE MEDICION	Ø INTERIOR (mm)	MEDIDA REAL	ESTADO	% AVANCE				
A1	REten	230 ± 0.00							
A2	RODAMIENTO	210 ± 0.02							
A3	RODAMIENTO	160 ± 0.02							
A4	REten	170 ± 0.00							
A5	CARRETE	210 ± 0.00							
EJE CENTRAL AJUSTE DE RODAJES									
UBICACIÓN	ZONA DE MEDICION	Ø EXTERIOR (mm)	MEDIDA REAL	ESTADO	% AVANCE				
B1	REten	200 ± 0.01							
B2	RODAMIENTO	210 ± 0.02							
B3	RODAMIENTO	160 ± 0.02							
EJE CENTRAL CANAL CHAVETERO									
UBICACIÓN	ZONA DE MEDICION	CANAL CHAVETERO (mm)	MEDIDA REAL	ESTADO	% AVANCE				
B6	CHAVETA	19.05 ± 0.00							
B7	CHAVETA	25.4 ± 0.00							
CREMALLERA Z 118									
UBICACIÓN	MODULO	CONSTANTE (k)	PASO CUERDA	ESTADO	% AVANCE				
PZ	6	41.51	M x K						
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 2	DIFERENCIA (PZ / MUESTRA)						
NOTA: rango permisible del PZ (cuerda dentada) debe ser entre 0.01 centésima y 0.05 centésimas									
NORMATIVA									
Z	K (# de dientes en la cuerda)	W1 (coeficiente)							
118	14.00	41.5064							

PORTA CREMALLERA

EJE CENTRAL

CREMALLERA

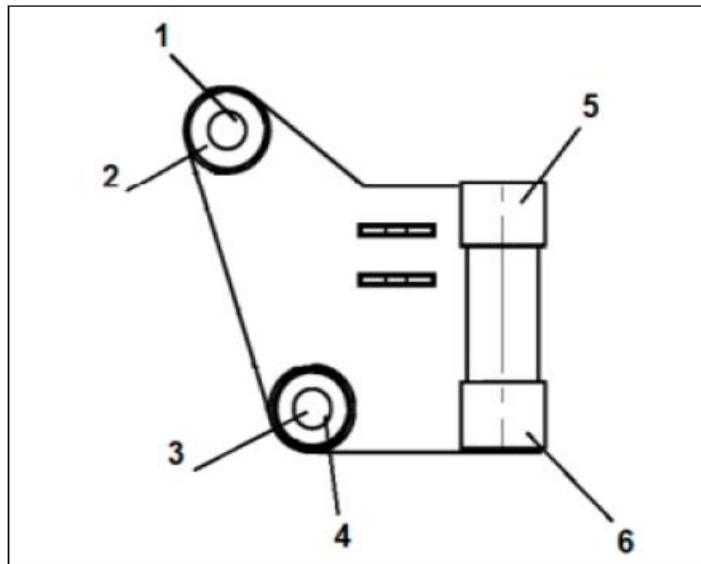
CFG
INVESTMENT
COPEINCA

PLANTILLA DE AJUSTES Y TOLERANCIAS - NSIT48
SOPORTE BURRITO

PDM-HYDROMECH0022

HOJA	001
FECHA	13/10/2021
REV.	00

CLIENTE	CORPORACION PESQUERA INCA S.A.C	E/P		EQUIPO	ORDENADOR DE RED	MODELO	NSIT48
---------	---------------------------------	-----	--	--------	------------------	--------	--------



SOPORTE BURRITO

UBICACIÓN	ZONA DE MEDICION	Ø INTERIOR (mm)	MEDIDA REAL	ESTADO	% AVANCE
1	PIN TEMPLADOR	90 ± 0.01			
2	PIN TEMPLADOR	90 ± 0.01			
3	PIN BRAZO CAJON	90 ± 0.01			
4	PIN BRAZO CAJON	90 ± 0.01			
5	PIN SOPORTE CABEZAL	90 ± 0.01			
6	PIN SOPORTE CABEZAL	90 ± 0.01			