



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA: “REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LUBRICACIÓN
CENTRALIZADA, PARA LOS SISTEMAS REEL,
CHUMACERAS Y REDUCTOR YANKEE, EN LA MÁQUINA DE
PAPEL 5 (MP5), PERTENECIENTE A LA EMPRESA
PRODUCTOS FAMILIA DEL ECUADOR”**

AUTORES:

JOFFRE ISRAEL CORRALES OSORIO

LUIS VLADIMIR LEMA ALANGASI

DIRECTOR: ING. FREDDY SALAZAR

LATACUNGA

2015



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación “**REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADA, PARA LOS SISTEMAS REEL, CHUMACERAS Y REDUCTOR YANKEE, EN LA MÁQUINA DE PAPEL 5 (MP5), PERTENECIENTE A LA EMPRESA PRODUCTOS FAMILIA DEL ECUADOR**”, realizado por los señores: **Joffre Isrrael Corrales Osorio y Luis Vladimir Lema Alangasi**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores **Joffre Isrrael Corrales Osorio y Luis Vladimir Lema Alangasi**, para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, 02 de Diciembre del 2015

Ing. Freddy Salazar
(DIRECTOR)



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Joffre Isrrael Corrales Osorio**, con cédula de identidad N° 050335524-0 y **Luis Vladimir Lema Alangasi** con cédula de identidad N° 050287559-4 declaramos que este trabajo de titulación “**REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADA, PARA LOS SISTEMAS REEL, CHUMACERAS Y REDUCTOR YANKEE, EN LA MÁQUINA DE PAPEL 5 (MP5), PERTENECIENTE A LA EMPRESA PRODUCTOS FAMILIA DEL ECUADOR**”, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 02 de Diciembre del 2015

Joffre Isrrael Corrales Osorio.
C.C.: 050335524-0

Luis Vladimir Lema Alangasi.
C.C.: 050287559-4



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

AUTORIZACIÓN

NOSOTROS, Joffre Isrrael Corrales Osorio y Luis Vladimir Lema Alangasi, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADA, PARA LOS SISTEMAS REEL, CHUMACERAS Y REDUCTOR YANKEE, EN LA MÁQUINA DE PAPEL 5 (MP5), PERTENECIENTE A LA EMPRESA PRODUCTOS FAMILIA DEL ECUADOR”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva autoría y responsabilidad.

Latacunga, 02 de Diciembre del 2015

Joffre Isrrael Corrales Osorio.
C.C.: 050335524-0

Luis Vladimir Lema Alangasi.
C.C.: 050287559-4

DEDICATORIA.

Dedico la siguiente tesis en primer lugar a Dios, por brindarme la salud y la vida para poder culminar una meta más de mi vida, de igual manera a mis padres Leonidas y Maria, a mis amigos y familiares quienes de una u otra manera estuvieron brindándome su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera.

Quisiera de igual forma y de manera especial dedicarle este logro a mí querida hija Kerly Jazmín y a una mujer especial Dayana que estuvieron desde la elaboración de esta tesis brindándome su apoyo moral y su confianza.

Joffre

Dedico mi proyecto de tesis a Dios y a mi querido hermano Cristian Lema que siempre creyó en mí y fui su orgullo, aunque ya no se encuentra junto a nosotros sé que desde allá se alegrara mucho por el logro alcanzado, estoy seguro que nos cuidara mucho

Además de mí querida familia que siempre estuvieron conmigo en tantas amanecidas que se presentaron en el transcurso de la carrera y que me apoyaron e hicieron sentir que no estaré solo porque siempre los tendré junto a mí y así cumplir una más de las metas propuestas en mi carrera profesional.

Luis

AGRADECIMIENTO.

Mi gratitud, principalmente está dirigida a Dios y a mis padres por haberme dado la existencia y permitido llegar al final de mi carrera.

Agradezco a la ESPE por brindarme la formación académica, mediante los diferentes docentes, de igual manera a todos los amigos institucionales que en el transcurso de mi formación lograron compartir su amistad y su comprensión.

A la empresa Grupo Familia Sancela del Ecuador, por la confianza depositada para poder desarrollar este proyecto de Tesis, aplicando de esta manera todos los conocimientos adquiridos.

Finalmente un agradecimiento especial a los ingenieros Freddy Salazar y Marco Pilatasig por su asesoramiento para el desarrollo de este proyecto llegando a finalizar con todo el éxito deseado.

Joffre

Agradezco a mi familia padres, tíos, primos y demás familiares que aunque no en manera económica sino con muchos consejos y alientos me ayudaron a culminar mi carrera con éxito y siempre seguir adelante

Además de mis profesores de tesis ingenieros Freddy Salazar y Marco Pilatasig quienes me brindaron su tiempo para con su guía poder culminar este proyecto tan importante en la obtención del título.

Finalmente a la empresa Productos Familia del Ecuador que me brindo la confianza para poder realizar el presente proyecto en sus instalaciones y demostrar la capacidad adquirida en la Universidad de la Fuerzas Armadas para aportar al desarrollo tecnológico en su proceso de producción.

Luis

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
RESUMEN	xviii
SUMMARY	xix

CAPÍTULO I

1 GENERALIDADES DE HIDRÁULICA	1
1.1 Introducción	1
1.2 Campos de aplicación de la hidráulica	2
1.2.1 Aplicaciones móviles	2
1.2.2 Aplicaciones industriales	2
1.3 Ventajas y desventajas de la hidráulica	3
1.3.1 Ventajas de la hidráulica	4
1.3.2 Desventajas de la hidráulica	4
1.4 Principios básicos que rigen la hidráulica	4
1.4.1 Definiciones	4
1.5 Principio de pascal	11
1.6 Principio de continuidad	12
1.7 Ecuación de la energía	12
1.8 Sistemas de lubricación centralizada	14
1.8.1 Línea simple	15

1.8.2	Línea doble.....	16
1.8.3	Alimentador progresivo.....	17
1.9	Elementos y accesorios hidráulicos.....	18
1.9.1	Bombas.....	18
1.9.2	Depósito o tanque.....	20
1.9.3	Válvulas.....	21
1.9.4	Flujómetros o caudalímetro.....	24
1.9.5	Manómetros.....	25
1.9.6	Filtros.	26
1.10	Sensores.....	28
1.10.1	Presostato.	28
1.10.2	Sensor de temperatura.	28
1.10.3	Sensores de flujo.	30
1.11	Tuberías.....	31
1.12	Acoples rapidos.....	32
1.12.1	Acoples rápido con cierre de bola o aguja.	32
1.12.2	Acoples rápido de cara plana.	33
1.13	Codos.....	33
1.14	Tee hidraulica.....	34
1.15	Intercambiadores de temperatura.	34
1.15.1	Intercambiadores de calor aceite-agua	34
1.15.2	Intercambiadores de calor aceite-aire.....	35

CAPÍTULO II

2	DISEÑO Y SELECCIÓN	36
2.1	Diseño y selección sistemas hidráulicos.	36
2.1.1	Parámetros de diseño sistema chumaceras Yankee MP5.....	36

2.1.2	Tipo de rodamiento.	36
2.1.3	Selección de aceite.	36
2.1.4	Cantidad de aceite.	39
2.1.5	Dimensionamiento del tanque.	39
2.1.6	Selección de la bomba.	41
2.1.7	Selección del enfriador.	43
2.1.8	Parámetros de diseño sistema reductor Yankee MP5.	45
2.1.9	Selección de lubricante.	45
2.1.10	Selección de la bomba.	46
2.1.11	Selección del enfriador.	49
2.1.12	Parámetros de diseño selección de enfriador sistema reel MP5.	50
2.2	Análisis estructural	51
2.3	Diseño y selección de elementos electricos.	54
2.3.1	Transmisores de flujo tipo coriolis.	54
2.3.2	Transmisor de presión.	56
2.3.3	Transmisor de temperatura.	59
2.3.4	Tomas y clavijas de potencia iec.	60
2.3.5	Selección de calibre de conductor para motor bombas y ventiladoreS.	60
2.3.6	Selección de guardamotores.	61
2.3.7	Selección de contactor.	62
2.3.8	Selección de breaker principal.	63
2.3.9	Pulsadores.	64
2.3.10	Selectores de posición.	64
2.4	Programación.	65
2.4.1	lógica de programación sistemas chumaceras y reductor Yankee MP5.	70
2.4.2	lógica de programación sistema del reel MP5	71

CAPÍTULO III

3	MONTAJE DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADA.	72
3.1	Armado de estructura.	72
3.2	Montaje de equipos y tubería.	73
3.3	Conexiones eléctricas.	74
3.4	Montaje de cabina en la máquina.	75
3.5	Montaje de sistema reel.	76
3.6	Montaje de tablero eléctrico.	77

CAPÍTULO IV

4	PRUEBAS Y ANÁLISIS FINANCIERO	80
4.1	Pruebas y Resultados.....	80
4.1.1	Sistema Reductor Yankee MP5.....	80
4.1.2	Sistema Chumaceras Yankee MP5	81
4.1.3	Sistema Reel MP5	83
4.2	Análisis Financiero.....	84
4.3	Inversión.....	84
4.3.1	Inversión de accesorios mecánicos.	84
4.3.2	Inversión de accesorios eléctricos.	85
4.3.3	Inversión de equipos.....	86
4.3.4	Inversión de transmisores.....	87
4.3.5	Inversión en montaje mecánico y eléctrico	87
4.3.6	Inversión Total	87
4.4	Perdidas totales de los sistemas de lubricación.	88
4.5	Costo Beneficio.	90

CAPÍTULO V

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
5.1	Conclusiones.....	93
5.2	Recomendaciones.....	93

	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
--	--	-----------

	ANEXOS.....	97
--	--------------------	-----------

ANEXO A: FICHAS TÉCNICAS DE ACCESORIOS Y COMPONENTES.

ANEXO B: DATOS DE SELECCIÓN DE COMPONENTES Y ACCESORIOS.

ANEXO C: DIAGRAMAS ELÉCTRICOS

ANEXO D: DIAGRAMAS P&D

ANEXO E: ICONOS PRINCIPALES DEL SOFTWARE SIEMENS PCS7

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Volumen de un Cubo.....	5
Figura 2 Presión Hidrostatica.....	6
Figura 3 Presión por fuerzas externas.....	7
Figura 4 Diagrama de Viscosidad Dinámica Vs Temperatura.....	9
Figura 5 Principio de Pascal.....	11
Figura 6 Principio de continuidad.....	12
Figura 7 Ecuación de la energía (Teorema de Bernoulli).....	13
Figura 8 Ecuación de la energía en Tuberías Horizontal.....	13
Figura 9 Engrase automático de doble línea.....	14
Figura 10 Lubricación automática de Línea Simple.....	16
Figura 11 Lubricación automático de Línea Doble.....	17
Figura 12 Lubricación automático con Alimentador Progresivo.....	18
Figura 13 Clasificación de las bombas.....	19
Figura 14 Bomba de engranajes de dientes externos.....	19
Figura 15 Bomba de tornillo.....	19
Figura 16 Bomba de lóbulo.....	20
Figura 17 Depósito o tanque.....	20
Figura 18 Esquema de válvula antiretorno.....	21
Figura 19 Válvula de compuerta.....	22
Figura 20 Válvula de esfera.....	22
Figura 21 Válvula reguladora de presión.....	23
Figura 22 Válvula de secuencia.....	23
Figura 23 Válvula de seguridad.....	24
Figura 24 Fluviómetro.....	24
Figura 25 Manómetro de bourdon.....	25
Figura 26 Manómetro de diafragma.....	26
Figura 27 Filtro de aceite hidráulico.....	26
Figura 28 Presostato.....	28
Figura 29 Sensor de temperatura PT100.....	29
Figura 30 Diagrama de Temperatura vs Resistencia PT100.....	29
Figura 31 Caudalímetro.....	30
Figura 32 Caudalímetro magnético.....	31

Figura 33 Cañerías.....	31
Figura 34 Mangueras hidráulicas.	31
Figura 35 Acoples rápido con cierre de bola o aguja.....	32
Figura 36 Acoples rápido de cara plana.	33
Figura 37 Tipos de codos.	33
Figura 38 Tee Hidráulicas.....	34
Figura 39 Intercambiadores de calor aceite-agua.....	34
Figura 40 Intercambiadores de calor aceite-aire	35
Figura 41 Esquema del Rodamiento 23168 CC K/W33	36
Figura 42 Dimensiones del depósito del Lubricante.....	40
Figura 43 Estructura y sus componentes.....	52
Figura 44 Diseño de estructura.	52
Figura 45 Tensión de Von Mises	53
Figura 46 Diagrama de tensión del Acero al carbón AISI 1045	53
Figura 47 Desplazamiento resultante.....	53
Figura 48 Curva de selección de transmisor de flujo PROMASS 40E Reductor Yankee MP5.	54
Figura 49 Curva de selección de transmisor de flujo PROMASS 40E Chumaceras Yankee MP5.	55
Figura 50 Curva de selección de transmisor de flujo PROMASS 40E Sistema Reel MP5.	56
Figura 51 Transmisor SITRANS P 7MF4033.	57
Figura 52 Transmisor de Temperatura TSM187.....	59
Figura 53 Toma y Clavija de potencia.	60
Figura 54 Curva de funcionamiento de contacto AC-3.	62
Figura 55 Pantalla principal del programa.	65
Figura 56 Desglose de programación de la planta.	65
Figura 57 Módulos de programación.	65
Figura 58 Comunicación de los transmisores.	66
Figura 59 Parámetros de programación transmisores de Flujo.....	66
Figura 60 Parámetros de programación Transmisores de Presión.	66
Figura 61 Configuración de módulo de comunicación de Transmisores de Presión.	67
Figura 62 Colocación de módulos y equipos en la estructura.....	67
Figura 63 Configuración de pantalla de Lectura.....	68

Figura 64 Diseño de pantalla de Lectura.....	68
Figura 65 Pantalla de los Sistemas Chumacera y Reductor Yankee MP5.....	68
Figura 66 Pantalla del Sistemas Reel MP5.....	69
Figura 67 Lógica de programación Sistemas Chumaceras y Reductor Yankee MP5.....	70
Figura 68 Lógica de programación Sistema Reel MP5	71
Figura 69 Materiales de construcción de estructura.....	72
Figura 70 Corte de perfiles según dimensiones establecidas.....	72
Figura 71 Uniones de perfiles.....	72
Figura 72 Colocación de piso.....	73
Figura 73 Estructura galvanizada.....	73
Figura 74 Montaje de Bombas.....	73
Figura 75 Montaje de tanque.....	73
Figura 76 Montaje de enfriadores.....	74
Figura 77 Conexión de tubería.....	74
Figura 78 Colocación de cabinas y acometidas eléctricas.....	74
Figura 79 Nivelación de piso.....	75
Figura 80 Desmontaje del Sistema Anterior.....	75
Figura 81 Montaje del Sistema de lubricación Centralizada.....	76
Figura 82 Montaje de compuertas y acrílicos.....	76
Figura 83 Montaje de enfriadores.....	76
Figura 84 Conexión de transmisores.....	77
Figura 85 Conexión de Borneras.....	77
Figura 86 Conexión de relés de 8 Pines.....	77
Figura 87 Conexión del Transformador.....	77
Figura 88 Conexión de contactores 3RT2015 y Relés térmicos 3RU2116	78
Figura 89 Conexión de relés térmico 3RV20 11.....	78
Figura 90 Conexión de Portafusibles.....	78
Figura 91 Breaker Principal, borneras motor y Borneras de tierra.....	79
Figura 92 Pulsadores y selectores de Posición.....	79
Figura 93 Montaje de Gabinete Metálico.....	79
Figura 94 Pantalla Principal de los Sistema de Lubricación Chumaceras y Reductor Yankee.....	80
Figura 95 Pantalla Principal del Sistema de Lubricación Reel MP5	80

Figura 96 Parámetros de calibración de transmisores del Reductor en las pantallas de operación.	81
Figura 97 Registro de Temperatura Reductor.	81
Figura 98 Registro de Presión y Flujo del Reductor.	81
Figura 99 Parámetros de calibración de transmisores de las chumaceras en las pantallas de operación.	82
Figura 100 Registro de Temperatura Chumaceras.	82
Figura 101 Registro de Presión y Flujo de las Chumaceras.	82
Figura 102 Parámetros de calibración de transmisores en las pantallas de operación.	83
Figura 103 Registro de Temperatura Reel MP5.	83
Figura 104 Registro de Presión y Flujo del Reel MP5	83
Figura 105 Tiempos perdidos Mecánicos en los Sistemas de Lubricación.	88
Figura 106 Perdidas por producción.	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clases de tuberías por resistencia a presión de ASA.	32
Tabla 2 Datos del rodamiento de las Chumaceras Yankee MP5.	36
Tabla 3 Datos del Reductor Yankee MP5.....	45
Tabla 4 Pesos de equipos.	52
Tabla 5 Datos de flujo Reductor Yankee MP5.	54
Tabla 6 Dimensionamiento por tecnología Coriolis “PROMASS 40E” Reductor Yankee MP5.....	54
Tabla 7 Datos de flujo Rodamientos Chumaceras Yankee MP5.	55
Tabla 8 Dimensionamiento por tecnología Coriolis “PROMASS 40E” Chumaceras Yankee MP5.....	55
Tabla 9 Datos de flujo Sistema Reel MP5.	56
Tabla 10 Dimensionamiento por tecnología Coriolis “PROMASS 40E” Sistema Reel MP5.....	56
Tabla 11 Datos Transmisor de Temperatura TSM187.....	59
Tabla 12 Datos de funcionamiento	60
Tabla 13 Categoría de servicio de contactores.....	62
Tabla 14 Corriente de servicio según la categoría <i>Ie</i>	63
Tabla 15 Carga total del sistema.	64
Tabla 16 Accesorios mecánicos.	84
Tabla 17 Construcción de Estructura y Tanque.	85
Tabla 18 Accesorios eléctricos.....	85
Tabla 19 Equipos.....	86
Tabla 20 Transmisores de Presión y Temperatura.	87
Tabla 21 Montaje Mecánico.....	87
Tabla 22 Montaje Eléctrico.	87
Tabla 23 Inversión Total.	88
Tabla 24 Costo por mantenimiento.	88

Tabla 25 Costo productivo.....	89
Tabla 26 Costo en repuestos del Reductor Yankee.....	89
Tabla 27 Costo de repuestos Chumaceras Yankee.	900
Tabla 28 Costo de enfriadores de Agua.	90
Tabla 29 Pérdidas totales por Lubricación en un Periodo Anual.....	90
Tabla 30 Producción anual comparativa años 2014-2015	91
Tabla 31 Beneficio anual por toneladas adicionales.....	91

RESUMEN

El siguiente proyecto tiene como finalidad optimizar los sistemas de lubricación existentes en la máquina de Papel 5 (MP5), consiste en garantizar la dosificación de lubricante en los puntos móviles con mayor fricción y temperatura, permitiendo reducir las temperaturas de trabajo mediante el enfriamiento por aire. La lubricación de la máquina de papel 5 se encuentra dividido en tres sistemas, el sistema del reductor, chumaceras Yankee y Reel MP5 el cual contiene un tanque de aceite, mediante bombeo es enviado a las chumaceras por recirculación de igual manera el sistema Reel y en el reductor en forma de Salpicadura suministrando la cantidad necesaria de lubricante, además cuenta con equipos de monitoreo continuo el cual registra valores de presión, flujo y temperatura e informan en caso de anomalías en el sistema por medio de alarmas programadas. El proyecto garantiza la confiabilidad de operación para un incremento de velocidad hasta 1400 m/min, con la finalidad de incrementar la producción y brindar una disponibilidad estable con respecto a la lubricación de los puntos móviles de la Máquina. Brinda mayor seguridad en el método de refrigeración del aceite para el adecuado funcionamiento de las máquinas, evitando perder los aditivos y la vida acelerada del Lubricante, extendiendo de esta manera las frecuencias de cambio de lubricante de los Sistemas.

PALABRAS CLAVE:

- **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**
- **HIDRÁULICA**
- **LUBRICACIÓN CENTRALIZADA**
- **PAPEL – INDUSTRIA Y COMERCIO**
- **PRODUCTOS FAMILIA**

SUMMARY

The project aims to optimize existing lubrication systems in the paper machine 5 (MP5), consists ensure the dosing of lubricant on mobile points with more friction and temperature, allowing reducing the working temperatures through cooling air. The lubrication of the paper machine 5 is divided into three systems, the gearbox, bearings Yankee and Reel MP5 which contains an oil tank by pumping is sent by recirculating bearings Similarly the system Reel and gearbox as splash, supplying the required quantity of lubricant, also has continuous monitoring equipment which registers values of pressure, flow and temperature and inform in case of anomalies in the system through scheduled alarms. The project ensures reliability of operation for a speed increase up to 1400 m/min, in order to increase production and provide a stable availability with respect to the lubrication of the moving parts of the machine. It provides greater security in the oil cooling method for the proper functioning of the machines, avoiding loss and accelerated Life of additives lubricant, this way extending frequency the lubricant change Systems.

KEYWORDS:

- **ELECTROMECHANICAL ENGINEERING**
- **CENTRALIZED LUBRICATION**
- **FACTORY PAPER**
- **PRODUCTS FAMILY**

CAPÍTULO I

1 GENERALIDADES DE HIDRÁULICA.

1.1 INTRODUCCIÓN. (Centro Educativo Salesianos Talca, 2009)

La automatización de los mecanismos de manufactura, surge de la correlación entre las fuerzas económicas y los descubrimientos técnicos como la transferencia de energía, el automatismo de las fábricas y el desarrollo de las máquinas de transferencia.

La mecanización de los procesos fue el primer camino para desarrollar consecutivamente hacia la automatización, lo que aportaría consigo, el incremento de los niveles de productividad en las industrias. El deseo de aumentar las producciones, estimuló al diseño y construcción de máquinas que emulaban los movimientos y tareas del trabajador, de esta manera entonces, el cambio Industrial hace surgir la automatización de las grandes industrias textiles.

Acorde avanzaba la tecnología y los métodos de transferencia de energía, las máquinas especializadas se motorizaron, lo cual acarrió un notable aumento en la eficiencia de éstas.

La automatización actual, cuenta módulos especializados, conocidos como máquinas de transferencia, que acceden tomar las piezas que se están trabajando y moverlas hacia otro proceso.

La hidráulica forma parte de la Mecánica de Fluidos, que se encarga del diseño y mantenimiento de los sistemas hidráulicos empleados por la industria, con la finalidad de automatizar los procesos productivos, La hidráulica son sistemas de transmisión de energía a través de un fluido (aceite, hidráulica y aire, neumática).

La palabra “Hidráulica” proviene del griego “hydor” que significa “agua”. Hoy el término hidráulica se emplea para referirse a la transmisión y control de fuerzas y movimientos por medio de líquidos, es decir, se utilizan los líquidos para la transmisión de energía, en la mayoría de los casos se trata de aceites minerales pero también pueden emplearse otros fluidos, como líquidos sintéticos, agua o una emulsión agua – aceite.

Los sistemas de transmisión de energía hidráulicos y neumáticos proporcionan la energía necesaria para controlar una extensa gama de maquinaria y equipamiento industrial.

1.2 CAMPOS DE APLICACIÓN DE LA HIDRÁULICA. (sapiensman)

En la actualidad las aplicaciones de la hidráulica son muy variadas, esta amplitud en los usos se debe principalmente al diseño y fabricación de elementos de mayor precisión y con materiales de mejor calidad, acompañada además de estudios más acabados de las materias y principios que rigen la hidráulica.

Todo lo anterior se ha visto reflejado en equipos que permiten trabajos cada vez con mayor precisión y con mayores niveles de energía, lo que sin duda ha permitido un creciente desarrollo de la industria en general.

Dentro de las aplicaciones se pueden distinguir dos, móviles e industriales:

1.2.1 APLICACIONES MÓVILES.

El empleo de la energía proporcionada por el aire y aceite a presión, puede aplicarse para transportar, excavar, levantar, perforar, manipular materiales, controlar e impulsar vehículos móviles tales como:

- ✓ Tractores
- ✓ Grúas
- ✓ Retroexcavadoras
- ✓ Camiones recolectores de basura
- ✓ Cargadores frontales
- ✓ Frenos y suspensiones de camiones
- ✓ Vehículos para la construcción y mantención de carreteras

1.2.2 APLICACIONES INDUSTRIALES.

En la industria, es muy importante contar con maquinaria especializada para controlar, impulsar, posicionar y mecanizar elementos o materiales propios de la línea de producción, para lo cual se utiliza con regularidad la energía proporcionada por fluidos comprimidos. Se tiene entre otros:

- ✓ Maquinaria para la industria plástica
- ✓ Máquinas herramientas

- ✓ Maquinaria para la elaboración de alimentos
- ✓ Equipamiento para robótica y manipulación automatizada
- ✓ Equipo para montaje industrial
- ✓ Maquinaria para la minería
- ✓ Maquinaria para la industria siderúrgica
- ✓ Etc.

Otras aplicaciones,

Aplicación automotriz: suspensión, frenos, dirección, refrigeración, etc.

Aplicación Aeronáutica: timones, alerones, trenes de aterrizaje, frenos, simuladores, equipos de mantenimiento aeronáutico, etc.

Aplicación Naval: timón, mecanismos de transmisión, sistemas de mandos, sistemas especializados de embarcaciones o buques militares

Medicina: Instrumental quirúrgico, mesas de operaciones, camas de hospital, sillas e instrumental odontológico, etc.

1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA HIDRÁULICA (sapiensman)

La Seguridad es muy importante en aeronáutica, en producción y trabajo de vehículos, minería y en la fabricación de productos frágiles. Los sistemas de control hidráulico y el tren de aterrizaje son los responsables de la seguridad en el despegue, aterrizaje y vuelo de aviones y naves espaciales. Los avances realizados por la minería y construcción de túneles son el resultado de la aplicación de modernos sistemas hidráulicos.

Los sistemas de transmisión de energía hidráulicos son una garantía de seguridad, calidad y fiabilidad a la vez que reducen costos.

La Fiabilidad y la Exactitud son necesarias en una extensa gama de aplicaciones industriales en las que los usuarios exigen cada vez mayor calidad. Los sistemas hidráulicos y neumáticos utilizados en la manipulación, sistemas de fijación y robots de soldadura aseguran un rendimiento y una productividad elevados, por ejemplo, en la fabricación de automóviles.

La Disminución en costos es un factor valioso a la hora de garantizar la competitividad de un país industrial. La tecnología actual debe ser beneficiosa y la respuesta se encuentra en los sistemas hidráulicos y neumáticos.

Con relación a la operación de materiales y para citar unos ejemplos, los sistemas hidráulicos permiten que una sola persona pueda trasladar, fácil y rápidamente, grandes cantidades de arena o de carbón.

1.3.1 VENTAJAS DE LA HIDRÁULICA.

- ✓ Admite trabajar con elevados niveles de fuerza o momentos de giro
- ✓ El aceite colocado en el sistema es fácilmente recuperable
- ✓ Velocidad de acción fácilmente controlable
- ✓ Instalaciones compactas
- ✓ Protección contra sobrecargas
- ✓ Cambios rápidos de sentido

1.3.2 DESVENTAJAS DE LA HIDRÁULICA.

- ✓ El fluido es más caro
- ✓ Pérdidas de carga
- ✓ Personal especializado para el mantenimiento.
- ✓ Fluido muy sensible a la contaminación.

1.4 PRINCIPIOS BÁSICOS QUE RIGEN LA HIDRÁULICA.

1.4.1 DEFINICIONES. (Bueno)

- **FUERZA.**

Es la acción que permite cambiar el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo.

Unidades:

Sist. Internacional: **Newton (N)**

Sist. Técnico: **Kgf**

Sist. Inglés: **lbf**

Equivalencias:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ Kg} * \text{m/s}^2$$

$$1 \text{ N} = 0,22481 \text{ lbf}$$

- **MASA.**

Es parte de la materia, que mide la oposición de un cuerpo a cambiar su desplazamiento. Se puede expresar como la cantidad de materia que forma un cuerpo. (Portillo, 2009)

Unidades:

Sist. Internacional: Kilogramo (Kg)

Sist. Inglés: Libra (lb)

Equivalencias:

$$1 \text{ Kg} = 2,2046 \text{ lb}$$

- **VOLUMEN.**

El volumen constituye el área que ocupa un cuerpo, en un ejemplo se podría simplificar diciendo que un cuerpo de dimensiones 1 metro de alto, 1 metro de ancho y 1 metro de espesor tendrá en consecuencia 1 m^3 de volumen.

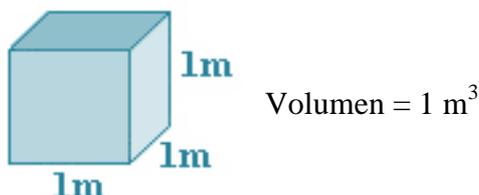


Figura 1. Volumen de un Cubo.

Fuente: (Portillo, 2009)

Equivalencias:

$$1 \text{ m}^3 = 35,315 \text{ ft}^3$$

$$1 \text{ litro} = 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ galón} = 3,7854 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ litro} = 0,2642 \text{ galones}$$

- **PRESIÓN.**

La presión se define como la distribución de una fuerza en una superficie o área determinada.

$$P = \frac{F}{A} \tag{Ec.1.1}$$

Unidades:

Sist. Internacional: $\text{N/m}^2 \rightarrow \text{Pascal (Pa)}$

Sist. Técnico: Kg/cm^2

Sist. Inglés: $\text{lb/pulg}^2 \rightarrow \text{SI}$

Equivalencias:

1 bar = 10^5 Pa ; **1 bar** = $14,5 \text{ lb/pulg}^2$; **1 bar** = $1,02 \text{ Kg/cm}^2$

Presión atmosférica = $1,013 \text{ bar} = 1,033 \text{ Kg/cm}^2 = 14,7 \text{ PSI} = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg}$

PRESIÓN EN LÍQUIDOS. (Wikipedia, 2013)**PRESIÓN HIDROSTÁTICA.**

Corresponde a la presión que soportan los cuerpos inmersos en un líquido o fluido por el simple y sencillo hecho de sumergirse dentro de este.

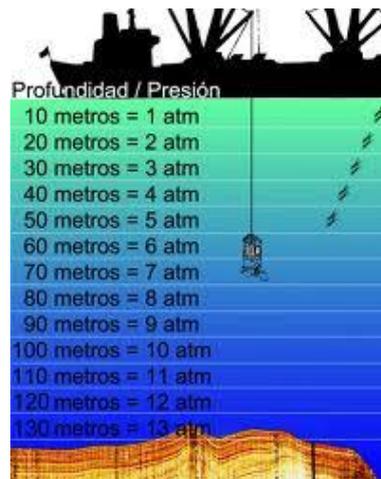


Figura 2 Presión Hidrostatica.

Fuente: (Wikipedia, 2013)

$$P = h * \rho * g \quad (\text{Ec.1.2})$$

Dónde:

P = Presión (Pascal = 1 N/m^2)

h = Altura (m)

ρ = Densidad

g = Gravedad (m/s^2)

PRESIÓN POR FUERZAS EXTERNAS.

Se origina al actuar una fuerza externa sobre un líquido confinado. La presión se divide uniformemente en todas las direcciones y es igual en todos lados. Esto acontece despreciando la presión que genera el propio peso del líquido (hidrostática), que en teoría debe adicionarse en función de la altura, sin embargo se anula puesto que los valores de presión con que se trabaja en hidráulica son muy superiores.

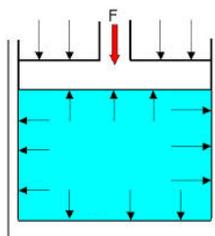


Figura 3 Presión por fuerzas externas.

Fuente: (Wikipedia, 2013)

PRESIÓN ABSOLUTA.

Esta es considerando la presión atmosférica:

$$P_{ABSOLUTA} = P_{ATMOSFERICA} + P_{RELATIVA} \quad (\text{Ec.1.3})$$

PRESIÓN RELATIVA O MANOMÉTRICA.

Es la presión interna de un sistema propiamente tal, es decir, la presión que indica el manómetro del sistema.

PRESIÓN DE VACÍO.

Es considerado como presión de vacío, a aquellas presiones negativas, que son las que se pueden leer en el vacuómetro.

- **PESO ESPECÍFICO. (Fernando)**

Corresponde a la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia.

Utilizando la letra griega (gamma) para denotar el peso específico. El peso específico está relacionado con la temperatura y de la presión.

$$\left. \begin{aligned} \gamma &= \frac{W}{V} \\ \gamma &= \rho * g \end{aligned} \right\} \quad (\text{Ec.1.4})$$

Dónde:

γ = Peso específico

W = Peso ($p = m * g$)

V = Volumen del fluido

ρ = Densidad

- **DENSIDAD.**

Es la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia. Por consiguiente, utilizando la letra griega ρ para la densidad

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{Ec.1.5})$$

Dónde:

ρ = Densidad

m = Masa

V = Volumen del fluido

- **TEMPERATURA. (Wikipedia, 2013)**

Es una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica.

Está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como energía cinética, que es la energía relacionada a los movimientos de las partículas del sistema, éste puede estar en sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones.

En la escala Fahrenheit 0°C y 100°C corresponden a 32°F y 212°F respectivamente. En la escala Kelvin, se empieza desde 0 (cero) absoluto y a 0°C y 100°C le corresponde 273°K y 373°K respectivamente.

- **VISCOSIDAD. (INACAP, 2012)**

Corresponde a la resistencia que se opone un fluido al movimiento o a escurrir. Esta propiedad está relacionada directamente con la temperatura. Si esta aumenta, la viscosidad del fluido disminuye, si la temperatura disminuye la viscosidad aumenta.

✓ VISCOSIDAD DINÁMICA O ABSOLUTA.

Las moléculas del fluido se presentan fuerzas que mantienen unido al líquido, denominadas de cohesión. Al revolver las moléculas con respecto a otras, entonces se produce fricción. El coeficiente de fricción interna de un fluido se denomina viscosidad y se designa con la letra griega μ .

Unidades: $\frac{kg*s}{m^2}$; Poise (P); Pascal-Segundo (Pa-S); centiPoise (cP)

Equivalencias:

$$1 \frac{kg * s}{m^2} = 98,066 \text{ Poise} = 9.806 \text{ Pa} - s = 9806,65 \text{ cP}$$

$$1 \text{ P} = 0,1 \text{ Pa} - s = 100 \text{ cP}$$

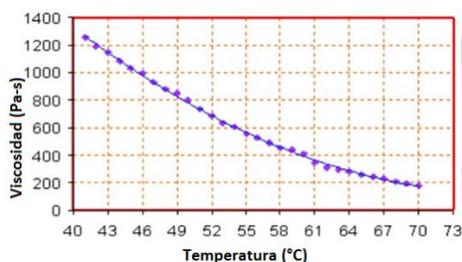


Figura 4. Diagrama de Viscosidad Dinámica Vs Temperatura.

Fuente: (INACAP, 2012)

✓ VISCOSIDAD CINEMÁTICA

Consiste a la relación que existe entre la viscosidad dinámica μ y la densidad ρ .

$$\delta = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{Ec.1.6})$$

Unidades: m^2/s

Equivalencias:

$$1 \text{ m}^2/s = 10000 \text{ St} = 1 \times 10^6 \text{ cSt}$$

• CAUDAL.

Es el volumen de fluido que cruza una determinada sección transversal de un conducto por unidad de tiempo.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (\text{Ec.1.7})$$

Dónde:

Q = Caudal

V = Volumen

t = Tiempo

Unidades:

lt/min

m³/h

Gal/min

Equivalencias: **1 litro = 0,2642 galones**

• **DEFINICIÓN DE FLUIDOS. (Circuitos Hidráulicos Y Neumáticos)**

En algunas sustancias que por efecto de su poco enlace intermolecular, no posee forma propia y adopta la forma del recipiente que lo contiene. Los fluidos pueden clasificarse en gases y líquidos.

FLUIDOS HIDRÁULICOS.

MISIÓN DE UN FLUIDO EN HIDRÁULICA.

1. Transmisión de potencia
2. Lubricación
3. Reducir fugas
4. Disminuir pérdidas de carga

FLUIDOS EMPLEADOS.

- Aceites minerales procedentes de la destilación del petróleo
- Agua – glicol
- Fluidos sintéticos
- Emulsiones agua – aceite

GENERALIDADES.

El aceite en sistemas hidráulicos desempeña la doble función de lubricar y transmitir potencia.

Constituye un factor vital en un sistema hidráulico, y por lo tanto, debe hacerse una selección cuidadosa del aceite con la asistencia de un proveedor técnicamente bien capacitado.

Una selección adecuada del aceite asegura una vida y funcionamiento satisfactorios de los componentes del sistema, principalmente de las bombas y motores hidráulicos y en general de los actuadores.

Algunos de los factores especialmente importantes en la selección del aceite para el uso en un sistema hidráulico industrial, son los siguientes:

1. El aceite debe contener aditivos que permitan asegurar una buena característica anti desgaste. No todos los aceites presentan estas características de manera notoria.
2. El aceite debe tener una viscosidad adecuada para mantener las características de lubricante y limitante de fugas a la temperatura esperada de trabajo del sistema hidráulico.
3. El aceite debe ser inhibidor de oxidación y corrosión.
4. El aceite debe presentar características antiespumantes.

1.5 PRINCIPIO DE PASCAL. (Harita, 2011)

Debido a que los líquidos son prácticamente incompresibles, cualquier presión que se ejerce sobre ellos se transmite de manera íntegra e inmediata a todos los puntos del líquido.

Blaise Pascal, científico francés del siglo XVII estudió cómo se transmite la presión que se ejerce sobre un fluido y el efecto que se observa lleva su nombre: La presión aplicada a un fluido encerrado y en reposo se transmite íntegramente y en todas direcciones a todos los puntos del fluido y a las paredes del recipiente que lo contiene.



Figura 5 Principio de Pascal

Fuente: (Harita, 2011)

1.6 PRINCIPIO DE CONTINUIDAD.

Está referida a líquidos, son incompresibles, y por tal motivo poseen una densidad constante, esto involucra que en un conducto que tiene varias secciones, circula en forma continua un líquido, por cada tramo de conducción o por cada sección pasarán los mismos volúmenes por unidad de tiempo, es decir el caudal se mantendrá constante; entendiendo por caudal la cantidad de líquido que circula en un tiempo determinado. ($Q = V/t$).

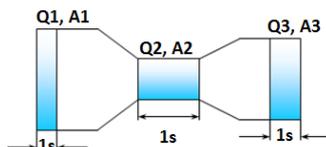


Figura 6 Principio de continuidad

Fuente: (Harita, 2011)

$$Q = AxV \quad (\text{Ec.1.8})$$

$$A1 \times v1 = A2 \times v2 = A3 \times v3 = \text{Constante}$$

Representa el término matemática de la Ley o principio de continuidad: las velocidades y las secciones o áreas son inversamente proporcionales entre sí.

Como habitualmente las secciones son circulares, podemos traducir la expresión:

$$(\pi * r_1^2) * V_1 = (\pi * r_2^2) * V_2 \quad (\text{Ec.1.9})$$

1.7 ECUACIÓN DE LA ENERGÍA (TEOREMA DE BERNOULLI).

El fluido hidráulico, en un sistema que trabaja contiene energía bajo tres formas:

- ✓ **ENERGÍA POTENCIAL:** que depende de la altura de la columna sobre el nivel de referencia y por ende de la masa del líquido.
- ✓ **ENERGÍA HIDROSTÁTICA:** debida a la presión.
- ✓ **ENERGÍA CINÉTICA:** o hidrodinámica debida a la velocidad.

El principio de Bernoulli establece que la suma de estas tres energías debe ser constante en los distintos puntos del sistema, esto implica por ejemplo, que si el diámetro de la tubería varía, entonces la velocidad del líquido cambia. Así pues, la energía cinética aumenta o disminuye; como ya es sabido, la energía no puede crearse ni destruirse, en consecuencia esta variación de energía cinética será

compensada por un aumento o disminución de la energía de presión. Lo antes mencionado, se encuentra resumido en la siguiente ecuación:

$$h + \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = \text{Constante} \quad (\text{Ec.1.10})$$

Dónde:

h = Altura

P = Presión

γ = Peso específico del líquido

v = Velocidad

g = Aceleración gravitatoria

y

h = Energía potencial

P/γ = Energía de presión

$v^2/2g$ = Energía cinética o de velocidad

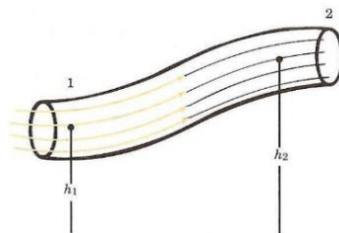


Figura 7 Ecuación de la energía (Teorema de Bernoulli).

Fuente: (Harita, 2011)

Por tal motivo si se consideran dos puntos de un sistema como en la **Figura 7** la suma de energía debe ser constante en condición ideal; así se tiene que:

$$h_1 + \frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{v_2^2}{2g} \quad (\text{Ec.1.11})$$

En tuberías horizontales como se observa en la **Figura 8** se considera $h_1 = h_2$; por lo tanto: $h=0$.

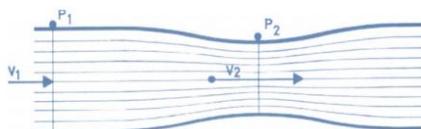


Figura 8 Ecuación de la energía en Tuberías Horizontal.

Fuente: (Harita, 2011)

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} \quad (\text{Ec.1.12})$$

E presión1 + E velocidad1 = E presión2 + E velocidad2

Los accesorios, la distancia de la tubería, la rugosidad de la tubería, la sección de las tuberías y la velocidad del flujo provocan pérdidas o caídas de presión que son necesarias considerar a la hora de realizar balances energéticos, por lo tanto la ecuación se traduce en:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \textit{Pérdidas regurales y singulares} \quad (\text{Ec.1.13})$$

Condición real y con altura cero, o sistema en posición horizontal.

PÉRDIDAS REGULARES: Se encuentra relacionada con las particularidades propias de la tubería.

PÉRDIDAS SINGULARES: Corresponde a las pérdidas o caídas de presión que provocan los accesorios. (Válvulas, codos, reguladoras de presión, etc.)

1.8 SISTEMAS DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADA. (SKF, 2002)

El principio de funcionamiento consiste en utilizar una bomba para repartir grasa o aceite desde un depósito central hacia los puntos de lubricación de forma completamente automática. Este sistema aporta perfectamente las cantidades de grasa o aceite especificadas por los fabricantes de maquinaria como se mira en la **Figura 9**. Todos los puntos de lubricación alcanzados reciben el suministro óptimo de lubricante, reduciendo el desgaste. Como consecuencia se incrementa considerablemente la vida de servicio de los elementos de la máquina y a su vez se reduce el consumo de lubricante.

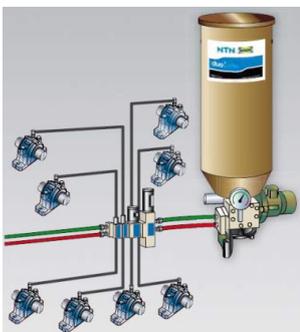


Figura 9 Engrase automático de doble línea.

Fuente: (SKF, 2002)

Los sistemas de lubricación por circulación de aceite permiten que el lubricante vuelva al depósito para ser reutilizado luego de pasar por los puntos de fricción. De este modo, el lubricante es aún más beneficioso, dado que transfiere fuerzas y amortigua vibraciones; elimina las partículas abrasivas de los puntos de fricción; estabiliza la temperatura (enfriado o calentamiento) en esos puntos; evita la corrosión y elimina agua condensada y de proceso.

Dentro de las categorías mencionadas, los tipos primarios de instalación incluyen los sistemas de lubricación de línea simple, de línea doble y de alimentadores progresivos. Sus características son:

1.8.1 LÍNEA SIMPLE.

Estos sistemas de lubricación de pérdida total suministran cantidades relativamente pequeñas de lubricante (aceite o grasa fluida hasta NLGI grado 2) para cubrir con precisión la cantidad consumida. Como tal, operan en forma intermitente según se requiera.

El lubricante se puede suministrar mediante bombas de pistón accionadas en forma manual, mecánica, hidráulica o neumática, o mediante bombas de engranaje eléctricas.

En estos sistemas, el lubricante lo dosifican los distribuidores a pistón instalados en el sistema de cañerías. Las boquillas dosificadoras intercambiables de los distribuidores posibilitan suministrar, a cada punto de lubricación, la cantidad requerida de lubricante por cada carrera del pistón o ciclo de trabajo de la bomba.

Las cantidades medidas están en el rango de 0,01 a 1,5 cm³ por impulso de lubricación y punto de lubricación. La cantidad de impulsos de lubricación también puede influir en la cantidad de lubricante a suministrarse a los puntos de lubricación. Como se mira en la **Figura 10**.

La disposición estándar de un sistema de lubricación de pérdida total de línea simple incorpora una bomba y un distribuidor a pistón cargado por resorte; línea principal (conecta a bomba y distribuidor); y línea secundaria (conecta al distribuidor y al punto de lubricación).

Al operar como sistema de lubricación de pérdida total, no se requiere línea de retorno de aceite desde el punto de lubricación hasta el depósito de aceite.

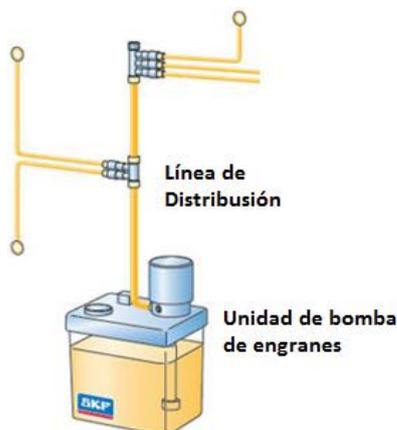


Figura 10 Lubricación automática de Línea Simple.

Fuente: (SKF, 2002)

1.8.2 LÍNEA DOBLE.

Estos sistemas pueden suministrar aceite o grasa (hasta NLGI grado 2) hasta un total de 1000 puntos de lubricación (y se pueden agregar o eliminar fácilmente los puntos de distribución).

Se pueden configurar para funcionar como versiones de pérdida total o por circulación de aceite. Su disposición consta de dos líneas principales con sus respectivas líneas secundarias y accesorios; una bomba con depósito accionada por electricidad; alimentadores de línea doble; válvula de inversión y unidad de control. Como se mira en la **Figura 11**.

Todos los distribuidores de un sistema se presurizan al mismo tiempo, lo que resulta en bajas pérdidas de presión, y el "reinicio o reseteado" del pistón de suministro es simultáneo con su segunda carrera, que ocurre a la presión máxima de la bomba.

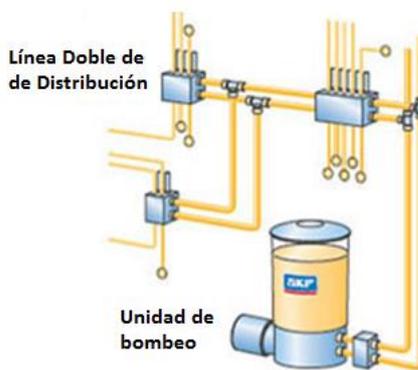


Figura 11 Lubricación automático de Línea Doble.

Fuente: (SKF, 2002)

Esta característica hace a las versiones de línea doble especialmente adecuadas para sistemas extensos y tipos de grasas más viscosos. Se pueden especificar montajes con o sin sellos de compresión para funcionar en condiciones operativas de servicio pesado o liviano.

1.8.3 ALIMENTADOR PROGRESIVO.

Ya sea que funcionen como sistema de pérdida total o por circulación de aceite, están diseñados para el suministro intermitente de lubricante (grasa hasta NLGI grado 2) y pueden manejar hasta varios cientos de puntos de lubricación. Además, ofrecen la capacidad de proveer monitoreo central de todas las salidas del alimentador, si se desea, a un costo relativamente bajo.

Estas instalaciones utilizan bombas de pistón accionadas en forma manual, neumática o eléctrica. Como se mira en la **Figura 12**. Las cantidades dosificadas de lubricante se suministran progresivamente, en proporciones predeterminadas, desde los alimentadores maestros a los puntos de lubricación, ya sea en forma directa o mediante un alimentador secundario descendente. El lubricante no sale del alimentador respectivo hasta que el anterior no ha descargado el volumen correspondiente.

Si un punto de lubricación no acepta ningún lubricante, independientemente de la causa, o si se bloquea un alimentador secundario, se interrumpe el ciclo completo de lubricación, interrupción que se puede utilizar para emitir una señal que alerte a los operadores del problema.

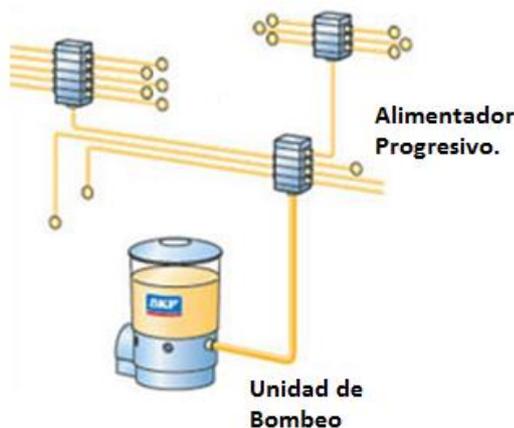


Figura 12 Lubricación automática con Alimentador Progresivo.

Fuente: (SKF, 2002)

1.9 ELEMENTOS Y ACCESORIOS HIDRÁULICOS.

1.9.1 BOMBAS. (sapiensman)

Son los elementos encargados de impulsar el aceite o líquido hidráulico, transformando la energía mecánica rotatoria en energía hidráulica. El proceso de transformación de energía se efectúa en dos etapas: aspiración y descarga.

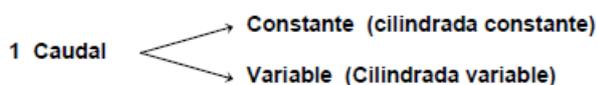
ASPIRACIÓN.

Al unirse energía mecánica a la bomba, ésta inicia a girar y con esto a generar una disminución de la presión en la entrada de la bomba, como la reserva de aceite se encuentra sometido a presión atmosférica, se genera una diferencia de presión lo que provoca la succión y con ello el impulso del aceite hacia la entrada de la bomba.

DESCARGA.

Al entrar aceite, la bomba lo toma y lo traslada hasta la salida y se asegura por la forma constructiva que el fluido no retroceda. Dado esto, el fluido no encontrará más alternativa que ingresar al sistema que es donde se encuentra espacio disponible, consiguiéndose así la descarga.

CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS.



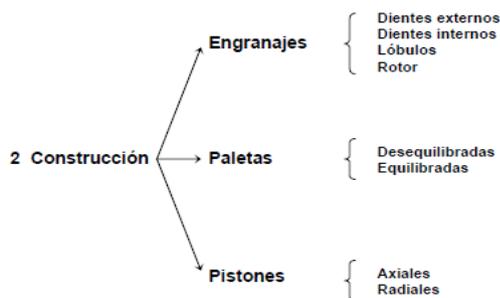


Figura 13 Clasificación de las bombas.

Fuente: (sapiensman)

- **BOMBA DE ENGRANAJES DE DIENTES EXTERNOS. (M, 2011)**

Las bombas de engranaje de la **Figura 14**. Son el “caballo de batalla” de los sistemas hidráulicos. Se utilizan mucho porque son sencillas y económicas.

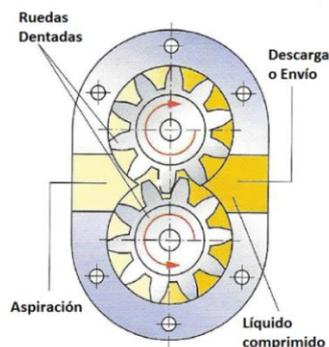


Figura 14 Bomba de engranajes de dientes externos.

Fuente: (M, 2011)

Aunque con ellas no se pueda variar el caudal de aceite que entregan, su capacidad es suficiente para las necesidades de la mayoría de los sistemas que necesitan un caudal fijo. Muy a menudo se emplean también como bombas de carga de otras bombas más grandes y de otros tipos.

- **BOMBA DE TORNILLO.**

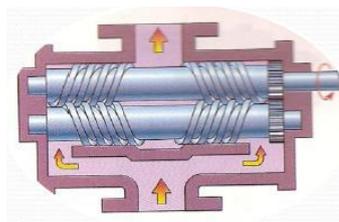


Figura 15 Bomba de tornillo.

Fuente: (M, 2011)

Está constituida por dos o tres tornillos helicoidales como se observa en la **Figura 15**. Que engranan entre sí, ajustando perfectamente bien con la carcasa en la que se encuentran contenidos. Uno de los tornillos está accionado por el motor y transmite su movimiento a los otros, obligando al aceite a trasladarse axialmente. El caudal es muy uniforme y las bombas de este tipo resultan muy silenciosas.

- **BOMBA DE LÓBULO.**

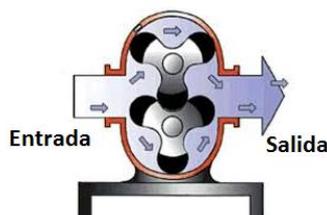


Figura 16 Bomba de lóbulos.

Fuente: (M, 2011)

Funciona de acuerdo al principio de la bomba de engranajes de dientes externos, es decir, ambos elementos giran en sentidos opuestos, con lo que se logra aumentar el volumen y disminuir la presión y por ello conseguir la aspiración del fluido.

1.9.2 DEPÓSITO O TANQUE. (Gil.A, 2006)

Son creados y construidos para acumular el flujo hidráulico, su diseño influye considerablemente la función y rendimiento del sistema hidráulico. El depósito es denominado estanque, se diseñan para que cumplan varias funciones que son:

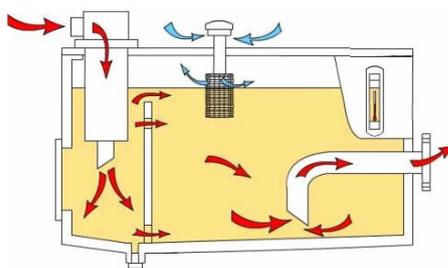


Figura 17 Depósito o tanque.

Fuente: (Gil.A, 2006)

- Acumular el fluido requerido por el sistema.
- Desprender el calor generado en el sistema.
- Debe tener espacio para que el aire se separe del fluido.
- Permitir que los contaminantes se diluyan y depositen en el fondo.
- Impedir que este sea un medio de contaminación para el circuito.

1.9.3 VÁLVULAS. (Mireilly, s.f.)

Para el tratamiento de la información y órganos de mando es preciso emplear aparatos que controlen y dirijan el flujo de forma preestablecida, lo que obliga a disponer de una serie de elementos que efectúen las funciones deseadas relativas al control y dirección del flujo del aire comprimido o aceite.

Las válvulas en términos generales, tienen las siguientes misiones:

- ✓ Distribuir el fluido
- ✓ Regular caudal
- ✓ Regular presión

- **VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS.**

Corresponde a válvulas de varias vías los cuales establecen el camino que debe seguir el fluido bajo presión para efectuar operaciones tales como puesta en marcha, paro, dirección, etc.

- **VÁLVULAS REGULADORAS DE CAUDAL.**

No están restringidas a la reducción de la velocidad de los cilindros o actuadores en general, pues además tienen gran aplicación en accionamientos retardados, temporizaciones, impulsos, etc.

Hay diferentes casos en los que se precisa que la vena fluida sea susceptible de regularse en una dirección, pero que quede libre de regulación en la dirección contraria. En estos casos se recurre al empleo de reguladores de caudal unidireccionales.

- **VÁLVULA DE RETENCIÓN (CHECK, CLAPET, DE BLOQUEO O ANTIRRETORNO).**

Permite la circulación del fluido en un solo sentido, en la dirección contraria se cierra impidiendo el paso.

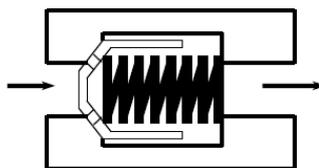


Figura 18 Esquema de válvula antirretorno.

Fuente: (Mireilly, s.f.)

Ciertas válvulas reguladoras de caudal, se pueden diferenciar según de la forma que tenga el elemento de cierre o de regulación del fluido. Así se tiene, entre otras:

- **VÁLVULA DE COMPUERTA.**

El flujo cuando atraviesa por una válvula de compuerta siempre es recta y pasa justo por el centro de ésta. El tamaño del orificio se modifica haciendo girar el vástago de la válvula, acción que mueve una compuerta o cuña que se interpone en la trayectoria del flujo.

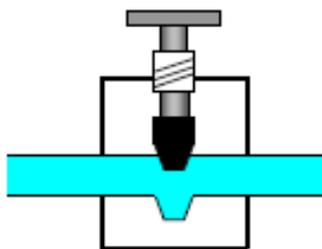


Figura 19 Válvula de compuerta.

Fuente: (Mireilly, s.f.)

Las válvulas de compuerta no están diseñadas para regular caudal, pero se les usa con este fin cuando sólo se requiere una regulación gruesa del caudal.

- **VÁLVULA DE ESFERA.**

La dirección a través de una válvula de esfera no es recta; después de entrar en el cuerpo de la válvula, el flujo gira 90° y pasa por una abertura, en la que se asienta un tapón o una esfera. La distancia entre tapón (o esfera) y asiento se puede variar a voluntad, lo que permite regular el tamaño del orificio.

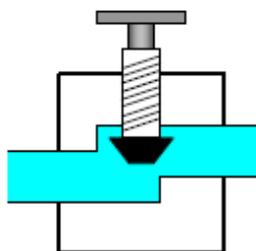


Figura 20 Válvula de esfera.

Fuente: (Mireilly, s.f.)

- **VÁLVULAS DE PRESIÓN.**

Las válvulas de presión ejercen influencia sobre la presión del fluido o bien reacciona frente a valores de presión determinados.

Las principales válvulas de presión son:

1. Válvula reductora de presión
 2. Válvula de control de presión
 3. Válvula de seguridad
- **VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN.**

La válvula reguladora tiene por tarea mantener en línea sistema un valor de presión constante aún si la red de alimentación tiene presiones de valor oscilante y consumos variables.

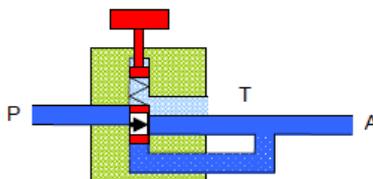


Figura 21 Válvula reguladora de presión.

Fuente: (Mireilly, s.f.)

CAMPO DE APLICACIÓN:

- ✓ Alimentación centralizada de instalaciones de aire comprimido
- ✓ Unidad de mantenimiento de un sistema
- ✓ Regulación de fuerzas en cilindros
- ✓ Regulación de los torques en motores
- ✓ En todos los lugares donde se requiera una presión constante para realizar un trabajo seguro y confiable

Un regulador de presión funciona en un solo sentido, debe prestarse atención a una conexión correcta.

- **VÁLVULA DE SECUENCIA.**

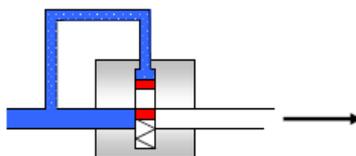


Figura 22 Válvula de secuencia.

Fuente: (Mireilly, s.f.)

Una válvula de secuencia tiene por función, luego de alcanzar cierta presión entregar una señal de salida. Esta señal de salida puede estar dentro del campo de las presiones bajas o normales, y también puede ser eléctrica. La presión de respuesta de una válvula de secuencia, generalmente es regulable.

- **VÁLVULA DE SEGURIDAD.**

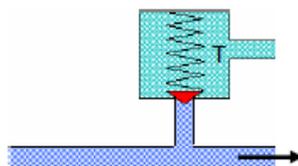


Figura 23 Válvula de seguridad.

Fuente: (Mireilly, s.f.)

Una válvula de seguridad es el elemento indispensable en instalaciones hidráulicas y es el aparato que más cerca debe ponerse de la bomba, su misión es limitar la presión máxima del circuito para proteger a los elementos de la instalación. Esta válvula, también conocida como VLP, actúa cuando se alcanza el valor de la presión regulada en el resorte.

1.9.4 FLUJÓMETROS O CAUDALÍMETRO.

El medidor de caudal en línea ha sido diseñado para realizar comprobaciones del caudal circulante en los circuitos hidráulicos. Pueden ser instalados en forma fija o ser utilizados como aparato de control portátil, dentro del servicio de mantenimiento, para realizar comprobaciones y detectar las posibles fallas existentes en el circuito. No deben instalarse en líneas donde el caudal de aceite puede ser reversible.

Dan lectura directa del caudal, sin necesidad de conexiones eléctricas o dispositivos especiales. Se puede montar en cualquier posición, aunque es preferible montarlos horizontalmente.



Figura 24 Flujómetro.

Fuente: (Mireilly, s.f.)

El caudalímetro tipo rotámetro lleva un peso (indicador) que al ser arrastrado por el fluido, marca en una escala en **lt/min** o **gal/min**. No deben colocarse en lugares donde el aceite circule en ambos sentidos. Para facilitar su montaje, llevan una flecha indicando el sentido en que circula el fluido.

Un tipo de caudalímetro más preciso es el de tipo de turbina; en éstos, el paso del aceite hace girar una turbina que manda una señal eléctrica a un sensor y un convertidor transforma la señal en lt/min o gal/min, ejemplo de este tipo de medidor es el de la red pública de agua potable.

1.9.5 MANÓMETROS. (sapiensman)

Un manómetro es un dispositivo que mide la intensidad de una fuerza aplicada (presión) a un líquido o gas. Estos pueden ser de dos clases:

1. Equilibran la presión desconocida con otra que se conoce. A este tipo pertenece el manómetro de vidrio en U, en el que la presión se determina midiendo la diferencia en el nivel del líquido de las dos ramas.
2. Los que la presión desconocida actúa sobre un material elástico que produce el movimiento utilizado para poder medir la presión. A este tipo de manómetro pertenece el manómetro de tubo de Bourdon, el de pistón, el de diafragma, etc.

• MANÓMETRO DE BOURDON.

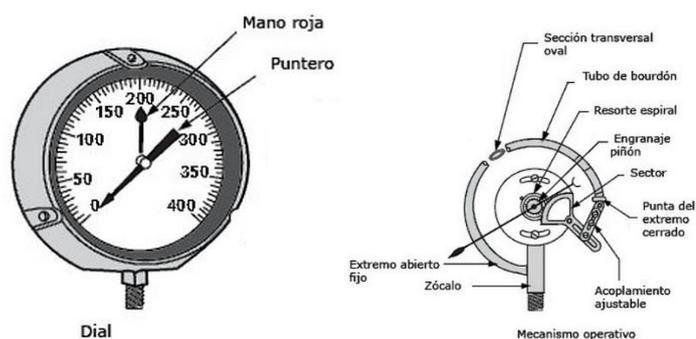


Figura 25 Manómetro de bourdon.

Fuente: (sapiensman)

El manómetro consiste de una carátula calibrada en unidades PSI o Kpa y una aguja indicadora conectada a través de una articulación a un tubo curvado de metal flexible llamado tubo de bourdon.

Acorde se incrementa la presión en un sistema, el tubo de bourdon tiende a enderezarse debido a la diferencia en áreas entre sus diámetros interior y exterior. Esta acción ocasiona que la aguja se mueva e indique la presión apropiada en la carátula.

El manómetro de tubo de bourdon, es por lo general, un instrumento de precisión cuya exactitud varía entre 0,1% y 3% de su escala completa. Son empleados frecuentemente para fines de experimentación y en sistemas donde es importante determinar la presión.

- **MANÓMETRO DE DIAFRAGMA.**

Posee una lámina ondulada o diafragma que transmite la deformación producida por las variaciones de presión.

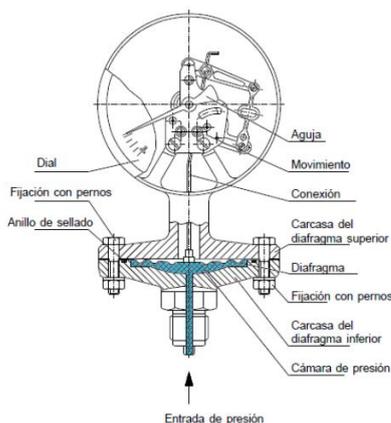


Figura 26 Manómetro de diafragma.

Fuente: (sapiensman)

1.9.6 FILTROS. (BALDWIN FILTERS, 2013)

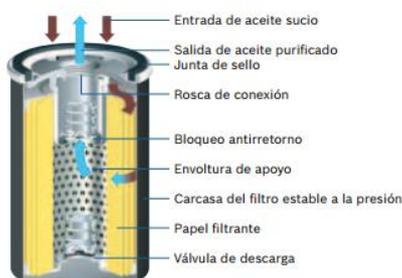


Figura 27 Filtro de aceite hidráulico.

Fuente: (BALDWIN FILTERS, 2013)

El filtro hidráulico que antes no existía en los sistemas hidráulicos, ahora se ha transformado en un componente crítico. De hecho, son muy pocas las áreas de

filtración que han cambiado con tanta rapidez como la hidráulica. La razón de un cambio tan rápido es que los sistemas hidráulicos están reemplazando a otros tipos de transmisiones. Para mejorar la seguridad y eficiencia, los diseñadores de equipos utilizan la hidráulica para reemplazar correas, cadenas, cables y otros métodos de transferencia de energía.

Esto requiere tolerancias más restringidas, tiempos de ciclo más rápidos, intervalos de servicio prolongados y sistemas más completos, todos exigiendo más del filtro.

Debido a todas estas exigencias en los sistemas hidráulicos actuales, es imprescindible mantener la limpieza del sistema mediante la filtración apropiada para garantizar máxima eficiencia y confiabilidad.

Los elementos que constituyen contaminantes para el aceite pueden ser entre otros:

- ✓ Agua
- ✓ Ácidos
- ✓ Hilos y fibras
- ✓ Polvo, partículas de junta y pintura y el elemento que debe retener estos contaminantes es el filtro.

Para evitar que los aceites entren en contacto con elementos contaminantes; puede procurarse lo siguiente:

1. En reparaciones, limpiar profusamente.
2. Limpiar el aceite antes de hacerlo ingresar al sistema.
3. Cambiar el aceite contaminado periódicamente
4. Contar con un programa de mantención del sistema hidráulico
5. Cambiar o limpiar los filtros cuando sea necesario

ELEMENTOS FILTRANTES.

La ocupación de un filtro mecánico es mover la suciedad de un fluido hidráulico. Esto se hace al forzar la corriente fluida a pasar a través de un elemento filtrante poroso que captura la suciedad. Los elementos filtrantes se dividen en dos tipos: de profundidad y de superficie.

ELEMENTOS TIPO PROFUNDIDAD.

Obligan al fluido a pasar a través de diversas capas de un material de espesor considerable. Las impurezas son atrapadas a causa de la trayectoria sinuosa que adopta el fluido. El papel tratado y los materiales sintéticos son medios porosos comúnmente usados en elementos de profundidad.

ELEMENTOS DE TIPO SUPERFICIE.

Son elementos filtrantes tipo superficie la corriente de fluido tiene una dirección de flujo recta, a través de una capa de material. La suciedad es atrapada en la superficie del elemento que está orientada hacia el flujo del fluido. La tela de alambre y el metal perforado son tipos comunes de materiales usados en los elementos de superficie.

1.10 SENSORES.

1.10.1 PRESOSTATO. (Wikipedia, 2013)

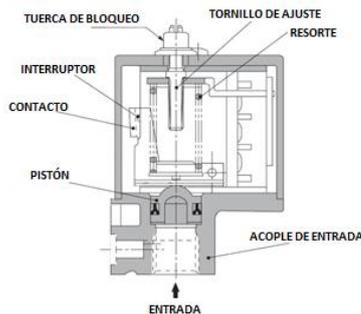


Figura 28 Presostato.

Fuente: (Wikipedia, 2013)

Convierte la señal neumática o hidráulica en una señal eléctrica la cual se utiliza para energizar una electroválvula o desenergizar un motor.

1.10.2 SENSOR DE TEMPERATURA. (ARIAN Control & Instrumentación.)

El detector de resistencia metálica RTD (PT100), es uno de los sensores más precisos de temperatura. Se caracteriza por su excelente estabilidad, usualmente es utilizado para medir temperaturas de 0 °C a 450 °C.



Figura 29 Sensor de temperatura PT100.

Fuente: (ARIAN Control & Instrumentación.)

Una Pt100 es un transmisor de temperatura el cual consiste en un alambre de platino el cual a 0 °C tiene una resistencia de 100Ω y mientras la temperatura aumenta su resistencia eléctrica de igual forma.

La resistencia no es lineal pero si es creciente y característico del platino, mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.

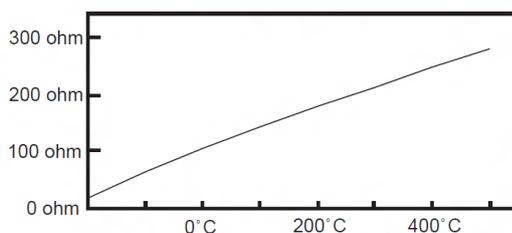


Figura 30 Diagrama de Temperatura vs Resistencia PT100

Fuente: (ARIAN Control & Instrumentación.)

Las Pt100 de aplicaciones industriales se consiguen encapsuladas de la misma forma que una termocupla, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material, en un extremo está el alambre de platino y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio.

VENTAJAS DE LA PT100.

- ✓ Las Pt100 son levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °).
- ✓ Las Pt100 facilitan precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso.

- ✓ Las Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión

1.10.3 SENSORES DE FLUJO.

- **CAUDALÍMETRO.**

Se usa para medir caudal de líquidos limpios mediante la detección de la rotación de los álabes de una turbina colocada en la corriente de flujo. Las partes básicas del medidor son el rotor de turbina y el detector magnético. El fluido que circula sobre los álabes del rotor lo hace girar y la velocidad rotacional es proporcional al caudal volumétrico.

El detector magnético consiste de un imán permanente con devanados de bobina que capta el pasaje de los álabes de turbina.



Figura 31 Caudalímetro.

Fuente: (ARIAN Control & Instrumentación.)

El paso de los álabes delante del detector hace interrumpir el campo magnético y produce una tensión en la bobina.

La frecuencia con que se genera esta tensión es proporcional al caudal y se la acondiciona en una salida de pulsos y/o analógica.

- **CAUDALÍMETRO MAGNÉTICO.**

Su funcionamiento se basa en la Ley de Faraday de inducción magnética. Una partícula cargada eléctricamente que pasa a través de un campo magnético produce una tensión que es perpendicular tanto al campo magnético como al vector velocidad y esta tensión es proporcional a la velocidad de la partícula.

Dado que un líquido conductivo contiene partículas cargadas, al pasar a través de un campo magnético, producirá una tensión (Ley de Faraday).

Los caudalímetros magnéticos generan un campo magnético perpendicular a la corriente de flujo y miden la tensión producida por el fluido que pasa a través del instrumento. La tensión producida es proporcional a la velocidad media del fluido.

Esta tensión es acondicionada y suministrada como salida analógica.

Suelen venir instalados en un carretel adaptador.

Los diámetros libres son críticos para su correcto funcionamiento. Solo sirven para fluidos polares.



Figura 32 Caudalímetro magnético.

Fuente: (ARIAN Control & Instrumentación.)

1.11 TUBERÍAS. (DPTO. ING QUIMICA Y TEXTIL, s.f.)

Las tuberías son conductos cilíndricos de material, diámetro y longitud variable. Se dividen en tuberías y tubos.

- ✓ Las tuberías tienen unas dimensiones normalizadas.
- ✓ Los tubos son los no fabricados en tamaños estándar.

Las tuberías se identifican por su diámetro externo y su espesor. El espesor se expresa por el número de lista (Schedule)

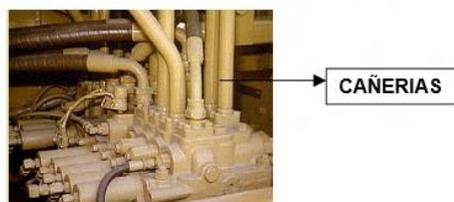


Figura 33 Cañerías.

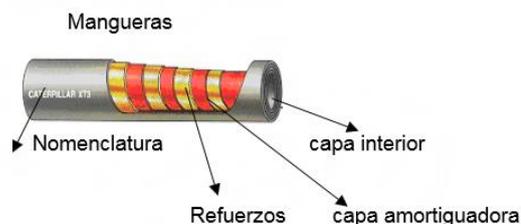


Figura 34 Mangueras hidráulicas.

Fuente: (DPTO. ING QUIMICA Y TEXTIL, s.f.)

Existe una equivalencia entre número de lista y terminología de peso Standard

Sch40 = Peso Estándar (S)

Sch80 = Peso Extra Fuerte (XS)

Sch160 = Peso Doble Extra Fuerte (XXS)

El número de lista (Schedulu) está relacionado con la presión de diseño de la tubería. De acuerdo a las clases de tuberías por resistencia a presión de ASA (American Standar Asociation) tenemos:

Tabla 1

Clases de tuberías por resistencia a presión de ASA.

ASA Pressure Class (psi)	Presión equiv (bar)	Schedule N°. Of Pipe
≤250	≤17	40
300-600	20-40	80
900	60	120
1500	100	160
2500 (1/2in-6in)	170 (1/2in-6in)	XXS
2500 (≥8in)	170 (≥8in)	169

La tolerancia del espesor de tuberías es generalmente del 12,5% (Una tubería puede tener un espesor del 87.5% del nominal).

1.12 ACOPLER RÁPIDOS.

1.12.1 ACOPLER RÁPIDO CON CIERRE DE BOLA O AGUJA.

Son utilizados en equipo y maquinarias de construcción, agrícolas y mineras, en líneas de alta presión, para el transporte de aceites minerales, hidráulicos, emulsiones de agua y aceite. Hilo interior NPT

Sellos: De teflón y o'ring de acrílo nitrilo resistente a los aceites

Material: Acero carbono bicromatado color amarillo



Figura 35 Acopler rápido con cierre de bola o aguja.

Fuente: (DPTO. ING QUIMICA Y TEXTIL, s.f.)

1.12.2 ACOPLER RÁPIDO DE CARA PLANA.

Son utilizados en equipo y maquinarias de construcción (botcat), agrícolas y mineras, en líneas de alta presión, para el transporte de aceites minerales, hidráulicos, emulsiones de agua y aceite. Hilo interior NPT, BSP o UNF

Sellos: De teflón y o'ring de acrílico nitrilo resistente a los aceites

Material: Acero carbono bicromatado color amarillo



Figura 36 Acopler rápido de cara plana.

Fuente: (DPTO. ING QUIMICA Y TEXTIL, s.f.)

1.13 CODOS. (Outokumpu Fortinox S.A)

Son accesorios de forma curva que se utilizan para cambiar la dirección del flujo de las líneas tanto grados como lo especifiquen los planos o dibujos de tuberías.



Figura 37 Tipos de codos.

Fuente: (Outokumpu Fortinox S.A)

TIPOS DE CODOS

Los codos estándar son aquellos que vienen listos para la pre-fabricación de piezas de tuberías y que son fundidos en una sola pieza con características específicas y son:

- ✚ Codos estándar de 45°
- ✚ Codos estándar de 90°
- ✚ Codos estándar de 180°

1.14 TEE HIDRAULICA.

Las T son usadas para ramificar el corrido de su fuente principal de tubería hasta otra extensión, ya sea directamente al lado (90°) o a un ángulo.



Figura 38 Tee Hidráulicas.

Fuente: (Outokumpu Fortinox S.A)

La T puede tener el mismo diámetro en todos sus extremos, o reducir el diámetro en cualquiera de sus extensiones. Los ramales o laterales hacen extensiones de conexión similar, sólo que a un ángulo más pequeño.

1.15 INTERCAMBIADORES DE TEMPERATURA.

1.15.1 INTERCAMBIADORES DE CALOR ACEITE-AGUA (HYDAC)

Los refrigeradores aceite-agua tienen la ventaja que pueden mantener la temperatura del aceite a un nivel muy bajo y estable en función de la temperatura del agua.

Los intercambiadores de calor con placas se pueden suministrar en ejecución soldada y atornillada y son altamente eficientes para la transmisión del calor gracias a unas dimensiones reducidas y peso ligero.



Figura 39 Intercambiadores de calor aceite-agua

Fuente: (HYDAC)

VENTAJAS:

- Gran eficiencia con estructura compacta
- Respetuoso con el medio ambiente por su bajo consumo de agua

- Aplicaciones para los intercambiadores de calor con placas HYDAC en la industria y en la ingeniería móvil:
- Sistemas hidráulicos
- Bancos de ensayo
- Máquinas herramienta
- Prensas
- Motores
- Sistemas de lubricación
- Generadores

1.15.2 INTERCAMBIADORES DE CALOR ACEITE-AIRE (HYDAC)

Estos refrigeradores se han desarrollado especialmente para sistemas hidráulicos móviles en los cuales se requieren elevadas prestaciones en espacios muy pequeños con una instalación sencilla.



Figura 40 Intercambiadores de calor aceite-aire

Fuente: (HYDAC)

Las aplicaciones típicas son grúas móviles, bombas de cemento, taladradoras, máquinas de mantenimiento de carreteras, máquinas de construcción y máquinas agrícolas.

En los sistemas hidráulicos, la energía se transforma y se transporta. La tarea del refrigerador es evacuar este calor.

VENTAJAS DEL REFRIGERADOR DE ACEITE-AIRE

- Es ecológico.
- Es imposible intercambiar agua/aceite
- Para la puesta en marcha sólo se requiere la energía eléctrica
- Ningún otro circuito para el medio refrigerante aire

CAPÍTULO II

2 DISEÑO Y SELECCIÓN

2.1 DISEÑO Y SELECCIÓN SISTEMAS HIDRÁULICOS.

2.1.1 PARÁMETROS DE DISEÑO SISTEMA CHUMACERAS YANKEE MP5.

Para seleccionar los diferentes componentes del sistema hidráulico es necesario determinar los requerimientos de presión y caudal de aceite en el sistema.

2.1.2 TIPO DE RODAMIENTO.

Tabla 2

Datos del rodamiento de las Chumaceras Yankee MP5.

MODELO	SKF 23168 CC K/W33* RODAMIENTOS
TIPOS DE, CATEGORÍAS	RODAMIENTOS DE RODILLOS ESFÉRICOS
MARCA	SKF
DIÁMETRO INTERIOR (D)	340 mm
DIÁMETRO EXTERNO (D)	580 mm
ESPESOR (B)	190 mm

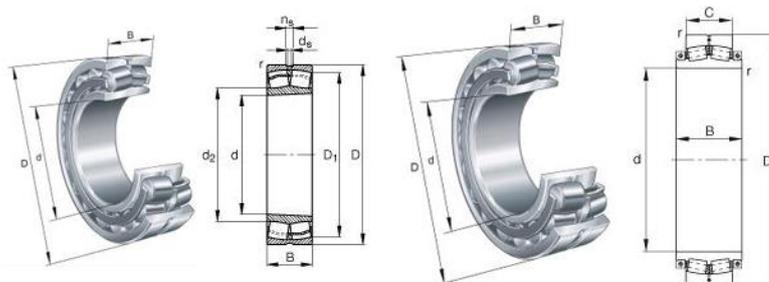


Figura 41 Esquema del Rodamiento 23168 CC K/W33

2.1.3 SELECCIÓN DE ACEITE.

La selección de aceite se debe realizar para la temperatura de funcionamiento a la cual se va encontrar trabajando el rodamiento.

$${}^{\circ}T_{\text{Operación}} = 80^{\circ}C$$

$$\text{Velocidad}_{\text{Actual}} = 1200 \text{ m/min}$$

$$\text{Velocidad}_{\text{Planeada}} = 1400 \text{ m/min}$$

$$\varnothing \text{ Rodillo Yankee} = 3,2 \text{ m}$$

Conversión de m/min a RPM

$$\frac{m}{min} * \frac{1 rev}{\pi * d} = RPM \quad (\text{Ec.2.1})$$

Dónde:

d = Diámetro del Rodillo Yankee.

$$1400 \frac{m}{min} * \frac{1 rev}{\pi * 3,2 m} = 139,26 RPM$$

Utilizando el **Anexo B-1**. Seleccionamos para 100°C y 40°C a una velocidad angular de **139,26 RPM**.

De acuerdo al diagrama presenta un aceite con las siguientes características:

Viscosidad a 40°C = 180 mm²/s = 180 cSt

Viscosidad a 100°C = 14 mm²/s = 14 cSt

Nota: 1 cSt = 1 mm²/s

De acuerdo a los aceites disponibles en planta se encuentra el aceite **MOBIL VACUOLINE 537 (DTEAA)**, que está dentro de los rangos necesarios para el correcto funcionamiento con las siguientes características de acuerdo al **Anexo B-2**.

Viscosidad a 40°C = 325 cSt

Viscosidad a 100°C 24,4 cSt

2.3. Viscosidad relativa v_1 en función al tamaño del rodamiento y la velocidad: **D= diámetro exterior; d = diámetro del agujero.**

La lubricación para rodamientos se encuentra directamente relacionada con la velocidad de trabajo, mediante la cual se puede determinar la cantidad exacta a la cual será su funcionamiento.

D= 580 mm

d= 340 mm

$$dm = \frac{(d+D)}{2} \quad (\text{Ec.2.2})$$

Dónde:

dm= Diámetro medio.

D = diámetro externo del rodamiento.

d = diámetro interno del rodamiento.

Para determinar la viscosidad relativa en el diagrama del **Anexo B-3**, se tiene los siguientes datos a una velocidad angular de **139,26 RPM**.

$$dm = \frac{(340 + 580)}{2} = 460mm$$

Se determina la viscosidad relativa:

$$v_1 = 40 \text{ mm}^2/s$$

La duración de vida nominal L (según **DIN ISO 281**) se basa en la razón de viscosidades **k = 1**.

La razón de viscosidades **k = v/v₁** se toma como medida de la formación de la película lubricante para determinar el valor básico.

Aquí **v** es la viscosidad del aceite lubricante o del aceite básico de la grasa a la temperatura de servicio (diagrama, **Anexo B-3**) y **v₁** una viscosidad relativa que depende del tamaño del rodamiento (diámetro medio dm) y del número de revoluciones.

Con una relación de viscosidades de **k > 2** hasta 4 se forma una película lubricante totalmente portante entre las superficies de contacto.

Cuanto más bajo de estos valores sea **k**, mayor es la parte proporcional del rozamiento mixto y más importante es la aditivación del lubricante.

Así se tiene:

$$\text{Viscosidad a } 40^\circ\text{C} = 180 \text{ mm}^2/s = v$$

$$v_1 = 40 \text{ mm}^2/s$$

$$k = v/v_1 \tag{Ec.2.3}$$

$$k = \frac{180 \text{ mm}^2/s}{40 \text{ mm}^2/s} = 4,5$$

Se visualiza que no necesita de aditivos adicionales el lubricante seleccionado teóricamente.

Con los datos del aceite seleccionado se tiene:

$$\text{Viscosidad a } 40^{\circ}\text{C} = 325 \text{ cSt} = 325 \text{ mm}^2/\text{s} = \nu$$

$$\nu_1 = 40 \text{ mm}^2/\text{s}$$

$$k = \frac{325 \text{ mm}^2/\text{s}}{40 \text{ mm}^2/\text{s}} = 8.1$$

No presenta problemas con el teórico no es necesario adicionar aditivos al aceite.

2.1.4 CANTIDAD DE ACEITE.

En la lubricación por circulación, el aceite después de pasar a través de los rodamientos se lleva a un depósito colector para abastecer nuevamente los rodamientos desde allí. Para la lubricación propia de los rodamientos es necesaria una cantidad de aceite muy pequeña.

Primero se verifica la siguiente condición para la identificación de la curva según el diagrama del **Anexo B-4**:

$$\mathbf{a1, b1, c1: D/d > 1,5}$$

$$\mathbf{a2, b2, c2: D/d \leq 1,5}$$

Así se tiene:

$$\frac{D}{d} = \frac{580\text{mm}}{340\text{mm}} = 1,7$$

Corresponde a las curvas **a1, b1, c1: D/d > 1,5**

Tomamos del **Anexo B-4** la curva **b1** como se muestra en el diagrama, así se tiene un flujo necesario de lubricante hacia el rodamiento:

$$Q = 12 \text{ Lt}/\text{min}$$

2.1.5 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE.

$$F = p * A = \gamma \left(\frac{h}{2} \right) * A \quad (\text{Ec.2.4})$$

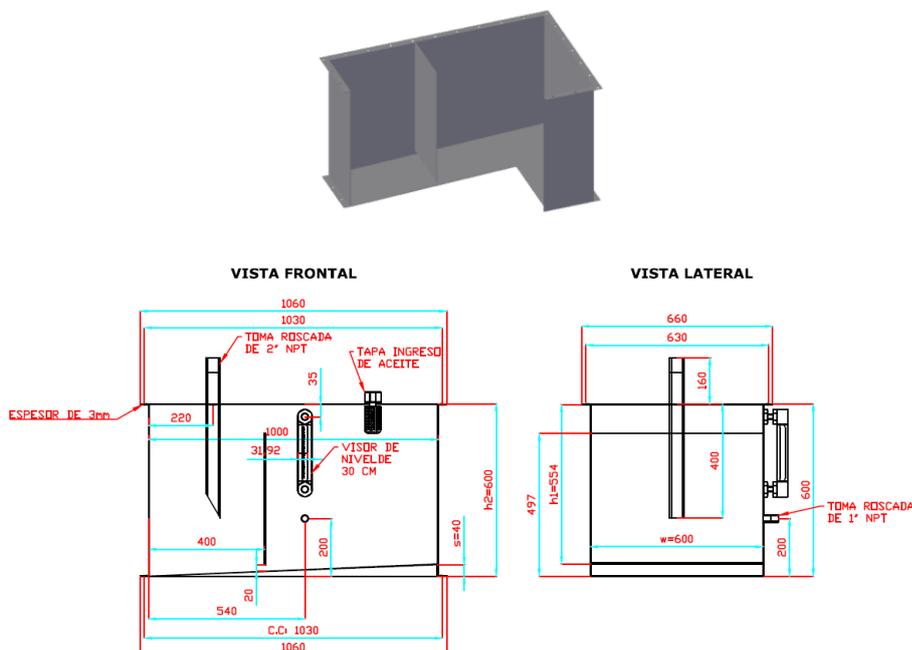


Figura 42 Dimensiones del depósito del Lubricante.

$$\gamma = \rho * g \quad (\text{Ec.2.5})$$

$$\rho_{\text{ACEITE MOBIL VACUOLINE 537}} = 894 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma = 894 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 = 8770,14 \text{ kg} * \text{m/m}^3 * \text{s}^2$$

$$1\text{N} = 1 \text{ kg} * \text{m/s}^2$$

$$\gamma = 8,77 \text{ KN/m}^3$$

Áreas.

$$A1 = (1 * 0,554) \text{m}^2 = 0,554 \text{ m}^2$$

$$A2 = \left(1 * \frac{0,04}{2}\right) \text{m}^2 = 0,02 \text{ m}^2$$

$$V = A * w \quad (\text{Ec.2.6})$$

$$V = (0,554 + 0,02) \text{m}^2 * 0,6 \text{ m} = 0,344 \text{m}^3$$

$$FV = W = \gamma * A * w = \gamma * V \quad (\text{Ec.2.7})$$

$$FV = 8,77 \text{ KN/m}^3 * 0,344 \text{m}^3 = 3.01 \text{ KN}$$

$$FH = \gamma * s * w * \left(h1 + \frac{s}{2}\right) = \gamma * s * w * hc \quad (\text{Ec.2.8})$$

$$hc = \left(h1 + \frac{s}{2}\right) \quad (\text{Ec.2.9})$$

$$hc = \left(0,554 + \frac{0,04}{2}\right) = 0,574 \text{ m}$$

$$FH = 8,77 \text{ KN/m}^3 * 0,04\text{m} * 0,6\text{m} * 0,574\text{m} = 0,12 \text{ KN}$$

$$FR = \sqrt{FV^2 + FH^2} \quad (\text{Ec.2.10})$$

$$FR = \sqrt{(3,01 \text{ KN})^2 + (0,12 \text{ KN})^2} = 3,01 \text{ KN}$$

$$P = \frac{FR}{A_{salida}} \quad (\text{Ec.2.10})$$

$$\emptyset \text{ salida} = 1''$$

$$P = \frac{3,01 \text{ KN}}{\frac{\pi * (0,0254^2) \text{m}^2}{4}} = 5,9 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 5,9 \text{ MPa} * \frac{145,04 \text{ Psi}}{1 \text{ MPa}}$$

$$P = 855,73 \text{ Psi}$$

2.1.6 SELECCIÓN DE LA BOMBA.

Datos conocidos:

$$Q_{chumacera} = 16 \text{ Lt/min}$$

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

$$P_{\text{ingreso chumacera}} = 3,2 \text{ Bar} = 46,412 \text{ psi}$$

$$\gamma = 8,77 \text{ KN/m}^3$$

SUCCIÓN.

$$v_s = \frac{Q}{A}$$

$$v_s = \frac{16 \text{ Lt/min} * \frac{1 \text{ m}^3/\text{s}}{60000 \text{ Lt/min}}}{\frac{\pi * (0,0254^2) \text{m}^2}{4}} = 0,53 \text{ m/s}$$

$$Ke = 1$$

$$NR = \frac{\vartheta * D * \rho}{\mu} = \frac{\vartheta * D}{\nu}$$

$$\epsilon = \text{Rugosidad del tubo}$$

Anexo B-5

$$D/\epsilon = \frac{0,0254 \text{ m}}{1,5 \times 10^{-6} \text{ m}} = 16,93 \times 10^3$$

$$ft = 0,012 \text{ Diagrama Moody}$$

Anexo B-6

$$ft = \frac{64}{NR}$$

$$NR = \frac{64}{ft} = \frac{64}{0.012} = 5333.33$$

4 CODOS

$$Kc = \frac{Le}{D4} * ft$$

$$Kc = [(30) * (0,012)] * 4 = 1,44$$

$$Kf = \frac{L}{D} * ft$$

$$Kf = \left(\frac{930 \text{ mm}}{25,4 \text{ mm}}\right) * (0,012) = 0,44$$

2 VÁLVULAS DE ½ VUELTA (BOLA)

$$Kv = \frac{Le}{D} * ft$$

$$Kv = (150) * (0,012) = 3,6$$

DESCARGA.

$$v_d = v_s = 0,53 \text{ m/s}$$

$$L \text{ salida} = 1770 + 3000 = 4770 \text{ mm}$$

$$K_s = 1$$

$$Kf = \frac{L}{D} * ft$$

$$Kf = \left(\frac{4770 \text{ mm}}{25,4 \text{ mm}}\right) * (0,012) = 2,25$$

8 TEE 1”

$$Kt = [(20) * (0,012)] * 8 = 1,92$$

7 CODOS 1”

$$Kc = \frac{Le}{D4} * ft$$

$$Kc = [(30) * (0,012)] * 7 = 2,52$$

4 VÁLVULAS DE ½ VUELTA.

$$Kv = \frac{Le}{D} * ft$$

$$Kv = (150) * (0,012) = 7,2$$

FILTRO

$$KF = 1,25$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$h_A = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + Z_2 - Z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_R + h_L$$

$$h_A = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + h_L$$

$$h_L = (K_e + K_v + K_c + K_f) \frac{v_s^2}{2g} + (K_v + K_c + K_t + K_f + K_F + K_s) \frac{v_d^2}{2g}$$

$$h_L = (1 + 3,6 + 1,4 + 0,44) * \frac{(0,53 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$+ (7,2 + 2,52 + 1,92 + 2,25 + 1,25 + 1) * \frac{(0,53 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_L = 0,323 \text{ m}$$

$$h_A = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + h_L$$

$$h_A = \frac{\left(6 \text{ Bar} * \frac{100 \text{ KPa}}{1 \text{ Bar}} * \frac{1 \text{ N/m}^2}{1 \text{ Pa}}\right)}{8,77 \text{ KN/m}^3} + 3 \text{ m} + 0,323 \text{ m}$$

$$h_A = 71,73 \text{ m}$$

$$P_A = h_A * \gamma * Q$$

$$P_A = 71,73 \text{ m} * 8,77 \text{ KN/m}^3 * 0,000266 \text{ m}^3/\text{s} = 0,1673 \text{ KNm/s}$$

$$P_A = 0,1673 \text{ KW}$$

$$P_1 = 0,75 \text{ KW}$$

$$e_m = \frac{P_A}{P_1}$$

$$e_m = \frac{0,1673 \text{ KW}}{0,75 \text{ KW}} * 100 = 30\%$$

2.1.7 SELECCIÓN DEL ENFRIADOR.

$$Q = 12 \text{ Lt/min} = 3,17 \text{ GPM} ; T_{\text{TRABAJO}} = 80^\circ\text{C} = 176^\circ\text{F} ; T_{\text{AMBIENTE}} = 26^\circ\text{C} = 79^\circ\text{F} ; T_{\text{SALIDA}} = 45^\circ\text{C} = 113^\circ\text{F}$$

$$\Delta T = (\text{BTU's/Hr}) / (\text{GPM} * 210) \quad (\text{Ec.2.11})$$

Se tiene las siguientes condiciones en Fluid Cooling Industrial AOC Series.

Por cada GPM que ingresa se remueve 1 HP de calor.

Anexo B-9

Sistema de 3.17 HP de calor

Para el dimensionamiento se requiere aplicar las siguientes ecuaciones.

$$\mathbf{HP\ de\ Carga\ de\ Calor = HP\ de\ calor * 0.33} \quad \mathbf{(Ec.2.12)}$$

$$HP\ de\ Carga\ de\ Calor = 3.17HP\ de\ calor * 0.33$$

$$HP\ de\ Carga\ de\ Calor = 1.046$$

$$\mathbf{Enfoque\ actual = T_{Deseada}^{\circ F} - T_{Aire}^{\circ F}}$$

$$Enfoque\ actual = 113^{\circ F} - 79^{\circ F}$$

$$Enfoque\ actual = 34^{\circ F}$$

$$\mathbf{Curva\ HP\ Removido = HP\ de\ Carga\ de\ Calor * \frac{49 * CV}{Enfoque\ actual}} \quad \mathbf{(Ec.2.13)}$$

CV es el factor de corrección de la viscosidad en SSU

CV=1.77

$$Curva\ HP\ Removido = 1.046 * \frac{49 * 1.77}{34}$$

$$Curva\ HP\ Removido = 2,67$$

Se corrige la curva con el diagrama de Fluid Cooling Industrial AOC Series. **Anexo B-10**

$$Curva\ HP\ Removido = 2.67 * 2$$

$$Curva\ HP\ Removido = 5.34$$

Se debe seleccionar la curva que se encuentre superior a la selección para un correcto funcionamiento.

Seleccionamos la curva #6 la curva **AOC 50**

Anexo B-11

Determinamos que temperatura se tiene con el enfriador seleccionado:

$$\Delta T = (BTU's/Hr)/(GPM * 210)$$

$$\frac{BTU's}{Hr} = HP * 2545$$

$$\frac{BTU's}{Hr} = 25 * 2545$$

$$\frac{BTU's}{Hr} = 63625$$

$$\Delta T = (63625)/(3,17 * 210) \quad \Delta T = 95^{\circ}F$$

Remueve 81,54°F, determinamos la temperatura de funcionamiento.

$$T_{FUNCIONAMIENTO} = T_{ACTUAL} - \Delta T \quad (\text{Ec.2.14})$$

$$T_{FUNCIONAMIENTO} = 176^{\circ}F - 95^{\circ}F$$

$$T_{FUNCIONAMIENTO} = 80,5^{\circ}F$$

$$T_{FUNCIONAMIENTO} = 27^{\circ}C$$

2.1.8 PARÁMETROS DE DISEÑO SISTEMA REDUCTOR YANKEE MP5.

Tabla 3
Datos del Reductor Yankee MP5.

MARCA	METSO DIVE
MODELO	K86978
TIPO	2TMG450
FLUJO	45 lt/min
PRESIÓN	0,5 – 1 BAR (7,25 – 14,5 psi)
TEMPERATURA DE TRABAJO	45° - 55°C
GRADO DE ACEITE	ISOVG220EP
RPM ENTRADA	1787
RPM SALIDA	143

$$Velocidad_{Actual} = 1200 \text{ m}/\text{min}$$

$$Velocidad_{planeada} = 1400 \text{ m}/\text{min}$$

$$\emptyset \text{ Rodillo Yankee} = 3,2 \text{ m}$$

Conversión de m/min a RPM

$$\frac{m}{min} * \frac{1 rev}{\pi * d} = RPM$$

Dónde:

d = Diámetro del Rodillo Yankee.

$$1400 \frac{m}{min} * \frac{1 rev}{\pi * 3,2 m} = 139,26 RPM$$

2.1.9 SELECCIÓN DE LUBRICANTE.

La lubricación para reductores se encuentra detallado por los fabricantes en los catálogos o Placas de Características que se encuentra físicamente.

Según el Grado de Viscosidad se puede determinar la familia o tipo de marca.

ACEITE ACTUAL: OMEGA 690 SAE 140, ISO VG 320

El aceite se encuentra mal seleccionado debido que los fabricantes recomiendan un ISO VG 220EP.

Los lubricantes de la serie **MOBIL SHC 600** están diseñados científicamente a partir de aceites base con un índice de viscosidad alto por naturaleza y un sistema de aditivos único, que hacen que estos productos proporcionen un insuperable rendimiento en aplicaciones de servicio extremo a altas y bajas temperaturas. Estos productos son resistentes al cizallamiento mecánico, incluso en engranajes altamente cargados y en aplicaciones de cojinetes de alto cizallamiento, por lo que prácticamente no hay pérdida de la viscosidad.

Debido a las altas temperaturas a las que se encuentra trabajando el reductor, lo recomendable es colocar un aceite sintético, con el fin de disminuir dichas temperaturas, además si se disminuye la viscosidad, y se coloca la recomendada por el fabricante se va a tener menos fricción entre los componentes lubricados, ayudando de esta manera también a disminuir la temperatura y el desgaste que se produce entre componentes.

Se realiza la comparación de aceites obteniendo la gráfica de comportamiento según la temperatura que proporciona **OIL GROUP. Anexo B-7**

Se puede ver en la gráfica que el aceite **MOBIL SHC 630** tiene una menor viscosidad a bajas temperaturas, mejorando la lubricación en frío, facilitando el arranque del reductor.

2.1.10 SELECCIÓN DE LA BOMBA.

Datos conocidos:

$$Q_{Reductor} = 45 \text{ Lt}/\text{min}$$

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

$$P_{ingreso} = 1 \text{ Bar} = 14,5 \text{ psi}$$

$$\gamma = 8,51 \text{ KN}/\text{m}^3$$

SUCCIÓN.

$$v_s = \frac{Q}{A}$$

$$v_s = \frac{45 \text{ Lt/min} * \frac{1 \text{ m}^3/\text{s}}{60000 \text{ Lt/min}}}{\frac{\pi * (0,0254^2) \text{ m}^2}{4}} = 1,48 \text{ m/s}$$

$$Ke = 1$$

$$NR = \frac{\vartheta * D * \rho}{\mu} = \frac{\vartheta * D}{\nu}$$

$$D/\epsilon = \frac{0,0254 \text{ m}}{1,5 * 10^{-6} \text{ m}} = 16,93 * 10^3$$

$$ft = 0,012 \text{ Diagrama Moody}$$

$$ft = \frac{64}{NR}$$

$$NR = \frac{64}{ft} = \frac{64}{0,012} = 5333,33$$

4 CODOS

$$Kc = \frac{Le}{D4} * ft$$

$$Kc = [(30) * (0,012)] * 4 = 1,44$$

$$Kf = \frac{L}{D} * ft$$

$$Kf = \left(\frac{1250 \text{ mm}}{25,4 \text{ mm}} \right) * (0,012) = 0,6$$

2 VÁLVULAS DE ½ VUELTA (BOLA)

$$Kv = \frac{Le}{D} * ft$$

$$Kv = (150) * (0,012) = 3,6$$

DESCARGA.

$$v_d = v_s = 1,48 \text{ m/s}$$

$$L \text{ salida} = 2620 + 3000 = 5620 \text{ mm}$$

$$K_s = 1$$

$$Kf = \frac{L}{D} * ft$$

$$Kf = \left(\frac{5620 \text{ mm}}{25,4 \text{ mm}} \right) * (0,012) = 2,65$$

8 TEE 1”

$$Kt = [(20) * (0,012)] * 8 = 1,92$$

17 CODOS 1”

$$Kc = \frac{Le}{D4} * ft$$

$$Kc = [(30) * (0,012)] * 17 = 6,12$$

4 VÁLVULAS DE ½ VUELTA.

$$Kv = \frac{Le}{D} * ft$$

$$Kv = (150) * (0,012) = 7,2$$

FILTRO

$$KF = 1,25$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$h_A = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + Z_2 - Z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_R + h_L$$

$$h_A = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + h_L$$

$$h_L = (K_e + K_v + K_c + K_f) \frac{v_s^2}{2g} + (K_v + K_c + K_t + K_f + KF + K_s) \frac{v_d^2}{2g}$$

$$h_L = (1 + 3,6 + 1,4 + 0,6) * \frac{(1,48 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$+ (7,2 + 6,72 + 1,92 + 2,65 + 1,25 + 1) * \frac{(1,48 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_L = 3,05 \text{ m}$$

$$h_A = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + h_L$$

$$h_A = \frac{\left(7 \text{ Bar} * \frac{100 \text{ KPa}}{1 \text{ Bar}} * \frac{1 \text{ N/m}^2}{1 \text{ Pa}}\right)}{8,51 \text{ KN/m}^3} + 3 \text{ m} + 3,05 \text{ m}$$

$$h_A = 88,3 \text{ m}$$

$$P_A = h_A * \gamma * Q$$

$$P_A = 88,3 \text{ m} * 8,51 \text{ KN/m}^3 * 0,00075 \text{ m}^3/\text{s} = 0,56 \text{ KNm/s}$$

$$P_A = 0,56 \text{ KW}$$

$$P_1 = 1,49 \text{ KW}$$

$$e_m = \frac{P_A}{P_1}$$

$$e_m = \frac{0,56 \text{ KW}}{1,49 \text{ KW}} * 100 = 37\%$$

2.1.11 SELECCIÓN DEL ENFRIADOR.

$$Q = 45 \text{ Lt}/\text{min} = 11.89 \text{ GPM} ; T_{\text{TRABAJO}} = 80^\circ\text{C} = 176^\circ\text{F} ; T_{\text{AMBIENTE}} = 26^\circ\text{C} = 79^\circ\text{F} ; T_{\text{SALIDA}} = 45^\circ\text{C} = 113^\circ\text{F}$$

$$\text{Temperatura removida } \Delta T = (\text{BTU's}/\text{Hr})/(\text{GPM} * 210)$$

Se tiene las siguientes condiciones en Fluid Cooling Industrial AOC Series.

Por cada GPM que ingresa se remueve 1 HP de calor.

Anexo B-9

Sistema de 11,89 HP de calor

Para el dimensionamiento se requiere aplicar las siguientes ecuaciones.

$$\text{HP de Carga de Calor} = \text{HP de calor} * 0.33$$

$$\text{HP de Carga de Calor} = 11.89 \text{ de calor} * 0.33$$

$$\text{HP de Carga de Calor} = 3,92$$

$$\text{Enfoque actual} = T_{\text{Deseada } ^\circ\text{F}} - T_{\text{Aire } ^\circ\text{F}}$$

$$\text{Enfoque actual} = 113^\circ\text{F} - 79^\circ\text{F}$$

$$\text{Enfoque actual} = 34^\circ\text{F}$$

$$\text{Curva HP Removido} = \text{HP de Carga de Calor} * \frac{49 * CV}{\text{Enfoque actual}}$$

CV es el factor de corrección de la viscosidad en SSU

$$CV=1.14$$

$$\text{Curva HP Removido} = 3,92 * \frac{49 * 1.14}{34}$$

$$\text{Curva HP Removido} = 6,44$$

Se corrige la curva con el diagrama **Anexo B-11**.

$$\text{Curva HP Removido} = 6,44 * 1,7$$

$$\text{Curva HP Removido} = 10,9$$

Se debe seleccionar la curva que se encuentre entre este rango.

Seleccionamos la curva #9 la curva **AOC 70**

Anexo B-12

Determinamos que temperatura se tiene con el enfriador seleccionado:

$$\Delta T = (BTU's/Hr)/(GPM * 210)$$

$$\frac{BTU's}{Hr} = HP * 2545$$

$$\frac{BTU's}{Hr} = 80 * 2545$$

$$\frac{BTU's}{Hr} = 203600$$

$$\Delta T = (203600)/(11,89 * 210)$$

$$\Delta T = 81,54^{\circ}F$$

Remueve 81,54°F, determinamos la temperatura de funcionamiento.

$$T_{FUNCIONAMIENTO} = T_{ACTUAL} - \Delta T$$

$$T_{FUNCIONAMIENTO} = 176^{\circ}F - 81,54^{\circ}F$$

$$T_{FUNCIONAMIENTO} = 94,45^{\circ}F$$

$$T_{FUNCIONAMIENTO} = 35^{\circ}C$$

2.1.12 PARÁMETROS DE DISEÑO SELECCIÓN DE ENFRIADOR SISTEMA REEL MP5.

$$Q = 17 \text{ Lt}/\text{min} = 4.5 \text{ GPM} ; T_{TRABAJO} = 80^{\circ}C = 176^{\circ}F ; T_{AMBIENTE} = 26^{\circ}C = 79^{\circ}F ; T_{SALIDA} = 37^{\circ}C = 98.6^{\circ}F$$

$$\Delta T = (BTU's/Hr)/(GPM * 210)$$

Se tiene las siguientes condiciones en Fluid Cooling Industrial AOC Series.

Por cada GPM que ingresa se remueve 1 HP de calor.

Anexo B-9

Sistema de 4,5 HP de calor

Para el dimensionamiento se requiere aplicar las siguientes ecuaciones.

$$HP \text{ de Carga de Calor} = HP \text{ de calor} * 0.33$$

$$HP \text{ de Carga de Calor} = 4,5HP \text{ de calor} * 0.33$$

$$HP \text{ de Carga de Calor} = 1.485$$

$$Enfoque \text{ actual} = T_{Deseada}^{\circ}F - T_{Aire}^{\circ}F$$

$$Enfoque \text{ actual} = 98,6^{\circ}F - 79^{\circ}F$$

$$Enfoque \text{ actual} = 19,6^{\circ}F$$

$$Curva \text{ HP Removido} = HP \text{ de Carga de Calor} * \frac{49 * CV}{Enfoque \text{ actual}}$$

CV es el factor de corrección de la viscosidad en SSU

CV=1.35

$$\text{Curva HP Removido} = 1.485 * \frac{49 * 1.35}{19,6}$$

$$\text{Curva HP Removido} = 5$$

Se corrige la curva con el diagrama de Fluid Cooling Industrial AOC Series. **Anexo B-13**

$$\text{Curva HP Removido} = 5 * 1,5$$

$$\text{Curva HP Removido} = 7,5$$

Se debe seleccionar la curva que se encuentre superior a la selección para un correcto funcionamiento.

Seleccionamos la curva #8 la curva **AOC 57**

Anexo B-14

Determinamos que temperatura se tiene con el enfriador seleccionado:

$$\Delta T = (\text{BTU}'s/\text{Hr})/(\text{GPM} * 210)$$

$$\frac{\text{BTU}'s}{\text{Hr}} = \text{HP} * 2545$$

$$\frac{\text{BTU}'s}{\text{Hr}} = 38 * 2545$$

$$\frac{\text{BTU}'s}{\text{Hr}} = 96710$$

$$\Delta T = (96710)/(4,5 * 210) \quad \Delta T = 102,3^{\circ}\text{F}$$

Remueve 81,54°F, determinamos la temperatura de funcionamiento.

$$T_{\text{FUNCIONAMIENTO}} = T_{\text{ACTUAL}} - \Delta T$$

$$T_{\text{FUNCIONAMIENTO}} = 176^{\circ}\text{F} - 102,3\text{F}$$

$$T_{\text{FUNCIONAMIENTO}} = 73,7^{\circ}\text{F}$$

$$T_{\text{FUNCIONAMIENTO}} = 23,16^{\circ}\text{C}$$

2.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

La estructura se encuentra sometida a pequeñas cargas correspondientes a los componentes montados como son Bombas, Enfriadores, Tuberia, Accesorios, Transmisores y Enfriadores de Aire, todos estos componentes aplican una fuerza para lo cual se debe realizar un analisis estructural, se procede a realizar un tabla de pesos de cada componente como se obserba en la **Tabla 4**.

Tabla 4
Pesos de equipos.

COMPONENTE	MASA (Kg)	FUERZA (N)
ENFRIADOR CHUMACERAS	54	529,2
ENFRIADOR REDUCTOR	146	1430,8
BOMBAS CHUMACERAS	42	411,6
BOMBAS REDUCTOR	62	607,6
TRANSMISORES	6	58,8
TUBERÍAS Y ACCESORIOS	12	117,6
TANQUE DE ACEITE	300	2940
TOTAL	622	6095,6

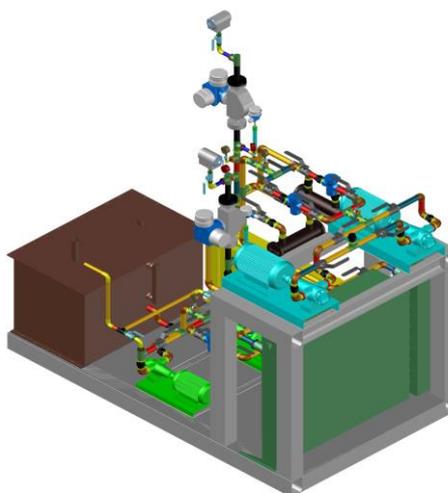


Figura 43 Estructura y sus componentes.

Al encontrarse los sistemas de lubricación Chumaceras Yankee y Reductor Yankee sobre la estructura se realiza un análisis estructural, para lo cual se emplea el simulador **ANSYS R14.5**, garantizando que no existan inconvenientes en el funcionamiento o problemas por deformación.

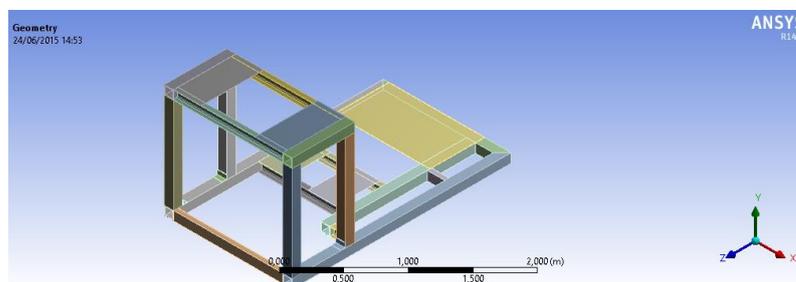


Figura 44 Diseño de estructura.

Se ingresa los siguientes datos del material:

Material: AISI 1045

Esfuerzo de fluencia: 170 MPa

Esfuerzo máximo: 270 MPa

Densidad: 7850 kg/m³

Analizando la tensión de Von Mises de la **Figura 45**, se obtiene un valor máximo de tensión de 38,36 MPa, pero al ser esta tensión menor que el límite de fluencia del acero al Carbon AISI 1045, el sistema puede resistir la tensión máxima sin falla como se observa en la **Figura 46**.

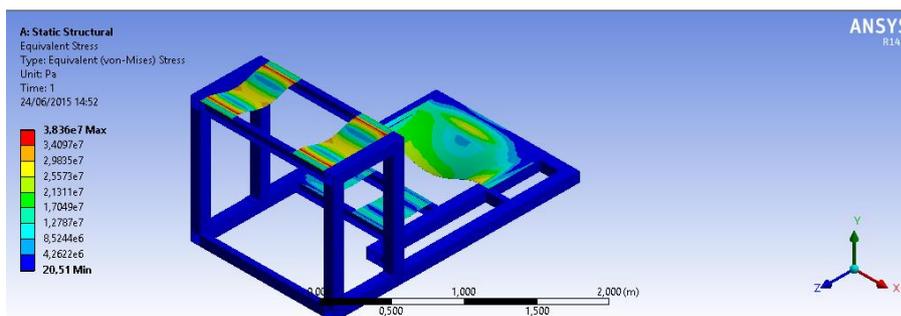


Figura 45 Tensión de Von Mises

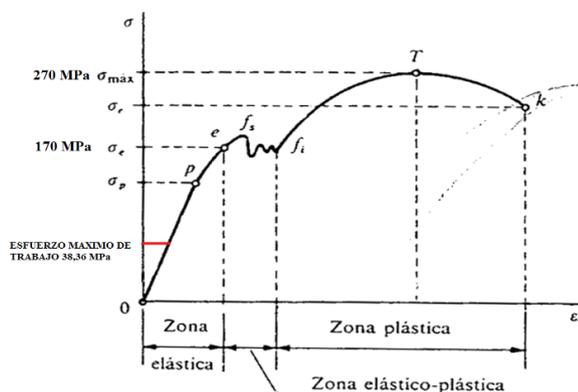


Figura 46 Diagrama de tensión del Acero al carbón AISI 1045

Al analizar la **Figura 47**, se determina que los máximos desplazamientos en la estructura se produce en la zona que se encuentra ubicado el Tanque de lubricante de las Chumaceras Yankee, siendo un valor de 0,0076 m, sin embargo, al ser estos valores muy pequeños, no afecta el funcionamiento normal del sistema.

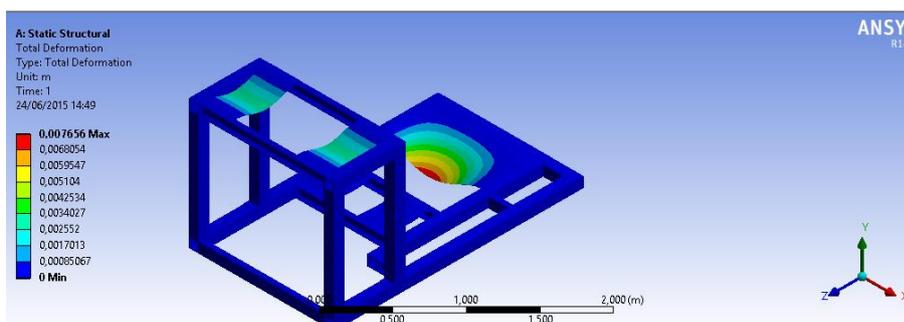


Figura 47 Desplazamiento resultante.

2.3 DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS ELECTRICOS.

2.3.1 TRANSMISORES DE FLUJO TIPO CORIOLIS.

El equipo de medición tipo coriolis se emplea para la medición de caudales máxicos o caudales volumétricos de líquidos y gases.

El equipo permite medir fluidos con características de lo más diversas; por ejemplo, aditivos, aceites, grasas, ácidos, bases, lacas, pinturas, tintes, flujos de partículas en suspensión y gases.

- **REDUCTOR YANKEE FT-470.**

Tabla 5
Datos de flujo Reductor Yankee MP5.

	minimum	nominal	maximum	
Requested Flow	0,5	2,7	3,12	m3/h
Pressure		1,2		bar_g
Temperature		55		°C
Density		920		kg/m3
Viscosity		281		cSt
Sound Velocity		1530		m/s
Pressure (min/max)	1,2		28	bar_g
Temp. (min/max)	55		80	°C
Vapor Pressure	0	0	0	bar_a

Tabla 6
Dimensionamiento por tecnología Coriolis “PROMASS 40E” Reductor Yankee MP5.

	minimum	nominal	maximum	
Requested Flow	0,5	2,7	3,12	m3/h
Pressure loss	115,32	760,75	909,76	mbar
Velocity (meas. tube)	0,614	3,316	3,832	m/s
Measured error Vol.***	0,5	0,5	0,5	%
Measured error Mass***	0,5	0,5	0,5	%
Reynolds No.	26	142	164	

***For error calculation, the specified reference conditions for the calibration of the flowmeter according to ISO/IEC 17025 apply. Further information in technical documentation.

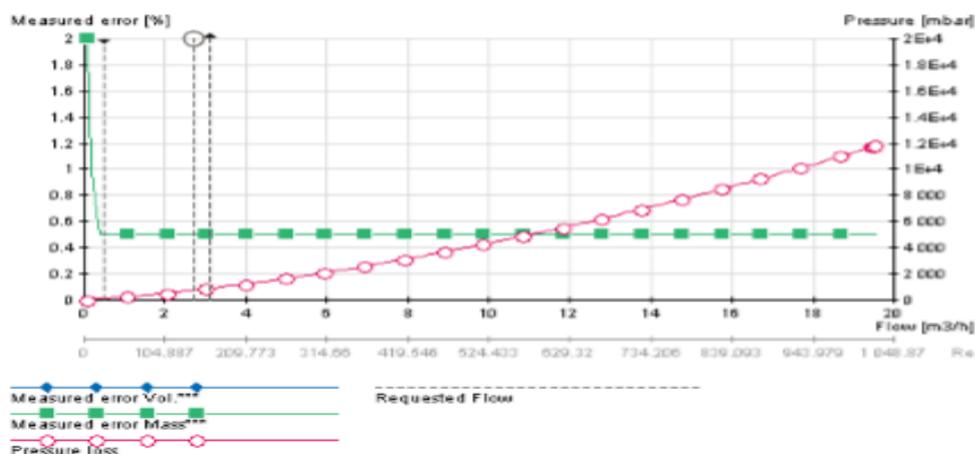


Figura 48 Curva de selección de transmisor de flujo PROMASS 40E Reductor Yankee MP5.

• **CHUMACERAS YANKEE FT-471**

Tabla 7
Datos de flujo Rodamientos Chumaceras Yankee MP5.

	minimum	nominal	maximum	
Requested Flow	0	0.96	1.92	m3/h
Pressure		6		bar_g
Temperature		70		°C
Density		900		kg/m3
Viscosity		177.3		cSt
Sound Velocity		1 530		m/s
Pressure (min/max)	1.2		28	bar_g
Temp. (min/max)	70		70	°C
Vapor Pressure	0	0	0	bar_a

Tabla 8
Dimensionamiento por tecnología Coriolis “PROMASS 40E” Chumaceras Yankee MP5.

	minimum	nominal	maximum	
Requested Flow	0.5	0.96	1.92	m3/h
Pressure loss	73,06	151	342,99	mbar
Velocity (meas. tube)	0.614	1.179	2.358	m/s
Measured error Vol.***	0.5	0.5	0.5	%
Measured error Mass***	0.5	0.5 </td <td>0.5</td> <td>%</td>	0.5	%
Reynolds No.	42	80	160	

***For error calculation, the specified reference conditions for the calibration of the flowmeter according to ISO/IEC 17025 apply. Further information in technical documentation.

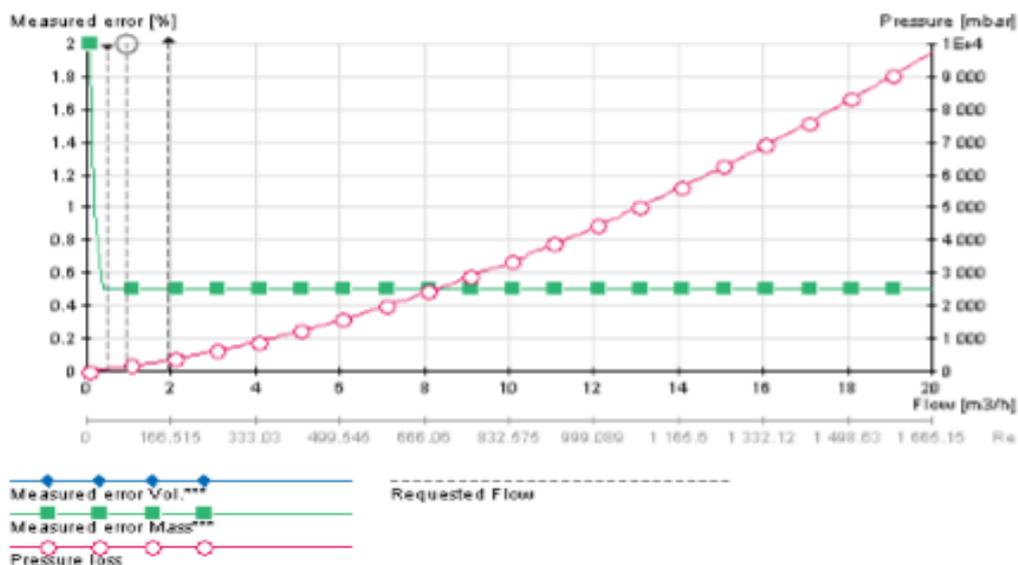


Figura 49 Curva de selección de transmisor de flujo PROMASS 40E Chumaceras Yankee MP5.

✓ SISTEMA REEL FT-472

Tabla 9
Datos de flujo Sistema Reel MP5.

	minimum	nominal	maximum	
Requested Flow	0	1,08	1,92	m3/h
Pressure		35		bar_g
Temperature		70		°C
Density		890		kg/m3
Viscosity		29,4		cSt
Sound Velocity		1 530		m/s
Pressure (min/max)	1.2		210	bar_g
Temp. (min/max)	70		70	°C
Vapor Pressure	0	0	0	bar_a

Tabla 10
Dimensionamiento por tecnología Coriolis “PROMASS 40E” Sistema Reel MP5.

	minimum	nominal	maximum	
Requested Flow	0,5	1,08	1,92	m3/h
Pressure loss	426,59	991,59	1 927,76	mbar
Velocity (meas. tube)	1,283	2,772	4,929	m/s
Measured error Vol.***	0,5	0,5	0,5	%
Measured error Mass***	0,5	0,5	0,5	%
Reynolds No.	38	82	146	

***For error calculation, the specified reference conditions for the calibration of the flowmeter according to ISO/IEC 17025 apply. Further information in technical documentation.

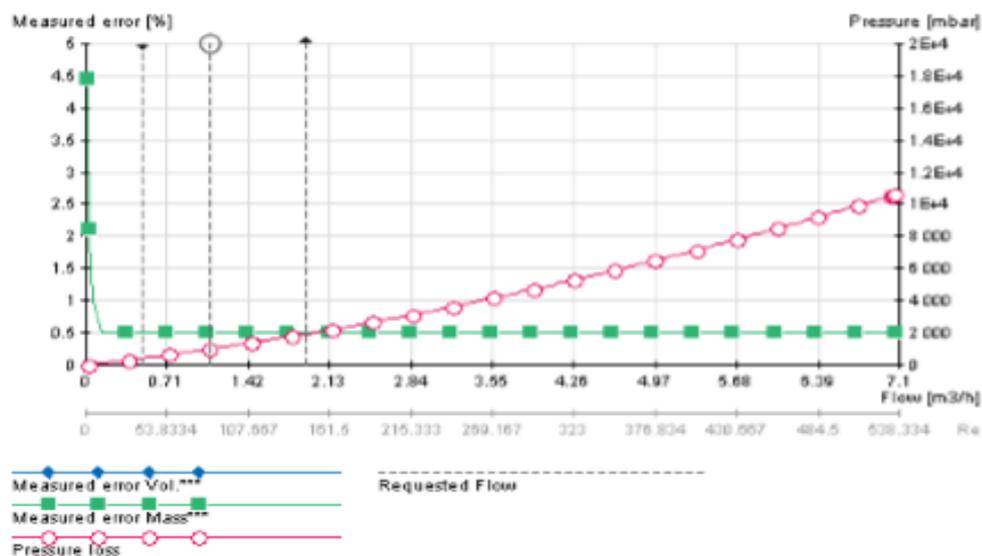


Figura 50 Curva de selección de transmisor de flujo PROMASS 40E Sistema Reel MP5.

2.3.2 TRANSMISOR DE PRESIÓN.

Los modelos de la serie SITRANS P, DS III son transmisores de presión digitales que ofrecen un confort muy extenso y alta precisión. La parametrización se realiza

con teclas integradas, vía comunicación HART o interfaz PROFIBUS PA o FOUNDATION Fieldbus. (Siemens AG, 2009)

La extensa funcionalidad permite adaptar el transmisor de presión con precisión a los requisitos de la instalación. Pese a las muchas posibilidades de ajuste, el manejo es posible con gran facilidad.

Los transmisores con tipo de protección de "Seguridad intrínseca" y "Envolvente antideflagrante" pueden montarse dentro de zonas con riesgo de explosión (zona 1) o en la zona 0. Los transmisores disponen de certificado de homologación CE y cumplen las correspondientes normas europeas armonizadas (ATEX).



Figura 51 Transmisor SITRANS P 7MF4033.

Fuente: (Siemens AG, 2009)

- **REDUCTOR YANKEE PT- 474**

DATOS DE TRABAJO:

P Trabajo= 2 Bar

P Max= 27 Bar.

Selección de transmisor **SITRANS P REFERENCIA 7MF4033 - 1EA10-1AC6**, en la parte inferior se describe la simbología. Y se puede visualizar en el **Anexo A12**.

1 Relleno de la cedula de medida: Aceite de silicona.

Limpieza de la cedula: Normal.

E Alcance de medida Mínimo/Máximo: 0,63/63 Bar.

Límite de sobrecarga: 100 Bar.

A Material de la membrana y del cuerpo del sensor: Acero Inoxidable.

1 Conexión al proceso: Rosca hembra ½ NPT-H.

0 Material de la carcasa: Fundición de aluminio.

1 Ejecución estándar.

A Sin protección antiexplosión.

C Entrada de Cables: Rosca ½ NPT-H.

6 Con indicador digital y tapa con mirilla.

- **CHUMACERAS YANKEE PT-475**

DATOS DE TRABAJO:

P Trabajo= 3,2 Bar

P Max= 27 Bar.

Selección de transmisor **SITRANS P REFERENCIA 7MF4033 - 1EA10-1AC6**, en la parte inferior se describe la simbología. Y se puede visualizar en el **Anexo A12**.

1 Relleno de la cedula de medida: Aceite de silicona.

Limpieza de la cedula: Normal.

E Alcance de medida Mínimo/Máximo: 0,63/63 Bar.

Límite de sobrecarga: 100 Bar.

A Material de la membrana y del cuerpo del sensor: Acero Inoxidable.

1 Conexión al proceso: Rosca hembra ½ NPT-H.

0 Material de la carcasa: Fundición de aluminio.

1 Ejecución estándar.

A Sin protección antiexplosión.

C Entrada de Cables: Rosca ½ NPT-H.

6 Con indicador digital y tapa con mirilla.

- **SISTEMA REEL PT-476**

DATOS DE TRABAJO:

P Trabajo= 35 Bar.

P Max= 206 Bar.

Selección de transmisor **SITRANS P REFERENCIA 7MF4033-1GA10-1AC6**, en la parte inferior se describe la simbología. Y se puede visualizar en el **Anexo A12**.

1 Relleno de la cedula de medida: Aceite de silicona.

Limpieza de la cedula: Normal.

G Alcance de medida Mínimo/Máximo: 4/400 Bar.

Límite de sobrecarga: 600 Bar.

A Material de la membrana y del cuerpo del sensor: Acero Inoxidable.

1 Conexión al proceso: Rosca hembra ½ NPT-H.

0 Material de la carcasa: Fundición de aluminio.

1 Ejecución estándar.

A Sin protección antiexplosión.

C Entrada de Cables: Rosca ½ NPT-H.

6 Con indicador digital y tapa con mirilla.

2.3.3 TRANSMISOR DE TEMPERATURA.

La gama termómetro compacto TSM187 cubre una amplia variedad de las necesidades del mercado en todo el mundo.

Aplicación típica se puede encontrar en la industria química y farmacéutica, alimentos, agua y aguas residuales y plantas de energía. Las aplicaciones preferidas son donde los requisitos son resistencia mecánica tiempo de respuesta corto.

El transmisor de temperatura se selecciona para los 3 sistemas según la temperatura de trabajo: **Anexo A13.**

- **Reductor Yankee PT- 441** Rango de temperatura 0°C – 45°C **Max 100°C**
- **Chumaceras Yankee PT-443** Rango de temperatura 0°C – 45°C **Max 100°C**
- **Sistema Reel PT-571** Rango de temperatura 0°C – 45°C **Max 100°C**



Figura 52 Transmisor de Temperatura TSM187

Fuente: (Siemens AG, 2009)

Tabla 11

Datos Transmisor de Temperatura TSM187

Easytemp TSM187 Quick Specs	
Immersion length (diameter): 120 / 160 / 250 / 400 mm (Ø 9 mm) (4.7 / 6.3 / 9.9 / 15.8 inch (Ø 0.35"))	Temperature range: -30 to +170 °C (-22 to +338 °F), 0 to 100 °C (32 to 212 °F), 0 to 200 °C (32 to 392 °F)
Pressure: 50 bar at +20 °C (725 PSI at +68 °F) 1 bar at +400 °C (14.5 PSI at +752 °F)	Tolerance: < 0.08 %, Pt100 Class A
Response time: ≤ 18 s (T50), ≤ 55 s (T90)	

Fuente: (Siemens AG, 2009)

2.3.4 TOMAS Y CLAVIJAS DE POTENCIA IEC.

Las tomas de esta capacidad cuentan con un pin más corto (pin piloto) que los pines de fase. El pin piloto tiene la opción de ser conectado a un circuito de control (contactor) de manera que al momento de realizar la desconexión de la toma el pin piloto será el primero que deje de conducir abriendo de manera inmediata el contactor de potencia desenergizando el circuito.



Figura 53 Toma y Clavija de potencia.

Fuente: (Siemens AG, 2009)

Se elige Toma y Clavija **16A 3F**, por sus datos de trabajo. **Anexo A14**

Tabla 12

Datos de funcionamiento.

EQUIPO	I_n	P	Vn	$\cos \theta$
M. Bomba Chumaceras	1,89 A	1 HP/ 0,7456 KW	440 V	0,69
M. Ventilador Chumaceras 1	0,5 A	¼ HP/ 0,1864 KW	440 V	0,71
M. Ventilador Chumaceras 2	0,5 A	¼ HP/ 0,1864 KW	440 V	0,71
M. Bomba Reductor	3,48 A	2 HP/ 1,4913 KW	440 V	0,73
M. Ventilador Reductor 1	1,7 A	1 HP/ 0,7456 KW	440 V	0,71
M. Ventilador Reductor 2	1,7 A	1 HP/ 0,7456 KW	440 V	0,71
M. Ventilador Reel 1	0,5 A	¼ HP/ 0,1864 KW	440 V	0,71
M. Ventilador Reel 2	0,5 A	¼ HP/ 0,1864 KW	440 V	0,71
Total	10,77 A	6 HP/ 4,474 KW		

2.3.5 SELECCIÓN DE CALIBRE DE CONDUCTOR PARA MOTOR BOMBAS Y VENTILADORES.

Empleando la **Tabla 12**, obtenemos la corriente total de nuestro sistema para la selección del conductor a emplearse en la conexión de equipos. **Anexo A15**

$$I_T = 1,25 * I_{NT} \quad (\text{Ec.3.1})$$

$$I_T = 1,25 * 10,77A$$

$$I_T = 13,46 A$$

2.3.6 SELECCIÓN DE GUARDAMOTORES.

El guardamotor es un interruptor magnetotérmico, diseñado para proteger motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobre intensidades transitorias típicas de los arranques de los motores.

El accionamiento magnético es semejante al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores.

Empleando la **Tabla 12**, seleccionamos para cada motor la corriente de sobrecarga I_{sb} y la corriente de arranque I_{aq}

$$I_{sb} = I_n + 30\% * I_n \quad (\text{Ec.3.2})$$

$$I_{aq} = 5 * I_n \quad (\text{Ec.3.3})$$

- **MOTOR BOMBA CHUMACERAS YANKEE.**

$$I_{sb} = 1,89 A + 30\%(1,89 A) = 2,45 A$$

$$I_{aq} = 5 * 1,89 A = 9,45 A$$

- **MOTORES VENTILADORES CHUMACERAS YANKEE.**

$$I_{sb} = 0,5 A + 30\%(0,5 A) = 0,65 A$$

$$I_{aq} = 5 * 0,5 A = 2,5 A$$

- **MOTOR BOMBA REDUCTOR YANKEE.**

$$I_{sb} = 3,48 A + 30\%(3,48 A) = 4,52 A$$

$$I_{aq} = 5 * 3,48 A = 17,4 A$$

- **MOTORES VENTILADORES REDUCTOR YANKEE.**

$$I_{sb} = 1,7 A + 30\%(1,7 A) = 2,21 A$$

$$I_{aq} = 5 * 1,7 A = 8,5 A$$

- **MOTORES VENTILADORES SISTEMA REEL.**

$$I_{sb} = 0,5 A + 30\%(0,5 A) = 0,65 A$$

$$I_{aq} = 5 * 0,5 A = 2,5 A$$

Con estos datos y la corriente nominal I_n de cada motor se realiza la selección de guardamotor en el **Anexo A16**

2.3.7 SELECCIÓN DE CONTACTOR.

El contactor es un dispositivo electromecánico que tiene por objeto establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se de tensión a la bobina.

Tabla 13
Categoría de servicio de contactores.

Categoría de servicio	Aplicaciones
AC1	Cargas puramente resistivas para calefacción eléctrica,...
AC2	Motores asíncronos para mezcladoras, centrifugas,...
AC3	Motores asíncronos para aparatos de aire acondicionado, compresores, ventiladores,...
AC4	Motores asíncronos para grúas, ascensores,...

Se determina que el servicio es **AC-3** correspondiente para Motores asíncronos.

AC-3

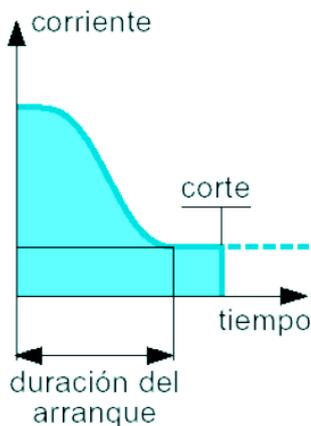


Figura 54 Curva de funcionamiento de contacto AC-3.

Fuente: (Siemens AG, 2009)

Empleando la **Tabla 12**. Se dimensiona el contactor a ser empleado. Se determina la corriente de corte I_C .

$$I_C = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\theta} \quad (\text{Ec.3.4})$$

Tabla 14
Corriente de servicio según la categoría I_e .

Categoría de servicio	I_c / I_e	Factor de potencia
AC1	1	0,95
AC2	2,5	0,65
AC3	1	0,35
AC4	6	0,35

- **MOTOR BOMBA CHUMACERAS YANKEE.**

$$I_C = \frac{0,7456KW}{\sqrt{3} \cdot 440V \cdot 0,69} = \frac{0,7456KW}{525.8506} = 1,4178 \text{ A}$$

- **MOTORES VENTILADORES CHUMACERAS YANKEE.**

$$I_C = \frac{0,1864KW}{\sqrt{3} \cdot 440V \cdot 0,71} = \frac{0,1864KW}{541,1} = 0,3448 \text{ A}$$

- **MOTOR BOMBA REDUCTOR YANKEE.**

$$I_C = \frac{1,4913KW}{\sqrt{3} \cdot 440V \cdot 0,73} = \frac{1,4913KW}{556,33} = 2,68 \text{ A}$$

- **MOTORES VENTILADORES REDUCTOR YANKEE.**

$$I_C = \frac{0,7456KW}{\sqrt{3} \cdot 440V \cdot 0,71} = \frac{0,7456KW}{541,1} = 1,378 \text{ A}$$

- **MOTORES VENTILADORES SISTEMA REEL.**

$$I_C = \frac{0,1864KW}{\sqrt{3} \cdot 440V \cdot 0,71} = \frac{0,1864KW}{541,1} = 0,3448 \text{ A}$$

Al ser la corriente de servicio igual a la corriente de corte por ser una categoría AC-3 para motores asíncronos, aplicamos un modelo según la categoría correspondiente al contactor **SIEMENS 3RT2015-1AF01, AC-3, 3KW/440V, 1NA, AC110, 50/60Hz, 3POL** visualizar **Anexo A17**.

2.3.8 SELECCIÓN DE BREAKER PRINCIPAL.

El breaker es un equipo capaz de prohibir o abrir un circuito eléctrico cuando la corriente eléctrica que circula excede de un determinado valor, o cuando se ha producido un cortocircuito, con la finalidad de evitar daños a los equipos eléctricos.

Colocamos todas las cargas que pueden afectar el sistema incluyendo las 2 bombas que se encuentran en standby.

Se adiciona el 30% de su carga total.

Tabla 15
Carga total del sistema.

EQUIPO	I _n	P	V _n	cos θ
M. Bomba Chumaceras 1A	1,89 A	1 HP/ 0,7456 KW	440 V	0,69
M. Bomba Chumaceras 1B	1,89 A	1 HP/ 0,7456 KW	440 V	0,69
M. Ventilador Chumaceras 1	0,5 A	¼ HP/ 0,1864 KW	440 V	0,71
M. Ventilador Chumaceras 2	0,5 A	¼ HP/ 0,1864 KW	440 V	0,71
M. Bomba Reductor 2 ^a	3,48 A	2 HP/ 1,4913 KW	440 V	0,73
M. Bomba Reductor 2B	3,48 A	2 HP/ 1,4913 KW	440 V	0,73
M. Ventilador Reductor 1	1,7 A	1 HP/ 0,7456 KW	440 V	0,71
M. Ventilador Reductor 2	1,7 A	1 HP/ 0,7456 KW	440 V	0,71
M. Ventilador Reel 1	0,5 A	¼ HP/ 0,1864 KW	440 V	0,71
M. Ventilador Reel 2	0,5 A	¼ HP/ 0,1864 KW	440 V	0,71
Total	16,14A	9 HP/ 6,711 KW		

$$I_T = I_{NT} + 30\% * I_{NT} \quad (\text{Ec.3.5})$$

$$I_T = 16,14A + 30\%(16,14A)$$

$$I_T = 16,14A + 4,84A$$

$$I_T = 20,98A = 21A$$

A la corriente obtenida le adicionamos el 1,25 para determinar la intensidad en el breaker.

$$I_T = 1,25 * 21A$$

$$I_T = 26,22A$$

El breaker principal determinado para el sistema corresponde al **SIEMENS 3VT1 25-32AMP**, visualizar **Anexo A18**.

2.3.9 PULSADORES.

Los pulsadores se seleccionó del **Anexo A19**, por factores de garantía, servicio y que cumpla las expectativas que son de accionar el arranque y paro del sistema.

2.3.10 SELECTORES DE POSICIÓN.

Los selectores de igual forma que los pulsadores se seleccionó del **Anexo A19**, de acuerdo al servicio y que cumpla las expectativas de funcionamiento que son el arranque y puesta en marcha de equipos en standby y poner fuera de servicio de las bobas de lubricación.

2.4 PROGRAMACIÓN.

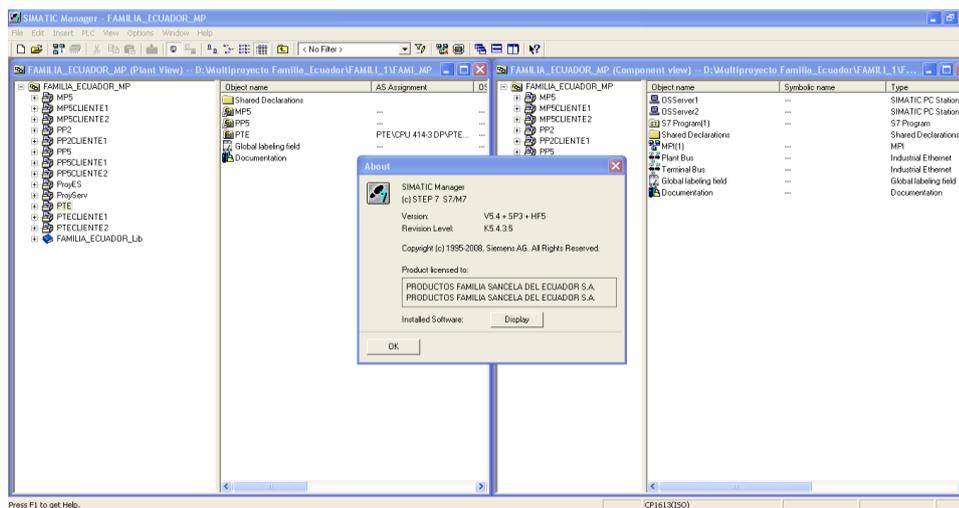


Figura 55 Pantalla principal del programa.

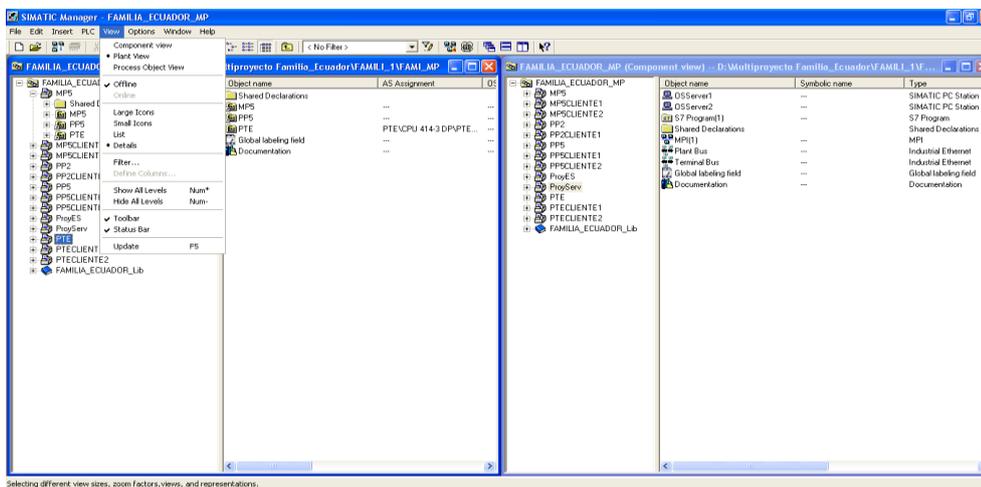


Figura 56 Desglose de programación de la planta.

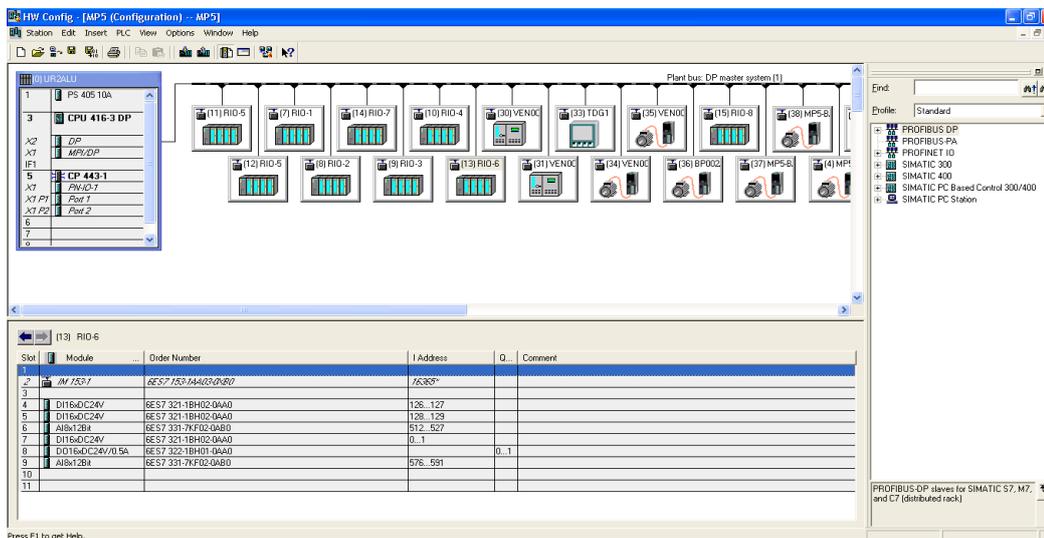


Figura 57 Módulos de programación.

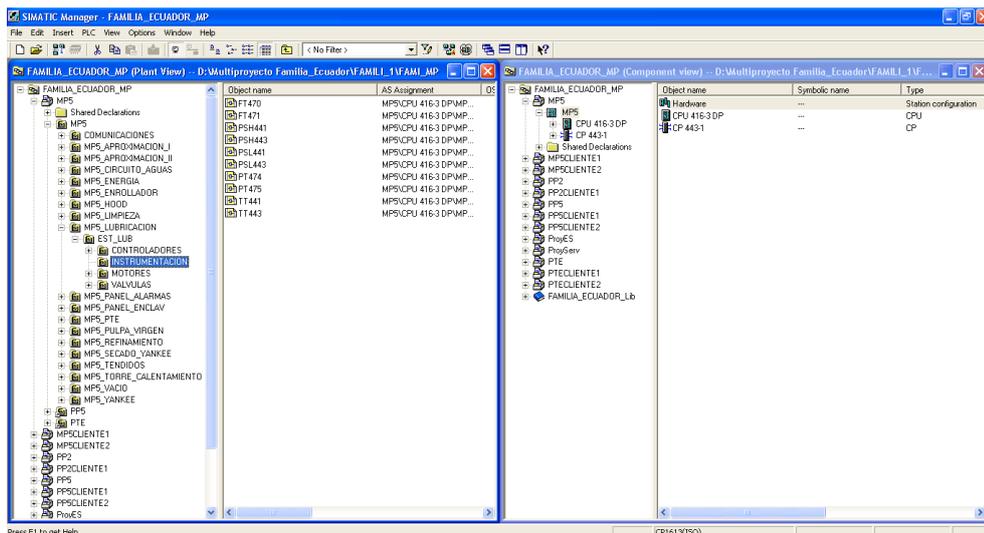


Figura 58 Comunicación de los transmisores.

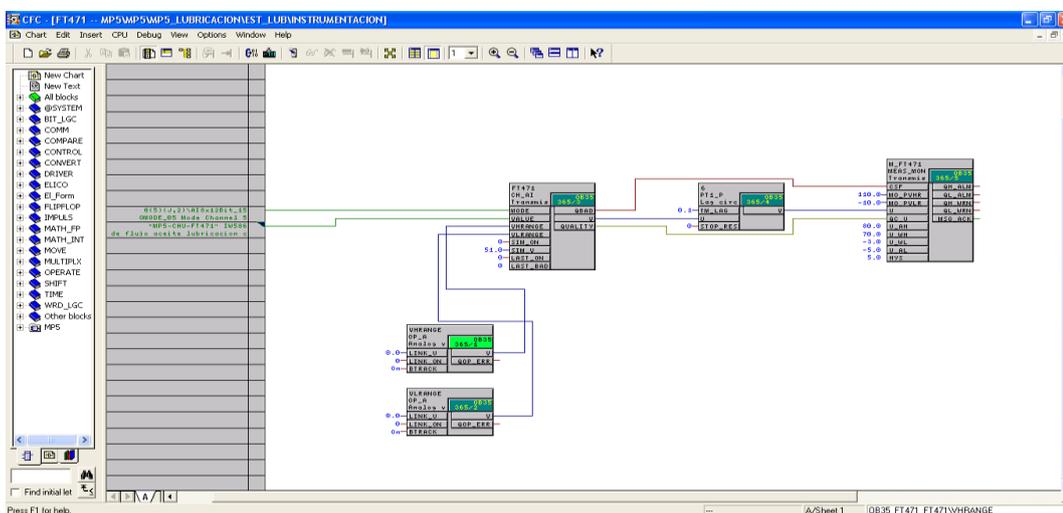


Figura 59 Parámetros de programación transmisores de Flujo.

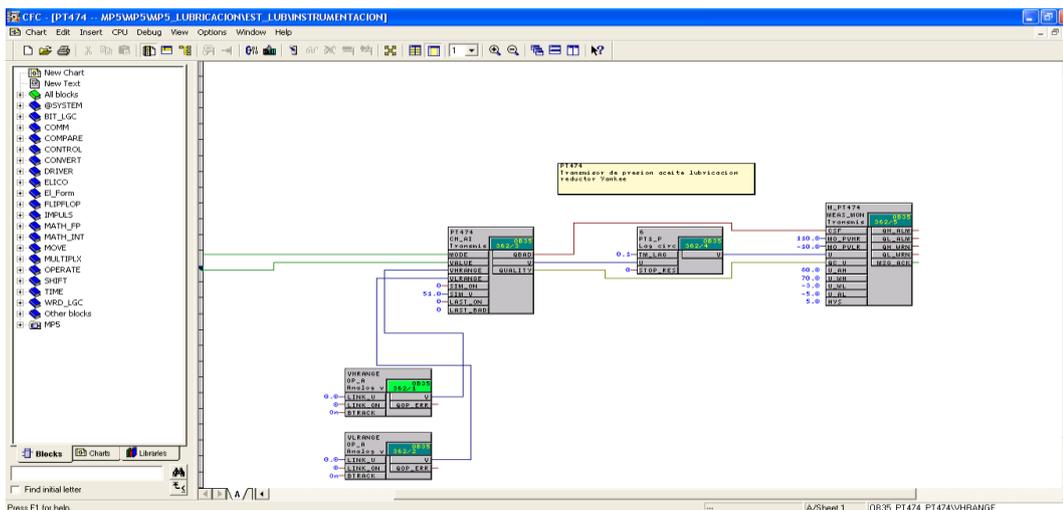


Figura 60 Parámetros de programación Transmisores de Presión.

Figura 63 Configuración de pantalla de Lectura.

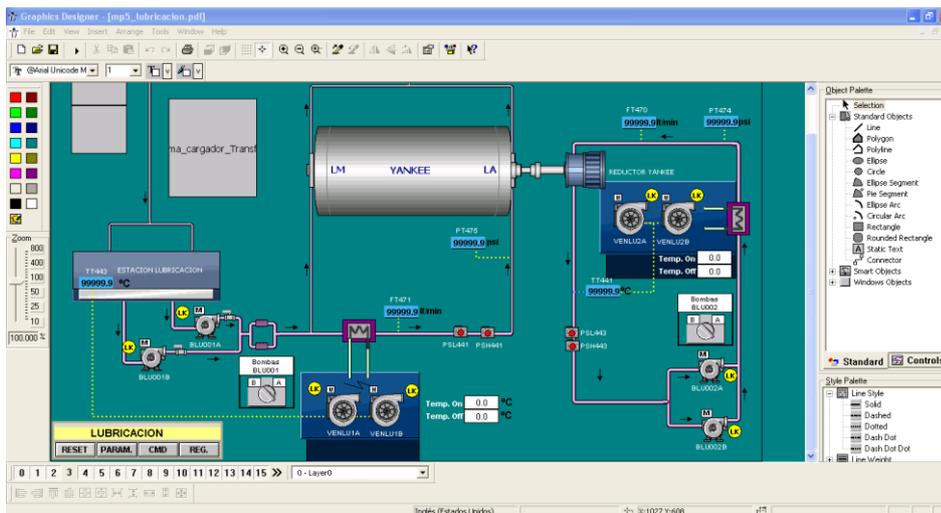


Figura 64 Diseño de pantalla de Lectura.

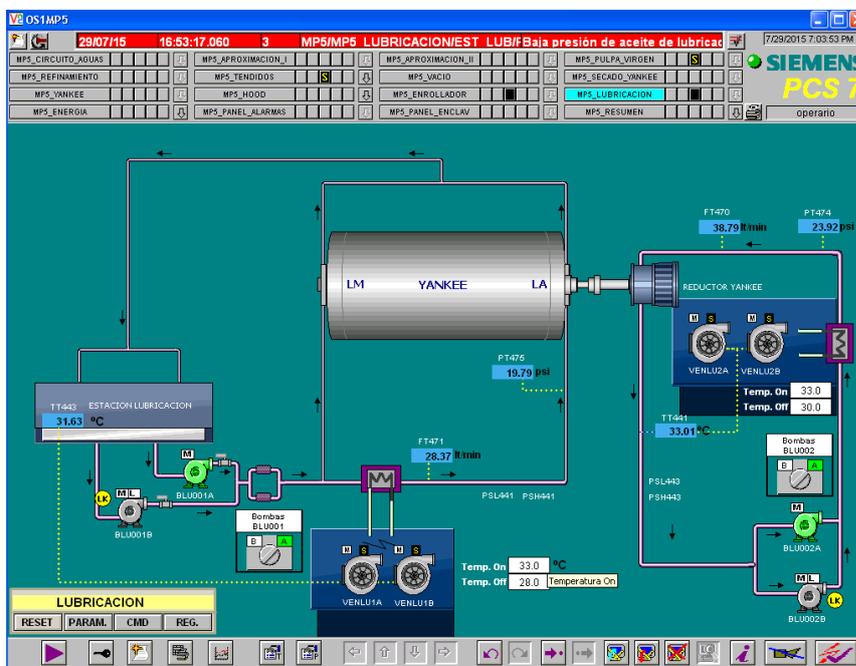


Figura 65 Pantalla de los Sistemas Chumacera y Reductor Yankee MP5.

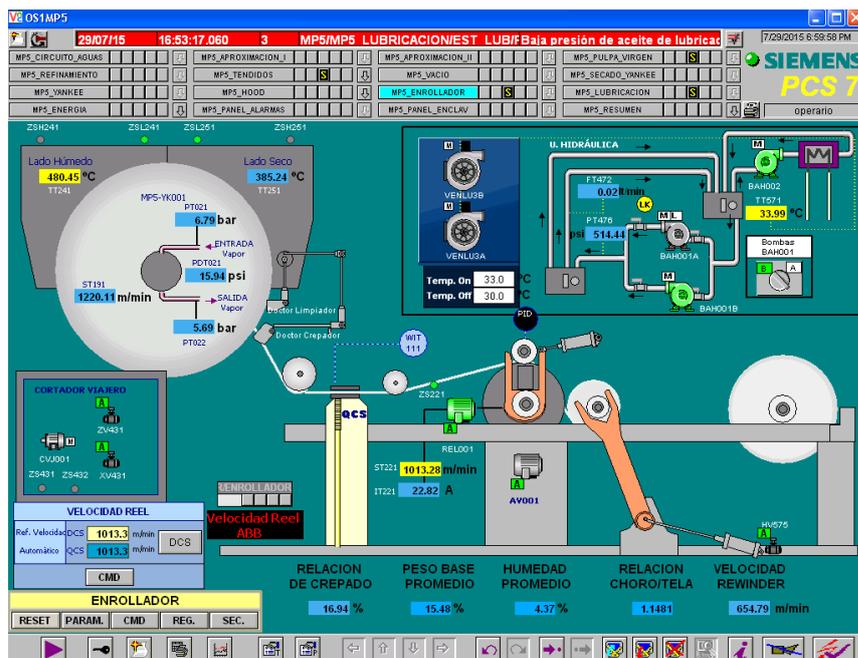


Figura 66 Pantalla del Sistemas Reel MP5.

2.4.1 LÓGICA DE PROGRAMACIÓN SISTEMAS CHUMACERAS Y REDUCTOR YANKEE MP5.

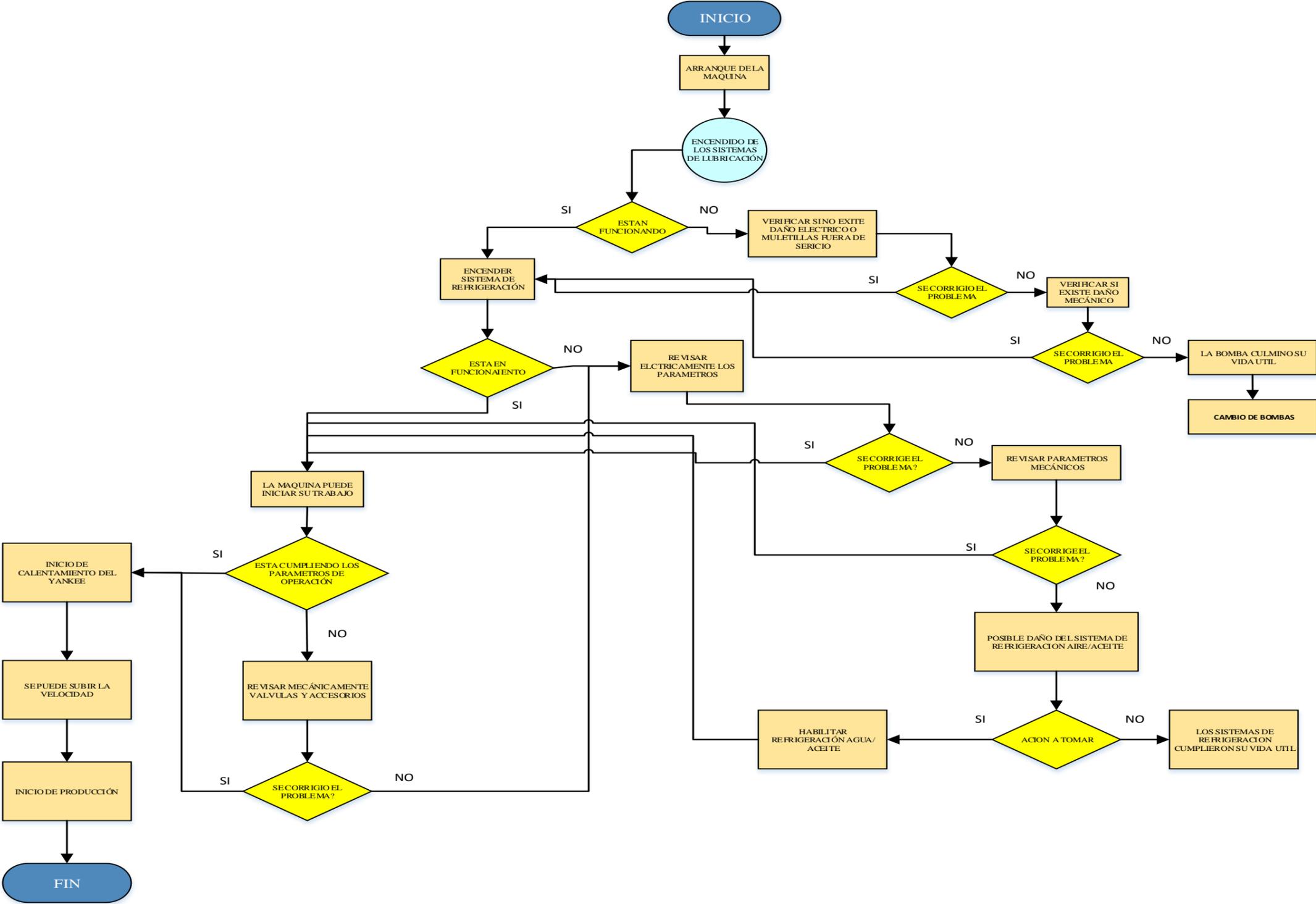


Figura 67 Lógica de programación Sistemas Chumaceras y Reductor Yankee MP5.

2.4.2 LÓGICA DE PROGRAMACIÓN SISTEMA DEL REEL MP5

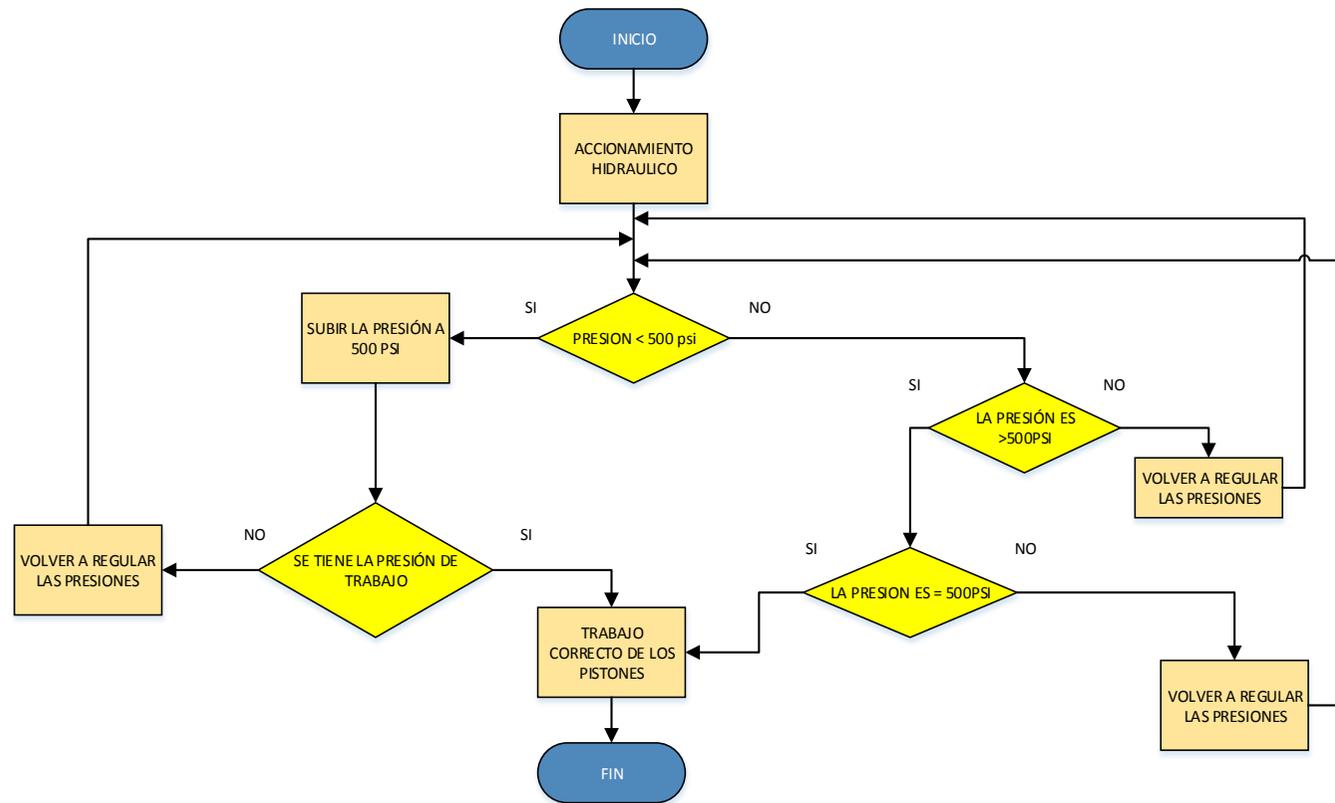


Figura 68 Lógica de programación Sistema Reel MP5

CAPÍTULO III

3 MONTAJE DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADA.

3.1 ARMADO DE ESTRUCTURA.

- ✓ Primeramente se selecciona los perfiles estructurales de Acero al Carbon Norma INEN 2415 con un Grado A que se utilizaran para la construccion de la base de montaje de los equipos.



Figura 69 Materiales de construcción de estructura.

- ✓ Se realiza los corte a medida según las dimensiones que se tienen en los planos.



Figura 70 Corte de perfiles según dimensiones establecidas.

- ✓ Una vez que se tiene listo los perfiles se procede a realizar la unión empleando soldadura.



Figura 71 Uniones de perfiles.

- ✓ Colocacion de piso sobre la base para el montaje de equipos.



Figura 72 Colocación de piso.

- ✓ Se procede a enviar a realizar un recubrimiento electroquímico de galvanización de la estructura.



Figura 73 Estructura galvanizada.

3.2 MONTAJE DE EQUIPOS Y TUBERIA.

- ✓ Se realiza la ubicación y Montaje de las bombas.



Figura 74 Montaje de Bombas.

- ✓ Montaje del tanque de lubricante para las chumaceras del Yankee.



Figura 75 Montaje de tanque.

- ✓ Montaje de enfriadores de Aire para la refrigeración de lubricante.



Figura 76 Montaje de enfriadores.

- ✓ Conexión de tuberías de los sistemas.



Figura 77 Conexión de tubería.

3.3 CONEXIONES ELÉCTRICAS.

- ✓ Colocación de Cabina y acometidas eléctricas para Sensores, Bombas y Motores de enfriadores.



Figura 78 Colocación de cabinas y acometidas eléctricas.

3.4 MONTAJE DE CABINA EN LA MÁQUINA.

- ✓ Nivelación de piso donde se colocara el nuevo sistema.

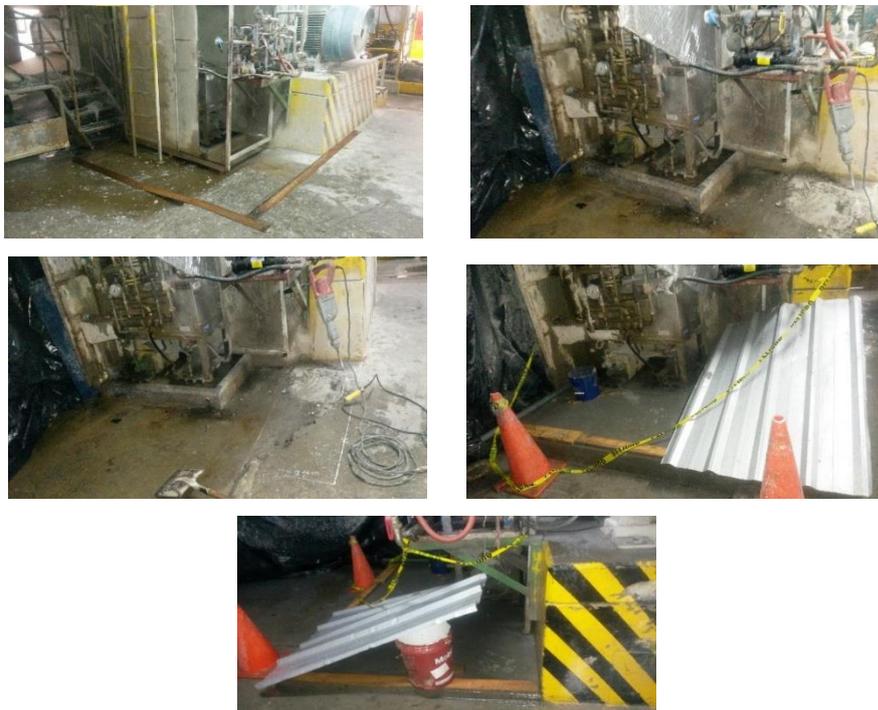


Figura 79 Nivelación de piso.

- ✓ Desmontaje del Sistema de lubricación anterior.



Figura 80 Desmontaje del Sistema Anterior.

- ✓ Montaje de la estructura en el sitio de operación.



Figura 81 Montaje del Sistema de lubricación Centralizada.

- ✓ Colocación de puertas y acrilicos en la cabina.



Figura 82 Montaje de compuertas y acrilicos.

3.5 MONTAJE DE SISTEMA REEL.

- ✓ Colocación de enfriadores de aire.



Figura 83 Montaje de enfriadores.

- ✓ Conexión de transmisores de flujo y presión en la línea de descarga del sistema Reel.



Figura 84 Conexión de transmisores.

3.6 MONTAJE DE TABLERO ELÉCTRICO.

- ✓ Conexión de borneras de control del tablero eléctrico.



Figura 85 Conexión de Borneras.

- ✓ Instalación de Rele enchufable de 24VDC+BASE(marcha plc, confirmacion y falla) rele estado solido, 8PINES



Figura 86 Conexión de relés de 8 Pines.

- ✓ Instalación de Transformador de Voltaje 500VA 440/220-110VAC



Figura 87 Conexión del Transformador.

- ✓ Conexión de Contactores 3RT2015-1AF01 110V, 7A, AC3,+1NA motor 1HP 440V y Rele Térmico 3RU2116-1BB0 1.4-2AMP.



Figura 88 Conexión de contactores 3RT2015 y Relés térmicos 3RU2116

- ✓ Instalación de Relés Térmico 3RV20 11 - 1EA10 1.8-4AMP.



Figura 89 Conexión de relés térmico 3RV20 11.

- ✓ Instalación de Borneras Portafusibles para motores de las bombas y motores de ventiladores.



Figura 90 Conexión de Portafusibles.

- ✓ Conexión de Breaker Principal 3VT1 25-32AMP, borneras Motor y Borneras de Tierra.



Figura 91 Breaker Principal, borneras motor y Borneras de tierra.

- ✓ Colocación de luz Piloto y Selectores de Posición.



Figura 92 Pulsadores y selectores de Posición.

- ✓ Montaje de Gabinete metálico de 80X60X30cm



Figura 93 Montaje de Gabinete Metálico

CAPÍTULO IV

4 PRUEBAS Y ANÁLISIS FINANCIERO

4.1 PRUEBAS Y RESULTADOS

El proyecto del sistema de lubricación se instala en 2 fechas de Paradas Programadas el 27/05/2015 y el 15/07/2015, arranca con normalidad y se regula los diferentes parámetros de acuerdo a las pruebas realizados en cada Sistema.

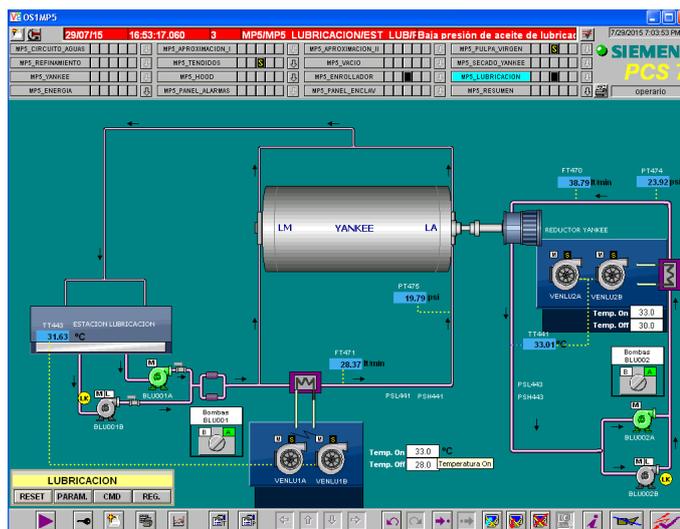


Figura 94 Pantalla Principal de los Sistema de Lubricación Chumaceras y Reductor Yankee.

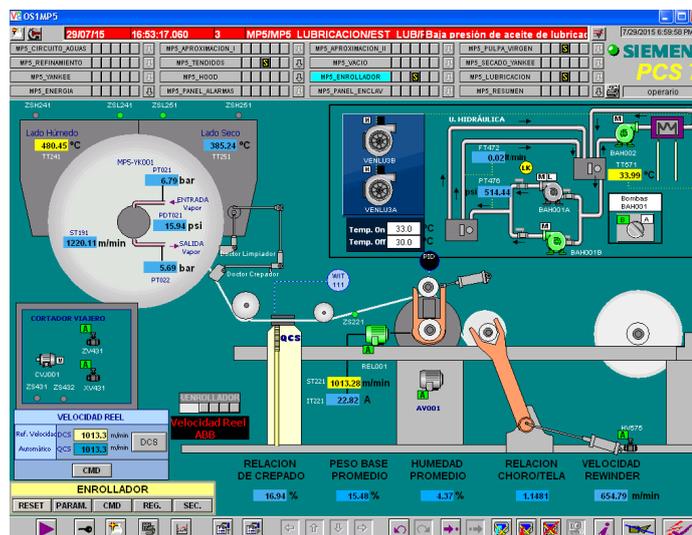


Figura 95 Pantalla Principal del Sistema de Lubricación Reel MP5

4.1.1 SISTEMA REDUCTOR YANKEE MP5

Arranca con normalidad quedando en funcionamiento con los siguientes parámetros que garantizan el normal funcionamiento:

Presión: 1 – 2 Bar.

Flujo: 34– 40 L/min.

Temperatura: 30 – 40 °C

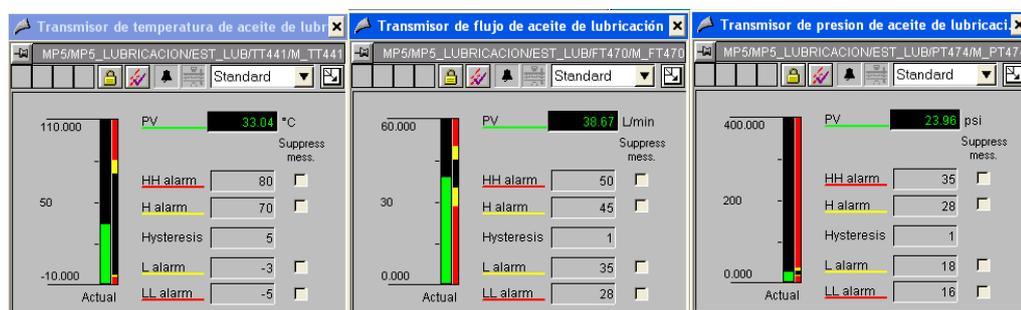


Figura 96 Parámetros de calibración de transmisores del Reductor en las pantallas de operación.

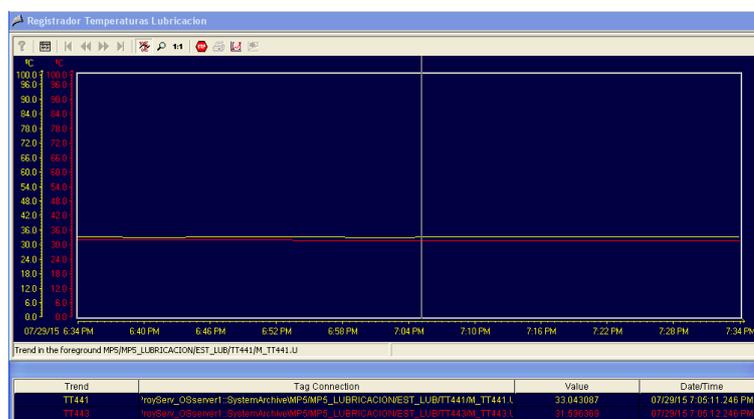


Figura 97 Registro de Temperatura Reductor.

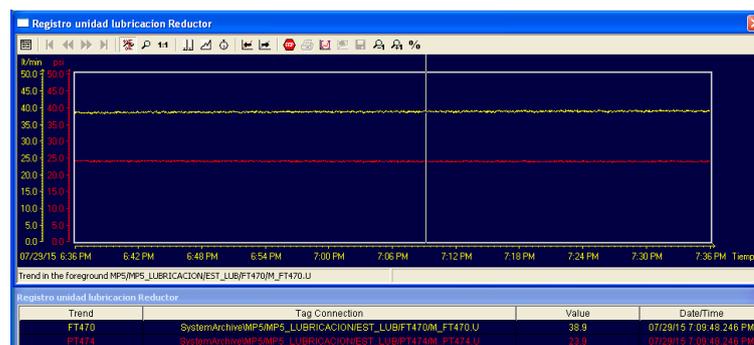


Figura 98 Registro de Presión y Flujo del Reductor.

4.1.2 SISTEMA CHUMACERAS YANKEE MP5

El sistema anterior presentaba residuos de partículas contaminantes en las cañerías, al poner en funcionamiento el nuevo sistema se realiza un Barrido completo.

Arranca con impulsos de choque elevados producidos por la recirculación de los contaminantes existentes se realiza un proceso de Diálisis del lubricante extrayendo las partículas que no pueden separarse con los filtros instalados.

Una vez realizado esta diálisis desciende a valores estables de funcionamiento por lo cual se realiza un cambio total del lubricante el 15/07/2015, permitiendo una recirculación de un aceite limpio en el sistema.

Entra en funcionamiento sin novedades quedando con los siguientes parámetros:

Presión: 8-19 psi.

Flujo: 25 – 28 L/min.

Temperatura: 30 – 40 °C

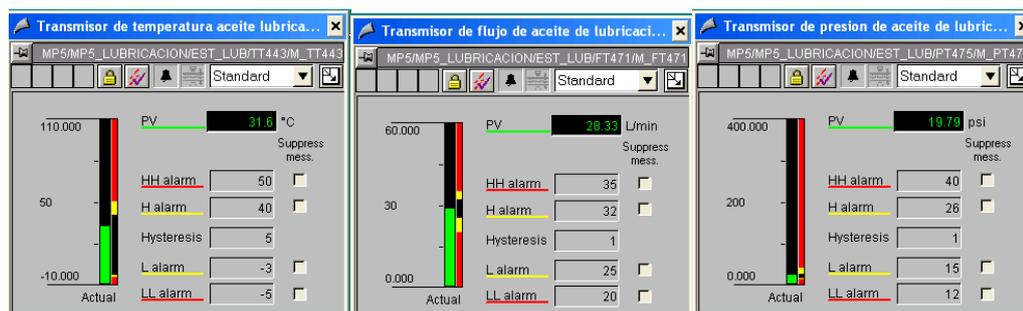


Figura 99 Parámetros de calibración de transmisores de las chumaceras en las pantallas de operación.



Figura 100 Registro de Temperatura Chumaceras.

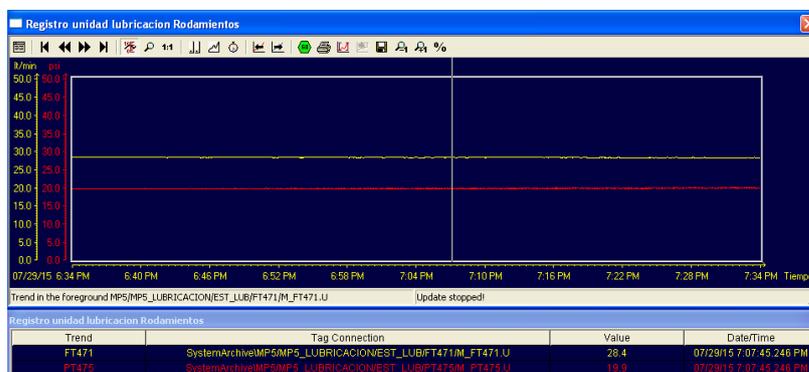


Figura 101 Registro de Presión y Flujo de las Chumaceras.

4.1.3 SISTEMA REEL MP5

El sistema entra a funcionar en condiciones normales, permitiendo en este momento poder regular la presión de trabajo adecuada y corrigiendo la operación de las bombas de lubricación.

El transmisor de flujo se acciona únicamente al momento de accionar los pistones y en casos de existir alguna fuga en el sistema, el sistema al estar comprimido no existe una recirculación de flujo permanente.

Queda en funcionamiento con los siguientes parámetros:

Presión: 450 – 500 psi

Flujo: 25 – 28 L/min

Temperatura: 32 – 40 °C

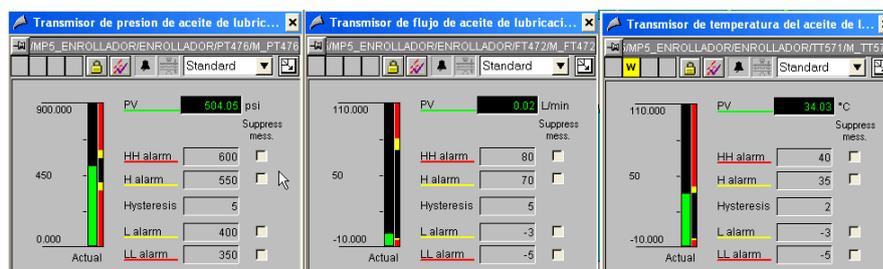


Figura 102 Parámetros de calibración de transmisores en las pantallas de operación.

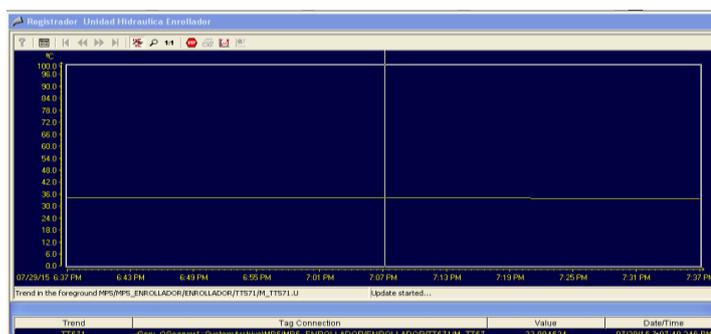


Figura 103 Registro de Temperatura Reel MP5.

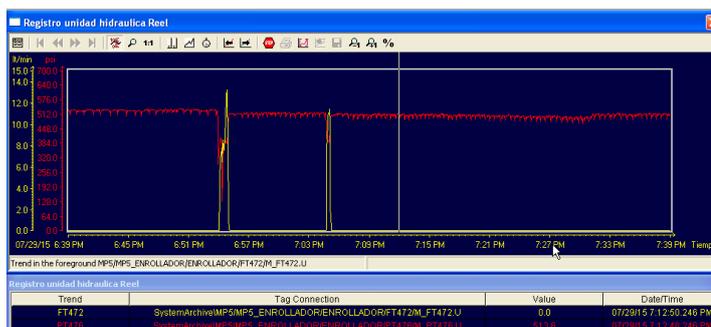


Figura 104 Registro de Presión y Flujo del Reel MP5

4.2 Análisis Financiero

Los Sistemas de Lubricación Centralizada fueron un proyecto factible previo al estudio y análisis de los parámetros que se exponen a continuación.

4.3 INVERSIÓN.

En todas las empresas es necesario, en mayor o en menor medida, hacer frente a inversiones sobre las que se vaya a basar la operación.

Para analizar la viabilidad de una inversión consiste en entenderse el hecho de plantearnos si los ingresos derivados del proyecto serán suficientes para hacer frente a los compromisos adquiridos con los agentes que ponen dinero para financiarlo (accionistas y terceros suministradores de financiación), y en qué medida ese proyecto va a ser rentable.

Para el análisis de la inversión de la implementación del proyecto es necesario analizar todos los insumos empleados.

4.3.1 INVERSIÓN DE ACCESORIOS MECÁNICOS.

Tabla 16
Accesorios mecánicos.

ACTIVIDAD	CANT	DESCRIPCION	VALOR \$	TOTAL \$	
SISTEMA DE LUBRICACION YANKEE MP5 - PUNTO CHUMACERAS	6	BUSHING INOX. 304 1"-1/2"	\$ 6,75	\$ 40,50	
	1	BUSHING INOX. 304 2"- 1/2"	\$ 13,75	\$ 13,75	
	4	BUSHING INOX. 304 1 1/2" - 1"	\$ 9,25	\$ 37,00	
	6	BUSHING INOX. 304 1"-1/4"	\$ 7,56	\$ 45,36	
	4	BUSHING INOX. 304 1 1/4"-1"	\$ 8,25	\$ 33,00	
	6	CODO INOX. 304 ROSC 1/2" X 90°	\$ 6,25	\$ 37,50	
	20	CODO INOX. 304 ROSC 1" X 90°	\$ 10,93	\$ 218,60	
	4	MANOMETRO 0-100 PSI LATERAL 1/4"NPT INOX. 304	\$ 82,00	\$ 328,00	
	60	NEPLO 1" INOX.304 X 3"	\$ 8,48	\$ 508,80	
	40	NEPLO 1" INOX.304 X 4"	\$ 9,48	\$ 379,20	
	8	NEPLO CORRIDO INOX 304 X 1/2"	\$ 4,25	\$ 34,00	
	10	NEPLO CORRIDO INOX.304 X 1/4"	\$ 4,41	\$ 44,10	
	40	NEPLO CORRIDO INOX.304 X 1"	\$ 6,10	\$ 244,00	
	4	REDUCCION INOX. 304 ROSC 1- 1/2"	\$ 5,18	\$ 20,72	
	6	TEE INOX. 304 ROSC 1/2"	\$ 4,90	\$ 29,40	
	14	TEE INOX. 304 ROSC 1"	\$ 15,84	\$ 221,76	
	1	TEE INOX. 304 ROSC 2"	\$ 32,18	\$ 32,18	
	2	TERMOMETRO 0-100°C TOMA DE 1/4" NPT POSTERIOR CARA 2,5" INOX	\$ 90,00	\$ 180,00	
	2	TUBERIA INOX 304 1/2" SIN COSTURA X 6 METROS	\$ 70,00	\$ 140,00	
	2	TUBERIA INOX 304 1" SIN COSTURA X 6 METROS	\$ 109,00	\$ 218,00	
	1	UNIVERSAL INOX. 304 DE 2"	\$ 38,65	\$ 38,65	
	14	UNIVERSAL INOX. 304 DE 1"	\$ 20,54	\$ 287,56	
	6	VALVULA ESFERICA INOX. 1/4"GENEBRE	\$ 34,50	\$ 207,00	
	6	VALVULA ESFERICA INOX. 1/2"GENEBRE 2 CUERPOS	\$ 42,50	\$ 255,00	
	14	VALVULA ESFERICA INOX. 1" GENE BRE 2 CUERPOS	\$ 54,90	\$ 768,60	
	SISTEMA DE LUBRICACION YANKEE MP5 - PUNTO REDUCTOR	6	BUSHING INOX. 304 1 1/2" - 1"	\$ 9,25	\$ 55,50
		8	BUSHING INOX. 304 1"-1/4"	\$ 7,25	\$ 58,00
		6	BUSHING INOX. 304 2"-1"	\$ 19,25	\$ 115,50
		30	CODO INOX. 304 ROSC 1" X 90°	\$ 19,50	\$ 585,00
		4	MANOMETRO 0-100 PSI LATERAL 1/4"NPT INOX. 304, CARATULA 2,5"	\$ 82,00	\$ 328,00
10		NEPLO CORRIDO INOX.304 X 1/4"	\$ 4,41	\$ 44,10	
35		NEPLO CORRIDO INOX.304 X 1"	\$ 6,10	\$ 213,50	
4		REDUCCION INOX. 304 ROSC 1" - 1/2" SOLDAR	\$ 28,54	\$ 114,16	
14		TEE INOX. 304 ROSC 1"	\$ 15,84	\$ 221,76	
2		TERMOMETRO 0-100°C TOMA DE 1/4" NPT POSTERIOR CARA 2,5" INOX	\$ 90,00	\$ 180,00	
14		UNIVERSAL INOX. 304 DE 1"	\$ 20,54	\$ 287,56	
6		VALVULA ESFERICA INOX. 1/4" GENE BRE	\$ 34,50	\$ 207,00	
14		VALVULA ESFERICA INOX. 1" GENE BRE	\$ 54,90	\$ 768,60	
20		TEFLONES INDUSTRIALES PARA JUNTAS	\$ 2,50	\$ 50,00	
TOTAL				\$ 7.591,36	

Tabla 17
Construcción de Estructura y Tanque.

CANT	DESCRIPCION	VALOR \$	TOTAL \$
1	BASE INFERIOR Y SUPERIOR, ESTRUCTURA PAREDES Y TECHO, PUERTAS	\$ 4.800,00	\$ 4.800,00
1	TANQUE EN ACERO INOX	\$ 1.865,00	\$ 1.865,00
TOTAL			\$ 6.665,00

4.3.2 INVERSIÓN DE ACCESORIOS ELÉCTRICOS.

Tabla 18
Accesorios eléctricos.

ACTIVIDAD	CANT	DESCRIPCION	V. UNIT \$	DSCTO.	TOTAL \$	
Bomba de lubricación 1HP 440VAC	2	CONTACTOR 3RT2015-1AF01 110V, 7A, AC3,+1NA MOTOR 1HP 440V	\$ 21,46	15%	\$ 36,48	
	4	RELE ENCHUFABLE FINDER 110V, 8PINES REDONDOS+BASE	\$ 16,60		\$ 66,40	
	2	RELE TÉRMICO 3RU2116-1BB0 1.4-2AMP	\$ 56,62	15%	\$ 96,25	
	2	TOMA EXTENSIÓN CLAVIJA 16A 3F	\$ 10,18		\$ 20,36	
	2	ENCHUFE EXTENSIÓN CLAVIJA 16A 3F	\$ 10,48		\$ 20,96	
	8	MANGUERA BX PVC DE 1/2	\$ 2,47		\$ 19,76	
	8	CONECTOR BX 1/2	\$ 0,90		\$ 7,20	
	10	CABLE CONCENTRICO 4X14 AWG	\$ 2,16		\$ 21,60	
	3	TUBO RIGIDO 3/4	\$ 18,00		\$ 54,00	
	5	BUSHING 3/4-1/2"	\$ 1,00		\$ 5,00	
	2	CONDULETAS DE 3/4	\$ 6,00		\$ 12,00	
	1	MATERIAL MENUDO	\$ 60,00		\$ 60,00	
	Bomba de lubricación 2HP 440VAC	2	CONTACTOR 3RT2015-1AF01 110V, 7A, AC3,+1NA MOTOR 1HP 440V	\$ 21,46	15%	\$ 36,48
4		RELE ENCHUFABLE FINDER 110V, 8PINES REDONDOS+BASE	\$ 16,60		\$ 66,40	
2		RELE TÉRMICO 3RV20 11 - 1EA10 1.8-4AMP	\$ 56,62	15%	\$ 96,25	
2		TOMA EXTENSIÓN CLAVIJA 16A 3F	\$ 10,18		\$ 20,36	
2		ENCHUFE EXTENSIÓN CLAVIJA 16A 3F	\$ 10,48		\$ 20,96	
8		MANGUERA BX PVC DE 1/2	\$ 2,47		\$ 19,76	
4		CONECTOR BX 1/2	\$ 0,90		\$ 3,60	
10		CABLE CONCENTRICO 4X14 AWG	\$ 2,16		\$ 21,60	
3		TUBO RIGIDO 3/4	\$ 18,00		\$ 54,00	
2		BUSHING 1-1/2"	\$ 1,50		\$ 3,00	
1		CONDULETAS DE 3/4	\$ 6,00		\$ 6,00	
1		MATERIAL MENUDO	\$ 60,00		\$ 60,00	
Tablero de 6 arranques ventiladores 1/4HP Y 1HP 440vac; lámpara fluorescente pequeña que ilumine el tablero, mas sus accesorios		1	GABINETE METALICO 80X60X30CM	\$ 132,78		\$ 132,78
	4	GUARDAMOTOR 3RV20 11 - 0JA10 0.7-1AMP+CONTACTO AUXILIAR(1/4HP)	\$ 53,73	15%	\$ 182,68	
	2	GUARDAMOTOR 3RV20 11 - 1BA10 1.4-2AMP+CONTACTO AUXILIAR(1HP)	\$ 56,62	15%	\$ 96,25	
	6	CONTACTOR 3RT2015-1AF01 110V, 7A, AC3,+1NA MOTOR 1HP 440V	\$ 21,46	15%	\$ 109,45	
	4	RELÈ TERMICO 0.7-1 AMP	\$ 38,55	15%	\$ 131,07	
	2	RELÈ TERMICO 1.4-2 AMP	\$ 38,55	15%	\$ 65,54	
	12	RELE ENCHUFABLE FINDER 110V REDONDOS+BASE	\$ 16,60		\$ 199,20	
	3	SELECTOR DOS POSICIONES 22MM	\$ 15,00		\$ 45,00	
	6	SELECTOR TRES POSICIONES 22MM	\$ 15,00		\$ 90,00	
	6	BREAKER RIEL 1P ,2A	\$ 11,15	15%	\$ 56,87	
	3	CAJA PLASTICA 1 HUECO 22MM	\$ 2,10		\$ 6,30	
	6	LUZ PILOTO VERDE 22MM	\$ 1,47		\$ 8,82	
	6	LUZ PILOTO ROJA 22MM	\$ 1,33		\$ 7,98	
	30	BORNERAS DOBLES	\$ 2,87		\$ 86,10	
	6	PIEZAS FINALES	\$ 2,40		\$ 14,40	
	16	BORNERAS MOTOR	\$ 1,80		\$ 28,80	
	6	BORNERAS DE TIERRA	\$ 2,45		\$ 14,70	
	1	MATERIAL MENUDO	\$ 100,00		\$ 100,00	
	Instalación acometidas a motores, instrumentos tres de presión, tres de flujo, uno de temperatura y muletilas, tuberías y accesorios	340	CABLE CONCENTRICO 4X14 AWG	\$ 2,16		\$ 734,40
		500	CABLE CONCENTRICO 4X16 AWG (MULETILLAS Y ALIMENTACION TX FLUJO)	\$ 1,47		\$ 735,00
24		CABLE MULTIFILAR 20X16 AWG	\$ 10,69		\$ 256,56	
30		TUBO RÍGIDO 1/2	\$ 12,00		\$ 360,00	
6		TUBO RÍGIDO 3/4	\$ 18,00		\$ 108,00	
6		T CONDULET 3/4	\$ 3,71		\$ 22,26	
50		MANGUERA BX PVC DE 1/2	\$ 2,47		\$ 123,50	
48		CONECTOR BX PVC 1/2	\$ 0,90		\$ 43,20	
4		CHANEL NORMAL	\$ 12,00		\$ 48,00	
50		ABRAZADERAS PARA CHANEL DE 1/2	\$ 0,45		\$ 22,50	
16		ABRAZADERAS PARA CHANEL DE 3/4	\$ 0,45		\$ 7,20	
1		MATERIAL MENUDO	\$ 100,00		\$ 100,00	

CONTINÚA



ACTIVIDAD	CANT	DESCRIPCION	V. UNIT \$	DSCTO.	TOTAL \$
Conexión de acometida principal arrancadores 1/4HP y 1HP	2	BREAKER PRINCIPAL 3VT1 25-32AMP	\$ 82,40	15%	\$ 140,08
	60	CABLE UNIFILAR 8 AWG (ACOMETIDA PRINCIPAL)	\$ 1,89		\$ 113,40
	1	TRANSFORMADOR VOLTAJE 500VA 440/220-110VAC	\$ 156,30		\$ 156,30
	1	BREAKER RIEL 2P 2AMP	\$ 26,61	15%	\$ 22,62
	1	BREAKER RIEL 2P 4AMP	\$ 25,85	15%	\$ 21,97
	8	BORNERAS FUERZA	\$ 2,73		\$ 21,84
	15	BORNERA CONTROL	\$ 1,80		\$ 27,00
	100	CABLE DE CONTROL #20 AZUL	\$ 0,15		\$ 15,00
	1	MATERIAL MENUDO	\$ 30,00		\$ 30,00
Suministro De Tres Módulos Para PLC Y Conexión De Señales De Control	1	MÓDULO 16DI 24VDC 6ES7321-1BH02-0AA0+CONECTOR 20POLOS	\$ 413,00	15%	\$ 351,05
	1	MÓDULO 16DO 24VDC 6ES7322-1BH01-0AA0+CONECTOR 20POLOS	\$ 543,00	15%	\$ 461,55
	1	MÓDULO 8AI 24VDC 6ES7331-7KF02-0AB0+CONECTOR 20POLOS	\$ 1.373,00	15%	\$ 1.167,05
	16	RELE ENCHUFABLE FINDER 24VDC+BASE(MARCHA PLC.CONFIRMACION Y FALLA) RELE ESTADO SOLIDO, 8PINES	\$ 20,35		\$ 325,60
	3	BREAKER RIEL 1P, 2A	\$ 10,80	15%	\$ 27,54
	26	BORNERAS PORTAFUSIBLES	\$ 5,50		\$ 143,00
	56	BORNERAS CONTROL	\$ 1,80		\$ 100,80
	15	BORNERAS TIERRA	\$ 2,45		\$ 36,75
	8	BORNERAS DOBLES CONTROL	\$ 2,87		\$ 22,96
	1	BREAKER 2P 2AMP	\$ 26,61		\$ 26,61
	1	FUENTE SITOP 24VDC 5A	\$ 314,00	15%	\$ 266,90
	300	CABLE #20 CONTROL AZUL	\$ 0,15		\$ 45,00
	1	CANALETA ESCALERILLA 20X10CM	\$ 50,00		\$ 50,00
	1	CHANEL NORMAL	\$ 12,00		\$ 12,00
	1	MATERIAL MENUDO	\$ 60,00		\$ 60,00
Adicional bombas de lubricación	3	CANALETA ESCALERILLA DE 10X20 CON TAPA A LOS DOS LADOS	\$ 76,00		\$ 228,00
	1	CODO VERTICAL ESCALERILLA EXTERIOR 10X20	\$ 39,00		\$ 39,00
	2	CHANEL REFORZADO	\$ 25,00		\$ 50,00
	4	MENSULAS REFORZADAS DE 750	\$ 28,00		\$ 112,00
	20	TACOS MULETIADO DE 3/8 CON PERNOS DE 1"	\$ 1,15		\$ 23,00
	20	TUERCA MORDAZA DE 3/8 CON PERNOS DE 1"	\$ 1,15		\$ 23,00
	2	M DE MANGERA BX DE 1"	\$ 5,40		\$ 10,80
	2	CONECTORES PAA MANGUERA BX DE 1"	\$ 2,50		\$ 5,00
	1	T CONDULET DE 1"	\$ 4,65		\$ 4,65
	8	PRENSOSTOPAS PARA ROSCA DE 1/2	\$ 0,65		\$ 5,20
	10	SUJETADOR DE CANALETAS DE 3/8	\$ 2,80		\$ 28,00
	1	MATERIAL MENUDO	\$ 50,00		\$ 50,00
TOTAL					\$ 8.988,66

4.3.3 INVERSIÓN DE EQUIPOS.

Tabla 19
Equipos de lubricación

CANT	DESCRIPCION	VALOR \$	TOTAL \$
1	ENFRIADOR SISTEMA CHUMACERAS YANKY MP5	\$ 2.457,00	\$ 2.457,00
1	ENFRIADOR SISTEMA REDUCTOR YANKY MP5	\$ 5.882,00	\$ 5.882,00
1	ENFRIADOR SISTEMA REEL MP5	\$ 3.720,00	\$ 3.720,00
6	FILTROS VIKING CAST IRON/NPT 1" / MESH 100 / VITON MODELO F-1010-IRN-026	\$ 600,00	\$ 3.600,00
2	B. VIKING HJ 4195 RELIEF VALV 4-1487-2231-536	\$ 5.097,10	\$ 10.194,20
2	B. VIKING GG4195 RELIEF VALV 1" OPP-T 4-1062-2231-508	\$ 3.010,70	\$ 6.021,40
TOTAL			\$ 31.874,60

4.3.4 INVERSIÓN DE TRANSMISORES

Tabla 20
Transmisores de Presión y Temperatura.

CANT	DESCRIPCION	VALOR \$	TOTAL \$
1	TRANSMISOR DE PRESIÓN 7MF4033-IEA 10-1AC6-Z Y15+Y16 Y15: PT-474 Y16: MP5- RED01	\$ 897,00	\$ 897,00
1	TRANSMISOR DE PRESIÓN 7MF4033-IEA 10-1AC6-Z Y15+Y16 Y15: PT-475 Y16: MP5-CHU01	\$ 879,00	\$ 879,00
1	TRANSMISOR DE PRESIÓN 7MF4033-IGA 10-1AC6-Z Y15+Y16 Y15: PT-476 Y16: MP5-REEL01	\$ 945,00	\$ 945,00
3	SENSOR DE FLUJO CORIOLIS MARCA: ENDRESS + HAUSER (ALEMANIA) MODELO: Promass 40E25, DN25 1"	\$ 10.794,00	\$ 32.382,00
1 KM	TELDOR P/N 8NNO101101 INS 1X2X16AWGTC SFTP BK	\$ 1.550,00	\$ 1.550,00
TOTAL			\$ 35.103,00

4.3.5 INVERSIÓN EN MONTAJE MECÁNICO Y ELÉCTRICO

Tabla 21
Montaje Mecánico.

CANT	DESCRIPCION	VALOR \$	TOTAL \$
1	MONTAJE DE EQUIPOS, VALVULAS, TUBERIAS CABINA Y ACCESORIOS ADICIONALES	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
TOTAL			\$ 1.500,00

Tabla 22
Montaje Eléctrico.

ACTIVIDAD	CANT.	DESCRIPCION	V. UNIT. \$	TOTAL \$
Bomba de lubricación 1HP 440VAC	1	Mano de Obra Conexión y Desconexión de Motores, Desconexión y conexión de cuatro sensores de presión y dos de temperatura, movimiento de tuberías y trabajo tubería	\$ 450,00	\$ 450,00
Bomba de lubricación 2HP 440VAC	1	Mano de Obra Conexión y Desconexión de Motores, movimiento de tuberías y trabajo tubería	\$ 400,00	\$ 400,00
Tablero de 6 arranques ventiladores 1/4HP Y 1HP 440vac; lámpara fluorescente pequeña que ilumine el tablero, mas sus accesorios	1	Armado de Tablero	\$ 350,00	\$ 350,00
Instalación acometidas a motores, instrumentos tres de presión, tres de flujo, uno de temperatura y muletillas, tuberías y accesorios	1	Mano de Obra	\$ 1.450,00	\$ 1.450,00
Conexión de acometida principal arrancadores 1/4HP y 1HP	1	Mano de Obra	\$ 150,00	\$ 150,00
Suministro De Tres Módulos Para PLC Y Conexión De Señales De Control	1	MANO DE OBRA (mano de obra, es la conexión de módulos de PLC y conexiones respectiva de instrumentos)	\$ 300,00	\$ 300,00
TOTAL				\$ 3.100,00

4.3.6 INVERSIÓN TOTAL

El proyecto tiene una inversión de 94.822, 62\$ dólares americanos, los cuales se justifican por los tiempos que se perdieron en producción ocasionados por problemas en los sistemas de lubricación.

La inversión busca rediseñar y modernizar el sistema de lubricación centralizada en la Máquina de Papel MP5, con la finalidad de optimizar los sistemas móviles para que sea competitivo con el incremento de velocidad de la máquina MP5, alcanzando las metas propuesta por producción. Reducir tiempos no programados, gastos de mantenimiento mediante una adecuada lubricación de la maquinaria.

Tabla 23
Inversión Total.

DESCRIPCIÓN	TOTAL \$
ACCESORIOS MECÁNICOS	\$ 7.591,36
CONSTRUCCION DE ESTRUCTURA Y TANQUE	\$ 6.665,00
ACCESORIOS ELECTRICOS	\$ 8.988,66
EQUIPOS	\$ 31.874,60
TRANSMISORES	\$ 35.103,00
MONTAJE MECÁNICO	\$ 1.500,00
MONTAJE ELÉCTRICO	\$ 3.100,00
TOTAL	\$ 94.822,62

4.4 PERDIDAS TOTALES DE LOS SISTEMAS DE LUBRICACIÓN.

El proyecto se justifica analizando las pérdidas ocasionadas en un año en Mantenimiento, Producción y Repuestos de equipos en la cual se tiene un total de 143.300,41\$ por un año Contable interno de la Planta como se detalla a continuación.

Sin el suministro del lubricante en el intervalo correcto y la cantidad correcta, la maquinaria puede experimentar fallas costosas.

Tabla 24
Costo por mantenimiento.

FALLAS	SUMA DE TIEMPO (min)	COSTO POR MINUTO (\$)	COSTO (\$)
DAÑO EN EL HIDRÁULICO DEL REEL	745	10,7	\$ 7.971,50
FALLA DE LUBRICACIÓN EN CHUMACERAS YANKEE	949	10,7	\$ 10.154,30
FALLA DE LUBRICACIÓN EN EL REDUCTOR DEL YANKEE	274	10,7	\$ 2.931,80
TOTAL GENERAL	1968	32,1	\$ 21.057,60



Figura 105 Tiempos perdidos Mecánicos en los Sistemas de Lubricación.

Existen de igual manera el costo que afecta en producción teniendo en cuenta que en 1 hora se tiene un promedio de 2.25 Ton de papel y se detalla a continuación de acuerdo a los tiempos perdidos la producción perdida.

Tabla 25
Costo productivo.

FALLAS	SUMA DE TIEMPO (min)	PRODUCCIÓN (ton)	COSTO (ton)	COSTO (\$)
DAÑO EN EL HIDRÁULICO DEL REEL	745	27,52	700	\$ 19.264,00
FALLA DE LUBRICACIÓN EN CHUMACERAS YANKEE	949	35,06	700	\$ 24.542,00
FALLA DE LUBRICACIÓN EN EL REDUCTOR DEL YANKEE	274	10,12	700	\$ 7.084,00
TOTAL GENERAL	1968	72,7		\$ 50.890,00



Figura 106 Pérdidas por producción.

Todo mantenimiento implica la utilización de componentes y repuestos especiales los cuales afectan directamente a la economía de la empresa y se detalla a continuación.

Tabla 26
Costo en repuestos del Reductor Yankee.

PIZAS DE DESGASTE	UNIDADES	COSTO/UNIDAD	TOTAL
GEAR WHEEL 2TMG450 POS.211 (4756268)	1	\$ 6.007,45	\$ 6.007,45
PINION 2TMG450 POS.131 (4772283)	1	\$ 5.055,65	\$ 5.055,65
PINION 2TMG450 POS.231 (4772284)	1	\$ 4.579,75	\$ 4.579,75
CYLINDRICAL ROLLER BEARING SL 18 1884.C4	2	\$ 6.300,98	\$ 12.601,96
SPHERICAL ROLLER BEARING 22320E	2	\$ 1.368,98	\$ 2.737,96
SPHERICAL ROLLER BEARING 22317E	2	\$ 423,04	\$ 846,08
SHAFT SEAL DIN3760 C 460 420 20 - - FKM	2	\$ 675,29	\$ 1.350,58
SHAFT SEAL DIN3760 A 110 85 12 - - FKM	1	\$ 26,28	\$ 26,28
SEAL BUSHING 420 400 50	2	\$ 3.502,59	\$ 7.005,18
TOTAL			\$ 40.210,89

Tabla 27
Costo de repuestos Chumaceras Yankee.

PIZAS DE DESGASTE	UNIDADES	COSTO UNITARIO	TOTAL
SKF 23168 CC K/W33* RODAMIENTOS (RODAMIENTOS DE RODILLOS ESFÉRICOS)	2	12.570,96	\$ 25.141,92
TOTAL			\$ 25.141,92

Tabla 28
Costo de enfriadores de Agua.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
ENFRIADOR POR AGUA THERMAL SYTEMEK-714T SISTEMA REEL MP5	1	1.000,00	\$ 1.000,00
ENFRIADOR POR AGUA THERMAL SYTEMEK-714T SISTEMA CHUMACERAS YANKEE	1	1.000,00	\$ 1.000,00
ENFRIADOR POR AGUA THERMAL SYTEMEK-714T SISTEMA REDUCTOR YAANKEE	1	1.000,00	\$ 1.000,00
TOTAL			\$ 3.000,00

Realizando una compilación de todas las pérdidas mayores ocasionadas en un periodo anual se tiene pérdidas que permiten justificar el Proyecto de Lubricación centralizada MP5.

Tabla 29
Pérdidas totales por Lubricación en un Periodo Anual.

DESCRIPCIÓN	TOTAL
PERDIDA POR MANTENIMIENTO	\$ 21.057,60
PERDIDA POR PRODUCCIÓN	\$ 50.890,00
REPUESTOS REDUCTOR YANKEE	\$ 40.210,89
REPUESTOS CHUMACERAS	\$ 28.141,92
ENFRIADORES POR AGUA	\$ 3.000,00
TOTAL	\$ 143.300,41

4.5 COSTO BENEFICIO.

El proyecto tiene como objetivo modifica el sistema obsoleto instalado en los Sistemas de Lubricación con la proyección de garantizar el incremento de Velocidad de la Máquina MP5 de 1200 m/min hasta 1400 m/min, lo cual permitirá incrementar la producción y poder incrementar las ventas de los productos.

La inversión es menor que el costo de pérdidas producidas lo cual permite que la empresa invierta con el monto del capital sugerido, para lo cual se tiene una proyección de recuperación del Proyecto en un año.

Realizando una comparación de producción y realizando el incremento máximo de velocidad 1210 m/min la producción de 54 Ton diarias se ha incrementado a 56 Ton día se pretende alcanzar a una velocidad de 1400 m/min realizando nuevas modificaciones en la máquina que ya no dependen del Sistema de lubricación centralizada sino de otros factores.

Se realiza un análisis de producción con el incremento de 10 m/min durante 1 año, en donde se tiene un incremento diario de 2 Ton. Como se visualiza en la **Tabla 4.14**

Se tiene un beneficio promedio de 508.200\$ al Año por las Toneladas adicionales como se visualiza en la **Tabla 4.15**, lo cual nos permite recuperar nuestra inversión en un corto plazo de 3 meses aproximadamente.

Tabla 30
Producción anual comparativa años 2014-2015

2014				2015			
MES	DIAS	PRODUCCIÓN DIARIA (Ton)	PRODUCCION TOTAL (Ton)	MES	DIAS	PRODUCCIÓN DIARIA (Ton)	PRODUCCION TOTAL (Ton)
ENERO	30	54	1620	ENERO	30	56	1680
FEBRERO	28	54	1512	FEBRERO	28	56	1568
MARZO	31	54	1674	MARZO	31	56	1736
ABRIL	30	54	1620	ABRIL	30	56	1680
MAYO	31	54	1674	MAYO	31	56	1736
JUNIO	30	54	1620	JUNIO	30	56	1680
JULIO	31	54	1674	JULIO	31	56	1736
AGOSTO	31	54	1674	AGOSTO	31	56	1736
SEPTIEMBRE	30	54	1620	SEPTIEMBRE	30	56	1680
OCTUBRE	31	54	1674	OCTUBRE	31	56	1736
NOVIEMBRE	30	54	1620	NOVIEMBRE	30	56	1680
DICIEMBRE	30	54	1620	DICIEMBRE	30	56	1680
TOTAL			19602	TOTAL			20328

Tabla 31
Beneficio anual por toneladas adicionales.

INCREMENTO ANUAL (Ton)	726
COSTO PROMEDIO POR TONELADA	\$ 700,00
BENEFICIO ANUAL	\$ 508.200,00

El proyecto garantiza el incremento hasta una velocidad de 1400 m/min, que en un futuro no muy lejano y mejorando los sistemas adicionales que tiene la máquina como Secado, Aproximación de flujo, que no dependen de este proyecto permitirá un incremento de producción y ganancias a la empresa.

El proyecto es factible y permite tener un retorno inmediato del capital invertido garantizando el normal funcionamiento de la Máquina y permitiendo proyectarse a incrementar la producción.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES.

- ✓ Los sistemas de lubricación Reductor y Chumaceras Yankee garantizan poder trabajar con un incremento de velocidad hasta 1400 m/min.
- ✓ Los sistemas de lubricación brindan una confiabilidad de operación de acuerdo a los parámetros de funcionamiento requeridos.
- ✓ El enfriamiento de calor al realizarlos con aire disminuye el consumo de recursos hídricos que se empleaba anteriormente, garantizando mayor confiabilidad.
- ✓ El sistema centralizado brindan un monitoreo continuo llevando un registro de eventos que sucedan en el sistema y poder corregirlos en el menor tiempo posible.
- ✓ La estructura del sistema garantiza que no existe deformación y brinda una seguridad para las personas que ingresen a realizar inspecciones preventivas.

5.2 RECOMENDACIONES.

- ✓ Mejorar los sistemas de Secado y de Aproximación de flujo para poder incrementar la velocidad a 1400 m/min y tener un incremento de producción.
- ✓ En caso de un mantenimiento de los enfriadores de Aire se debe emplear el enfriamiento por Agua, verificando que los filtros se encuentren Limpios y asegurarse de la apertura de Válvulas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIAN Control & Instrumentación. (s.f.). PT100, su operación, instalación y tablas.

Recuperado el 03 de 12 de 2013, de <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>

BALDWIN FILTERS. (2013). FILTROS HIDRÁULICOS PUREFORCE.

Recuperado el 04 de 12 de 2013, de <http://www.baldwinfilter.com/literature/Spanish/3%20proof%20source%20sheets/Form330s.pdf>

Bueno, A. (s.f.). Unidad didáctica: Neumática e Hidráulica. Recuperado el 05 de 11 de 2013, de

http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_neumatica/neumatica_indice.html

Centro Educativo Salesianos Talca. (2009). Automatización Industrial- Módulo M.I.

7. Recuperado el 02 de 11 de 2013, de

<http://www.salesianostalca.cl/files/M7---Automatizacion-Industrial.pdf>

Circuitos Hidráulicos Y Neumáticos. (2012). Recuperado el 23 de 11 de 2013, de

<http://www.buenastareas.com/ensayos/Circuitos-Hidr%C3%A1ulicos-y-Neum%C3%A1ticos/5710344.html>

DPTO. ING QUIMICA Y TEXTIL. (s.f.). Equipos para transporte de fluidos.

Recuperado el 03 de 12 de 2013, de

http://web.usal.es/~tonidm/DEI_04_tuberias.pdf

Fernando, S. (s.f.). Propiedad de los Fluidos. Recuperado el 20 de 11 de 2013, de

<http://www.monografias.com/trabajos85/propiedades-fluidos/propiedades-fluidos.shtml>

Gil.A, S. B.-B. (2006). SISTEMAS OLEOHIDRAULICOS SELECCIÓN DE COMPONENTES Y PRACTICAS DE LABORATORIO. Salvador.

Harita, A. B. (2011). Fisica2. Recuperado el 25 de 11 de 2013, de

<http://cienciascsjic.files.wordpress.com/2013/08/libro-fc3adsica-ii.pdf>

HYDAC. (s.f.). Intercambiadores de calor aceite-agua. Recuperado el 10 de 12 de 2013, de <http://www.hydac.com/de-es/productos/intercambiadores-de-calor-refrigeradore/intercambiador-de-calor-aceite-agua.html>

HYDAC. (s.f.). Intercambiadores de calor aceite-aire. Recuperado el 10 de 12 de 2013, de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&ved=0CC0QFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.hydac.com%2Ffileadmin%2Fpdb%2Fpdf%2FPRO000000000000000000000005805010041.pdf&ei=maruUp64GcPksATU04CQDQ&usg=AFQjCNEpvvGuE-0iQBafCVC_fVVPONK19w&sig2=

INACAP. (2012). Presentación de Hidráulica. Recuperado el 23 de 11 de 2013, de <http://www.slideshare.net/dacrow1229/diagnostico-11>

M, D. C. (2011). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR PARA MOTOCICLETAS Y CUATRICICLOS. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: ESPE.

Mireilly, D. (s.f.). EQUIPOS NEUMÁTICOS. Recuperado el 01 de 12 de 2013, de <http://www.monografias.com/trabajos51/equipos-neumaticos/equipos-neumaticos2.shtml#valvul>

Outokumpu Fortinox S.A. (s.f.). Aceros Inoxidables Guía de productos. Recuperado el 10 de 12 de 2013, de <http://www.fortinox.com/pdf/GuiaAcerosInoxidables.pdf>

Portillo, V. S. (2009). Leyes de Newton. Recuperado el 05 de 11 de 2013, de <http://www.monografias.com/trabajos30/leyes-newton/leyes-newton.shtml>

sapiensman. (s.f.). Conceptos Básicos de Neumática e Hidráulica. Recuperado el 04 de 11 de 2013, de http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulicaA.htm

sapiensman. (s.f.). Conceptos Básicos de Neumática e Hidráulica. Recuperado el 04 de 11 de 2013, de http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica5.htm

sapiensman. (s.f.). Conceptos Básicos de Neumática e Hidráulica. Recuperado el 04 de 12 de 2013, de <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica34.htm>

sapiensman. (s.f.). Conceptos Básicos de Neumática e Hidráulica.: Recuperado el 04 de 11 de 2013, de Conceptos Básicos de Neumática e Hidráulica.:
http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica.htm

Siemens AG. (2009). INSTRUMENTOS PARA MEDIDA DE PRESIÓN SITRANS P. Recuperado el 20 de 05 de 2014, de http://www.grupdap.es/descargas-industrias/01-catalogos/13-instrument/fi01_sitrans_p_2009_presion.pdf

SKF. (2002). CATALOGO GENERAL SKF. Torino, Italia: Stamperia Artistica Nazionale.

Wikipedia. (14 de 11 de 2013). Presión en un Fluido. Recuperado el 20 de 11 de 2013, de http://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n_en_un_fluido

Wikipedia. (02 de 11 de 2013). Presostato. Recuperado el 01 de 12 de 2013, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Presostato>

Wikipedia. (20 de 11 de 2013). Temperatura. Recuperado el 23 de 11 de 2013, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura>

ANEXOS



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Joffre Israel Corrales Osorio y Luis Vladimir Lema Alangasi.

En la ciudad de Latacunga, a los **02 días del mes de diciembre del 2015.**

ING. FREDDY SALAZAR
DIRECTOR DEL PROYECTO.

Aprobado por:

ING. KATYA TORRES V.
DIRECTORA DE CARRERA.

DR. RODRIGO VACA CORRALES
SECRETARIO ACADÉMICO.