

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**ESTUDIO TÉCNICO DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS
SISTEMAS CENTRALIZADOS DE LUBRICACIÓN DEL TREN
DE LAMINACIÓN DE BARRAS DE LA GERENCIA DE BARRAS
Y ALAMBRÓN EN LA SIDERÚRGICA DEL ORINOCO
"ALFREDO MANEIRO" SIDOR**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR EL
BACHILLER VIDAL
GUTIERREZ, NESTOR LUIS;
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

CIUDAD BOLÍVAR, MARZO DE 2023



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

ACTA DE APROBACIÓN

Esta Tesis de Grado, titulada **“ESTUDIO TÉCNICO DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS CENTRALIZADOS DE LUBRICACIÓN DEL TREN DE LAMINACIÓN DE BARRAS DE LA GERENCIA DE BARRAS Y ALAMRÓN EN LA SIDERÚRGICA DEL ORINOCO “ALFREDO MANEIRO” SIDOR”**, presentada por el bachiller: **VIDAL G., NESTOR L.** de cédula de identidad N° **20.554.703**; ha sido **APROBADO** como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO INDUSTRIAL** de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Apellidos y nombres:

Firmas:

(Asesor académico)

(Jurado)

(Jurado)

Prof. Dafnis Echeverría
Jefe de Dpto. de Ingeniería Industrial

Prof. Francisco R. Monteverde S.
Director de la Esc. de Ciencias de la tierra

Ciudad Bolívar; ____ de _____ de 2023.

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso por brindarme el don de la existencia, por guiarme y ampararme en mis estudios, protegiéndome en todo momento ayudándome a culminar mis estudios.

A mis padres, Néstor José y Delia Gutiérrez por darme la vida, por educarme, aconsejarme, guiándome siempre por el camino correcto, por ser en todo momento mi fuente de inspiración, enseñándome que nunca es tarde, y que las metas por muy lejanas que se encuentren, siempre se pueden lograr en base al esfuerzo y constancia. Esta tesis es el resultado de todo lo que me han enseñado en la vida, porque siempre han sido unas personas honestas, entregados a su trabajo e hijos, sin su apoyo no lo hubiera logrado.

A mi hermano, Néstor Eduardo a quién amo con todo el corazón, por ser el pilar fundamental de mi desarrollo personal, por todo su apoyo y cariño, sin tú apoyo no lo hubiese logrado.

A mis abuelitos, quienes con su sabiduría me han enseñado a ser quién soy, enseñándome el camino de la vida, por su paciencia, por consentirme de todas las travesuras realizadas en mi vida y por confiar en mí. A mi sobrinita, Vittoria por sus travesuras.

Vidal, Néstor

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios todopoderoso, y a mis padres porque a través de ellos se me concedió la vida en este mundo, por darme la inteligencia y sabiduría, por enseñarme el camino correcto a seguir y la confianza necesaria para alcanzar las metas obtenidas.

A la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR por brindarme la oportunidad de realizar dentro de sus instalaciones el trabajo de grado, gracias a la receptividad de esta gran familia. Fue para mí un gran honor que este fuera la institución en el cual apliqué y aumenté mis conocimientos, aspectos claves en mi vida profesional. De igual forma, agradezco al Ingeniero Ricardo Silva y a todo su equipo de trabajo por su apoyo y los conocimientos brindados a lo largo del desarrollo del presente estudio.

A la ilustre Universidad de Oriente, por permitirme pertenecer a esta casa de estudios, y en especial a su staff de profesores, por impartirme sus enseñanzas y conocimientos, adquiridos como Ingeniero Industrial, los cuales me permitirán desenvolverme eficientemente como profesional y como ser humano de esta manera obtener muchos éxitos en mi vida.

Al Ing. Max Valle por su apoyo, asesoría brindada en la elaboración de este Trabajo de Grado. De igual forma agradezco a todos aquellos profesores que fueron estímulo de estudio, para culminar con éxito esta meta propuesta.

A todos ustedes gracias...

Vidal, Néstor

RESUMEN

El objetivo general de la presente investigación es desarrollar un estudio técnico del funcionamiento de los sistemas centralizados de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR. La metodología empleada para el desarrollo de este estudio se basó en una investigación de tipo descriptivo - aplicada, con un diseño de campo. La población estuvo compuesta por 17 equipos que componen del sistema centralizado de lubricación. La muestra está representada por el cien (100%) de la población. Las técnicas utilizadas para la recolección de datos fueron: observación directa y participante, entrevista no estructurada o informal y revisión documental. En el presente trabajo de investigación, se diagnosticaron las condiciones de las estaciones de bombeo y tuberías principales del sistema de lubricación centralizada, se aplicó como técnica de carrera un diagrama de causa – efecto, presentando anomalías en el sistema centralizado de lubricación. Además, se usó la matriz de análisis estructural, para lograr conocer que componentes del sistema están presentando una serie fallas tanto mecánicas como hidráulicas. El diagrama de Pareto permitió graficar las principales fallas del sistema. Asimismo, se analizó la grasa aplicada y se obtuvo que la misma es Hidrófuga “AGUA – 2” de marca MOLI-VEN, se analizaron las características físico químicas del lubricante utilizado en el sistema de centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón de SIDOR, posteriormente, se midieron los diámetros de tuberías adecuados para el mejor desempeño sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia y finalmente, se diseñó la propuesta de manera estructurada y sistemática para el mejor funcionamiento del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR.

CONTENIDO

	Pagina
ACTA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN.....	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE ANEXOS.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	4
SITUACIÓN A INVESTIGAR.....	4
1.1 Situación objeto de estudio	4
1.2 Objetivos de la investigación	8
1.2.1 Objetivo general	8
1.2.2 Objetivos específicos.....	8
1.3 Justificación de la investigación.....	9
1.4 Alcances de la investigación	10
CAPÍTULO II.....	11
GENERALIDADES.....	11
2.1 Generalidades de la empresa	11
2.1.1 Denominación o nombre	11
2.1.2 Ubicación geográfica.....	11
2.2 Reseña histórica.....	12
2.3 Visión	16
2.4 Misión.....	16
2.5 Estructura organizacional.....	17
2.6 Descripción de funciones	18
2.7 Valores	19
CAPÍTULO III.....	20
MARCO TEÓRICO	20
3.1 Antecedentes de la investigación	20
3.2 Bases teóricas	24
3.2.1 Lubricación.....	24
3.2.2 Fluido.....	24
3.2.3 Clasificación de los fluidos.....	25

3.2.4 Propiedades físicas de los fluidos.....	26
3.2.5 Régimen de los fluidos	28
3.2.6 Superficies	29
3.2.7 Fricción.....	29
3.2.8 Pérdida de energía por tramo de tubería.....	30
3.2.9 Pérdida de energía por accesorios	31
3.2.10 Esfuerzo cortante y velocidad de corte.....	31
3.2.11 Sistema de lubricación centralizada	32
3.2.12 Sistema de línea simple	32
3.2.13 Sistema de línea doble	32
3.2.14 Sistema progresivo	33
3.2.15 Sistema de lubricación por rocío o por neblina	33
3.2.16 Laminación	34
3.2.17 Tren de laminación.....	34
3.2.18 Descripción del proceso del tren de laminación de barras	34
3.2.19 Estudio técnico	36
3.2.20 Componentes de un estudio técnico	37
3.2.21 Análisis FODA	38
3.2.22 Diagrama de procesos.....	39
3.2.23 Diagrama de causa efecto.....	39
3.2.24 Diagrama de Pareto	41
3.3 Bases legales	41
3.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999).....	42
3.3.2 Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente del Trabajo (2005).....	43
3.3.3 Norma COVENIN 3049-93. Definiciones de Mantenimiento	43
3.4 Definición de términos.....	44
CAPÍTULO IV	45
METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	45
4.1 Tipo y diseño de la investigación	45
4.1.1 Tipo de investigación.....	45
4.1.2 Diseño de investigación.....	46
4.2 Población y muestra de la investigación	47
4.2.1 Población de la investigación	47
4.2.2 Muestra de la investigación	48
4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	49
4.3.1 Técnicas	49
4.3.2 Instrumentos	50
4.4 Técnicas de ingeniería industrial aplicadas	51
4.4.1 Matriz FODA.....	51
4.4.2 Diagrama de proceso	51
4.4.3 Medición geométrica del sistema de tuberías.....	51

4.4.4 Medición de las presiones al final de cada tramo de tubería	52
4.4.5 Estudio técnico	52
CAPÍTULO V	53
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	53
5.1 Descripción de las condiciones operativas de las estaciones de bombeo y tuberías principales de los sistemas centralizados de lubricación	53
5.1.1 Diagrama del sistema centralizado de lubricación	53
5.1.2 Diagrama de causa – efecto realizado al sistema centralizado de lubricación	58
5.1.3 Diagrama de Pareto con las frecuencias de fallas del sistema centralizado de lubricación.....	64
5.1.4 Identificación de las amenazas y debilidades que afectan el adecuado funcionamiento del sistema de lubricación centralizada en la central de grasa II	65
5.2 Calculo de las pérdidas por tramo de tuberías y accesorios de las tuberías principales existentes en el sistema centralizado de lubricación	69
5.2.1 Presión a la salida de la tubería de alimentación de cada bastidor tomando en consideración su diseño original.....	70
5.2.2 Tubería principal instalada en el tren desbastador e intermedio I	74
5.3 Evaluación del funcionamiento, componentes y características técnicas del sistema centralizado de lubricación que existe actualmente	90
5.3.1 Evaluación del funcionamiento de la estación de bombeo perteneciente a la central de grasa I (CIRVAL)	91
5.3.2 Evaluación del funcionamiento de la estación central de grasa II.....	97
5.4 Análisis de las características físico químicas del lubricante utilizado en el sistema de centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR.....	99
5.5 Medición del diámetro de tubería adecuado para el mejor desempeño sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR	106
CAPÍTULO VI	115
PROPUESTA.....	115
6.1 Diseño de propuestas para el mejor funcionamiento del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR.....	115
6.1.1 Justificación de la propuesta.....	115
6.1.2 Objetivo general	116
6.1.3 Objetivos específicos.....	116

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 125
REFENECIAS..... 129
ANEXOS 134

LISTA DE FIGURAS

	Pagina
2.1 Ubicación geográfica de la empresa SIDOR 2020. (Vidal N, 2020).	11
2.2 Estructura organizativa de la empresa SIDOR. (SIDOR, 2020).	17
3.1 Clases de fluidos atendiendo al tipo de viscosidad. (Soriano J, 2017)	26
3.2 Régimen de los fluidos de flujo laminar y turbulento. (Jaramillo, J., y Cárdenas H, 2015).....	29
3.3 Esquematización del diagrama de causa efecto. (Ros A, 2010).	40
3.4 Diagrama de Pareto. (Ros A, 2010).	41
5.1 Diagrama del proceso de lubricación Tren de Laminación de (Vidal N, 2020). ..	56
5.2 Diagrama de causa y efecto. (Vidal N, 2020).	59
5.3 Diagrama de pareto principales fallas. (Vidal N, 2020).....	64
5.4 Ecuación de la tendencia lineal de la presión. (Vidal N, 2020).	71
5.5 Ecuación de tendencia lineal de pérdidas de energía. (Vidal N, 2020).....	73
5.6 Ecuación de tendencia lineal de presión de la tubería. (Vidal N, 2020).	75
5.7 Ecuación de tendencia lineal de pérdidas por energía (Vidal N, 2020).	82
5.8 Pérdidas de energía, tren intermedio II. (Vidal N, 2020).....	86
5.9 Pérdidas de energía tubería del tren terminador II. (Vidal N, 2020).....	87
5.10 Pérdidas de energía tren terminador I. (Vidal N, 2020).....	87
5.11 Ensayo de penetración. (Vidal N, 2020).	101
5.12 Ensayo de separación del aceite. (Vidal N, 2020).	104
5.13 Ecuación de la tendencia polinómica. (Vidal N, 2020).	108

LISTA DE TABLAS

	Pagina
4.1 Población de la investigación sistema centralizado. (Vidal N, 2020).....	48
5.1 Condición operativa actual del sistema. (Vidal N, 2020).	62
5.2 Frecuencia de fallas. (Vidal N, 2020).	63
5.3 Matriz FODA aplicada a la empresa SIDOR (Vidal N, 2020).	65
5.4 Matriz de estrategias FODA. (Vidal N, 2020).	68
5.5 Presión de salida de la tubería principal por bastidor. (Vidal N, 2020).	71
5.6 Pérdidas de energía por tramo de tuberías. (Vidal N, 2020).	73
5.7 Presión de tubería sistema centralizado de lubricación. (Vidal N, 2020).	75
5.8 Pérdidas de energía en la tubería principal. (Vidal N, 2020).	81
5.9 Presión por bastidor. (Vidal N, 2020).	83
5.10 Pérdidas de energía. (Vidal N, 2020).	84
5.11 Presión por bastidor. (Vidal N, 2020).	85
5.12 Pérdidas de energía. (Vidal N, 2020).	86
5.13 Comparación entre pérdidas de energía y presión. (Vidal N, 2020).	89
5.14 Características técnicas de estación central de bombeo. (Vidal N, 2020).	94
5.15 Características técnicas de la bomba de doble. (Vidal N, 2020).	95
5.16 Características técnicas de la válvula de control. (Vidal N, 2020).	95
5.17 Características técnicas de la válvula inversora. (Vidal N, 2020).	96
5.18 Características técnicas de la bomba neumática. (Vidal N, 2020).	96
5.19 Características técnicas del filtro. (Vidal N, 2020).	97
5.20 Características técnicas del distribuidor. (Vidal N, 2020).	97
5.21 Características técnicas de la bomba neumática. (Vidal N, 2020).	99
5.22 Clasificación de la consistencia de la grasa. (Vidal N, 2020).	101
5.23 Velocidad del flujo de acuerdo al diámetro. (Vidal N, 2020).	107
5.24 Volumen de lubricante recomendado. (Vidal N, 2020).	108
5.25 Hoja de inspección sistema centralizado de lubricación. (Vidal, N, 2020).	122
5.26 Hoja de inspección del sistema centralizado (Vidal N, 2020).	123

LISTA DE ANEXOS

1. Registro fotográfico de la central de grasa I y II y del deterioro de la tubería
2. Análisis químico de la grasa
3. Formato de lista de chequeo para la evaluación de los equipos del sistema centralizado de lubricación
4. Cálculos de pérdidas y presiones por tubería
5. Layout de la planta de barras de SIDOR
6. Planos de la central de grasa II
7. Tubería principal de grasa II
8. Plano de la tubería principal de la central de grasa I
9. Seccionamiento de la tubería principal de grasa
10. Distribución y diseño de la tubería principal instalada en el tren desbastador e intermedio I de la central de grasa I
11. Diseño del nuevo sistema centralizado de lubricación de la central de grasa II
12. Central de grasa II y III.

INTRODUCCIÓN

El estudio técnico de un sistema centralizado de lubricación representa una tarea de investigación muy importante para cualquier ingeniero industrial, por cuanto los lubricantes son el torrente sanguíneo que hace posible mantener operativos los equipos y maquinarias de cualquier industria. En este contexto, cuando la planta de barras de la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” (SIDOR) fue instalada, trajo consigo su propio sistema centralizado de lubricación, diseñado especialmente de acuerdo a las necesidades de la misma.

Sin embargo, han pasado ya aproximadamente 40 años desde entonces, por lo tanto no es extraño que las centrales de bombeo originales se encuentren fuera de servicio por falta de repuestos y además las tuberías principales están muy deterioradas por el embate del agua refrigerante y la cascarilla de hierro, producto del proceso de laminación continua del tren de barras.

La realización de esta investigación permitió identificar las condiciones de operatividad reales del sistema centralizado de lubricación de la planta de barras de SIDOR, para lo cual se deben realizar una serie de cálculos que permitan establecer los parámetros bajo los cuales se puedan tomar las decisiones más acertadas para que este Sistema pueda llegar a ser lo más efectivo y eficiente posible para la planta, lo cual prolongará la vida útil de los rodamientos y equipos, logrando a su vez disminuir los costos de operatividad y mantenimiento, influyendo directamente en el aumento de la productividad de la planta.

Para poder obtener algunos datos importantes como: longitud de los tramos de tubería a estudiar, distribución de sus ramales y condiciones de operatividad, entre otros, los cuales son necesarios para la realización de los cálculos de pérdida de

energía por tramo de tubería, hubo que realizar mediciones de las tuberías principales ya que los planos originales no se encontraron en los archivos existentes dentro de la Planta, esto permitió que el estudio fuese más directo y de campo, dándole un mayor grado de dificultad, pero al mismo tiempo arrojó mayor información de la que se esperaba encontrar inicialmente. En la medida que se fueron obteniendo los resultados de los cálculos teóricos y se compararon con la realidad actual del Sistema de Lubricación se fue vislumbrando que realmente el Sistema no reunía las exigencias mínimas para un óptimo funcionamiento desde el punto de vista de diseño e ingeniería.

El presente estudio está conformado por seis (6) capítulos, que se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

Capítulo I: comprendido por la situación a investigar, que incluye la situación a investigar, los objetivos de la investigación, así como el alcance y la justificación de la misma.

Capítulo II: corresponde a las generalidades de la empresa, donde se muestra una breve reseña histórica de la misma, así como de la misión, visión y el organigrama de la empresa donde se realizó el estudio.

Capítulo III: marco teórico: contiene los antecedentes de la investigación, así como los fundamentos teóricos en los que se apoya la misma.

Capítulo IV: metodología del trabajo: este está comprendido por el tipo y diseño de la investigación, además de la población y muestra de la misma, las técnicas e instrumentos de recolección de datos que se emplearon y las técnicas de ingeniería industrial a utilizar para el desarrollo de la investigación.

Capítulo V: análisis e interpretación de los resultados: contiene la descripción de la situación actual del sistema centralizado de lubricación, así como también de las amenazas y debilidades que presenta el mismo, además de las respectivas mediciones y cálculos correspondientes a las tuberías, con el propósito de determinar las posibles soluciones al problema existente.

Capítulo VI: se plasma la propuesta para mejorar el funcionamiento del sistema centralizado de lubricación que da solución al problema planteado.

Posteriormente se plasman las conclusiones y recomendaciones en base a los resultados obtenidos del análisis e interpretación de los resultados así con los obtenidos en el capítulo VI propuesta.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Situación objeto de estudio

Uno de los principales problemas que afectan los sistemas y máquinas industriales son la fricción y el desgaste, como consecuencia del rozamiento que crea una pérdida de energía mecánica perjudicial para el mecanismo, lo cual se traduce en el calentamiento de las piezas que se encuentran en contacto, ocasionando desgastes, deformaciones, y eventualmente la adhesión entre ellas, además el uso continuo de estos afecta todos los movimientos entre las piezas, tales como, traslación por contacto puntual o lineal, movimientos de rodamiento por contacto puntual y el movimiento combinado entre ellos.

Por consiguiente, siendo el lubricante el torrente sanguíneo que mantiene operativos los equipos y maquinarias de cualquier industria, ya que una lubricación insuficiente provocan paradas ruidosas de máquinas y líneas. Por su parte, una lubricación adecuada permite ahorrar tiempo coadyuvando a simplificar las rutinas de mantenimiento. Es allí donde los sistemas centralizados de lubricación juegan un rol indispensable en todo proceso productivo, porque este reparte el lubricante a todos los puntos y equipos conectados al sistema de forma automática, en las cantidades e intervalos de tiempo adecuadas de forma óptima y equitativa, disminuyendo la fricción y/o el desgaste prematuro, evitando las paradas imprevistas.

En la actualidad este tipo de sistema ha sido empleado en las grandes empresas productoras o manufactureras que poseen proceso continuo, tales como, plantas procesadoras de alimentos, azúcar, vidrio, mineras, navales, ferroviarias y siderúrgicas, entre otras, por cuanto representan una manera fiable de regular el engrase a la máquinas y equipos en funcionamiento, minimizando el alto coste de las labores de mantenimiento

y lubricación, reduciendo la fricción y el desgaste de los equipos y maquinarias, aumentando su disponibilidad en el tiempo, eliminando los períodos de inactividad para operaciones de lubricación alargando la vida de los componentes lubricados, permitiendo de esta manera alcanzar todos los puntos que necesitan lubricación, incluso los que son de difícil acceso para un operador.

Para Luque, F. (2014) los sistemas de lubricación centralizado “utilizan una bomba para repartir el fluido lubricante desde un depósito central hacia los puntos de lubricación de forma completamente automática” (p. 159). Es decir, este sistema es suministrar a las maquinarias y equipos industriales las cantidades de grasa especificadas por los fabricantes de las maquinarias, donde todos los puntos de lubricación alcanzados reciben el suministro óptimo de lubricante, reduciendo el desgaste y consumo excesivo de lubricante. No obstante, debido a la problemática económica que atraviesa actualmente Venezuela, es común que las empresas de proceso continuo hayan modificado la estructura de estos sistemas, como consecuencia de la escasez de repuestos originales.

De esta situación no escapa, el sistema de lubricación centralizado del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón perteneciente a la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” (SIDOR), por cuanto, desde la puesta en marcha de este tren hace aproximadamente cuarenta y tres (43) años, el sistema ha sufrido algunos cambios significativos desde su concepción original, debido a que los repuestos necesarios para su mantenimiento y funcionamiento óptimo son importados y en la zona no hay un proveedor de estos equipos, ocasionado una desmejora significativa en el funcionamiento de esta central de lubricación, lo cual ha afectado relativamente el proceso de producción de la planta de barras.

Esta situación ha ocasionado inconformidades en los distintos departamentos de la planta, ya que se han registrado demoras del proceso por daños de

rodamientos en guías y cajas de cojinete, atribuyéndose en algunos casos a la deficiencia de lubricación por fallas del sistema centralizado de lubricación, como consecuencia de la modificación gradual del sistema antes mencionado, en un híbrido, constituido por equipos diversos de manera empírica con el objeto de obligar forzosamente a que este funcione.

De igual forma, para sustituir el sistema de bombas de desplazamiento positivo se diseñó una bomba neumática que no corresponde con los requerimientos y exigencia de un sistema centralizado de lubricación, por tal motivo, a pesar de que ha funcionado, este sistema híbrido no cubre las expectativas y requerimientos que demanda el laminador de barras. Aunado a esto, el sistema de tuberías principales está deteriorado, ya que en algunos tramos se observan desgaste por oxidación, por ello se ha sustituido temporalmente, dichos tramos de tuberías por mangueras de alta presión, las cuales se rompen o se queman con facilidad, debido a las condiciones de trabajo a las que se encuentran expuestas continuamente.

Dada la importancia que posee la lubricación para cualquier equipo y en este caso para el tren de laminación de barras, se hace necesario emprender esta investigación con el propósito de, realizar un estudio técnico del funcionamiento de los sistemas centralizados de lubricación del tren de la laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” (SIDOR) que permita detectar cuáles son sus condiciones operativas y sus debilidades, con la finalidad de plantear las recomendaciones necesarias que permitan aportar soluciones a este problema.

Ante esta situación y en búsqueda de posibles soluciones surgen las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuál es la situación actual de las estaciones de bombeo y tuberías principales del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR?

2. ¿Cómo se puede calcular perdidas por tramo de tuberías y accesorios de las tuberías principales existentes del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR?

3. ¿Cuáles técnicas se pueden implementar para evaluar el funcionamiento, componentes y características técnicas del sistema centralizado de lubricación que existe actualmente?

4. ¿Cuáles son las características físico – químicas del lubricante utilizado en el sistema de centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR.

5. ¿Cuál sería el diámetro de la tubería adecuado para el mejor desempeño del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR?

6. ¿Cuáles serían las propuestas para el mejor funcionamiento del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar un estudio técnico del funcionamiento de los sistemas centralizados de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambión en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Diagnosticar las condiciones operativas de las estaciones de bombeo y tuberías principales de los sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambión en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR.

2. Calcular las pérdidas por tramo de tuberías y accesorios de las tuberías principales existentes en el sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambión en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR.

3. Evaluar el funcionamiento, componentes y características técnicas del sistema centralizado de lubricación que existe actualmente.

4. Analizar las características físico químicas del lubricante utilizado en el sistema de centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambión en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR.

5. Medir diámetro de tubería adecuado para el mejor desempeño sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR.

6. Diseñar propuestas para el mejor funcionamiento del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR.

1.3 Justificación de la investigación

En la actualidad la productividad en las empresas y organizaciones es tan importante que resulta ser un factor decisivo para poder sobrevivir en un mercado competitivo. Dada la importancia que posee la lubricación para cualquier equipo y en este caso para el tren de barras, se hace necesario emprender una investigación con el propósito de realizar un estudio técnico del sistema centralizado de lubricación de esta planta, para así poder detectar cuáles son sus condiciones operativas, debilidades y plantear las recomendaciones necesarias para optimizar el rendimiento del sistema evitando las demoras que pudieran ocasionarse por fallas que ha venido presentando, con la finalidad de reducir la aplicación del mantenimiento correctivo, que eleva costos y a su vez genera paradas innecesarias.

Desde el punto de vista práctico, la presente investigación es relevante por cuanto, la misma busca darle solución a una problemática que se genera en el sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR., con la finalidad de aportar las soluciones viables a dicho sistema.

Desde el punto de vista teórico – metodológico, esta investigación proporcionará un avance importante para los estudiantes de ingeniería industrial, ya

que podrán fortalecer los conocimientos teóricos adquiridos en el nivel educativo superior, específicamente en la Universidad de Oriente, y a la vez proporcionar soluciones a situaciones encontradas en el entorno industrial.

1.4 Alcances de la investigación

Desde el punto de vista espacial, el alcance del presente estudio estará enfocado en realizar un estudio de los ramales de las tuberías principales y las estaciones de bombeo existentes del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” zona industrial Matanzas estado Bolívar, no se considera dentro de esta investigación los Sistemas de Lubricación independientes que posee cada bastidor en particular.

Desde el punto de vista temporal, el alcance de la investigación abarcará el estudio técnico del funcionamiento de los sistemas centralizado del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón para la empresa antes mencionado durante el período 2019 – 2020, el cual va desde la verificación de las condiciones operativas de las estaciones de bombeo del referido sistema, planos de las tuberías existentes, cálculo de las pérdidas por tuberías, evaluación del funcionamiento del mismo, cálculo del diámetro de las tuberías propuestas y planos estas. Será desarrollado desde el tercer trimestre del año 2019 hasta el segundo periodo del 2020.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Generalidades de la empresa

2.1.1 Denominación o nombre

Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR.

2.1.2 Ubicación geográfica

La empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR está ubicada en la Zona Industrial de Matanzas específicamente en el estado Bolívar, región suroriental de Venezuela, sobre la margen derecha del río Orinoco, 300 Km de su desembocadura al Océano Atlántico. (Ver figura 2.1).



Figura 2.1 Ubicación geográfica de la empresa SIDOR 2020. (Vidal N, 2020).

2.2 Reseña histórica

La semilla de la creación de la “Siderúrgica del Orinoco Alfredo Maneiro”, se remonta hacia los años 1926 y 1947 con el descubrimiento de los yacimientos de mineral de hierro en los cerros El Pao y Bolívar, respectivamente, los cuales dieron impulso al desarrollo siderúrgico en Venezuela al inicio de la década de los 50, debido a numerosas ventajas geográficas, económicas y naturales, se decide la construcción de la planta en la región Guayana, en 1953. A partir de allí, el desarrollo de esta industria ha venido evolucionando continuamente hasta llegar a los que es hoy. A continuación, se presenta cronológicamente esta evolución:

1926: descubrimiento de las minas de hierro del cerro El Pao. Para el año 1947: se descubren los yacimientos del mineral de hierro en el Cerro Bolívar – estado Bolívar. No fue hasta la década de los 50 que se comienza la transformación del hierro en acero, con la puesta en marcha de la planta siderúrgica (SIVENSA) en Antímano Caracas.

1953: el Gobierno Venezolano toma la decisión de construir una planta Siderúrgica en Guayana. Esta gesta comienza con la creación de la oficina de Estudios especiales de la presidencia de la república y se le encomienda como responsabilidad primaria, el estudio y plan de ejecución de un proyecto siderúrgico.

A partir de 1955, el Gobierno venezolano suscribe un contrato con la firma Innocenti de Milán, Italia, para la construcción e instalación de una planta siderúrgica con capacidad de producción de 560 mil toneladas de lingotes de acero. Para el año 1957, se inicia la construcción de la Planta Siderúrgica en Matanzas, ciudad Guayana. Para 1958, se crea el Instituto Venezolano del Hierro y el Acero, con el objetivo de impulsar la instalación y supervisar la construcción de la planta siderúrgica.

Durante el año 1960, se eleva la capacidad de la planta a 900 mil toneladas y se crea la Corporación Venezolana de Guayana (CVG), asignándole las funciones del Instituto Venezolano del Hierro y el Acero. Para 1961, se inicia la producción de tubos sin costura, con lingotes importados, y se produce arrabio en los hornos eléctricos de reducción.

El 9 de julio de 1962, se realiza la primera colada de acero, en el horno N° 1 de la Acería Siemens-Martin. En 1964, se crea la empresa estatal CVG Siderúrgica del Orinoco C.A. (SIDOR), y se le confía la operación de la planta existente.

El 3 de octubre de 1970, se inaugura la planta de tubos centrifugados, con capacidad de 30.000 t/turno. El 13 de marzo de 1971, se firma un contrato con un Consorcio Belga – Alemán en el Palacio de Miraflores para la construcción de la planta de laminado planos, con una inversión de 1.250 millones de Bolívares (Plan IV), para la producción de chapas gruesa y bobinas en caliente.

Para el año 1972, se logra aumentar la capacidad de los hornos Siemens-Martin a 1,2 millones de toneladas de acero líquido. Posteriormente, durante 1973, se inaugura la línea de estaño y cromado electrolítico de la planta de producción planos y la obtención de la primera Marca Norven en Venezuela, para las barras (Cabillas) de SIDOR. En el año 1974, se inician las operaciones en la planta de productos planos. Ampliación de SIDOR para elevar su capacidad a 4,8 millones de toneladas de acero (Plan IV).

1978: entran en operación la planta de pellas, y los primeros hornos de las acerías eléctricas del Plan IV. 1979: Puesta en marcha de la planta de reducción directa Midrex, la acería eléctrica, la colada continua de palanquillas, y los laminadores de barras y alambrón.

1980: inicia operaciones la planta de reducción directa HyL y la planta de cal.
1981: en completa operación la ampliación de la planta de productos planos. 1989: se aplica un proceso de reconversión en SIDOR.

1993: el 15 de septiembre fue promulgada la Ley de privatización publicada en Gaceta Oficial el 22 de septiembre. 1995: entra en vigencia la ley de privatización en Venezuela. 1997: el Gobierno venezolano privatiza SIDOR a través de licitación pública que es ganada por el Consorcio Amazonia, integrado por empresas latinoamericanas.

2000: luego de un año de negociaciones, SIDOR firma el acuerdo de reestructuración financiera de su deuda con los bancos acreedores y el estado Venezolano. 2001: se inauguran tres nuevos hornos en la acería de planchones y se concluye el proyecto de automatización del laminador en caliente con una inversión de más de 123 millones de dólares.

2002: récord de producción en plantas de reducción directa, acería de planchones, tren de alambrón y distintas instalaciones de productos planos, entre ellas, el laminador en caliente, que superó la capacidad de diseño después de 27 años. Asimismo, la siderúrgica estableció nuevas marcas en producción facturable total de alambrón y laminados en caliente.

2002: récord histórico de exportaciones: 2,3 millones de toneladas; y récord mensual de exportaciones: más de 200.000 toneladas. 2003: Se cumplen cinco años de gestión privada de SIDOR. Se firma el segundo acuerdo de reestructuración financiera, con lo cual la deuda de SIDOR se reduce de US\$ 1.563 millones a US\$ 791 millones. Este acuerdo incluye un aporte de capital privado de US\$ 133.5 millones e inversiones por más de US\$ 300 millones en los próximos cinco años, así como un aumento en la participación accionaria estatal de 30% a 40,3%.

2007: se cumplen nueve años de gestión privada de SIDOR. Récord histórico de producción de acero líquido: 4,3 Millones de toneladas. 2008: El 9 de abril el Presidente Hugo Chávez decidió estatizar SIDOR debido al largo conflicto sindical que paralizaba la empresa, desde hacía 15 meses. El gobierno Nacional nombra al Dr. Rodolfo Sanz, Ministro de Empresas Básicas, como Presidente del Consejo Directivo y al Dr. Miguel Antonio Álvarez Cádiz como presidente ejecutivo de la empresa.

2009: tras la estatización de la compañía, se logró reactivarla, pero al 36% de su capacidad (unas 137 mil toneladas de acero), dejándose de abastecer al mercado en insumos básicos como varillas de hierro para la construcción de viviendas. Se estima que el resultado del ejercicio arrojará pérdidas por el orden de unos 410 millones de dólares. Durante el año 2010 la producción de acero líquido se redujo 41.4%, produciendo 1.8 millones de toneladas, siendo este el nivel más bajo desde 1978.

Una de las principales causas de esta caída fue la crisis energética que Venezuela experimentó ese año. 2011: Este año la producción de acero líquido aumento 36% en comparación con el año previo, alcanzando 2.45 millones de toneladas, pero estando aún por debajo de los 4.3 millones de toneladas que se produjeron en el 2007 bajo la administración privada.

2012: la producción de acero disminuyó, alcanzando 1.72 millones de toneladas, 63,7% de su meta de producción anual modificada de 2,7 millones de toneladas y continuando por debajo de los 4.3 millones de toneladas que se produjeron bajo la administración privada en el 2007.

2013: los primeros dos meses del 2013 para la Siderúrgica del Orinoco Alfredo Maneiro (SIDOR) crearon una expectativa de mejora productiva, comparado con el pésimo desempeño del 2012, pero la sensación duró poco. La acería cerró el año con una producción de un millón 558 mil 404 toneladas de acero líquido, que representan apenas

el 36% de su récord histórico de producción de 4,3 millones de toneladas de acero, logrado en el 2007 durante la gestión del consorcio Ternium; y muestra un retroceso de 10% respecto a la producción del 2012 de 1,7 millones de toneladas.

2014: la empresa aspiraba producir 2,1 millones de toneladas, pero lo cierto es que sólo se ha logrado cumplir con un 30,7% de la programación. La contracción de la producción se vislumbra mayor al compararla con la capacidad instalada de la industria. Lo producido hasta el noveno mes del año ubica la tasa de uso de la empresa en 17,6%, considerando que la capacidad instalada anual es de 5,1 millones de toneladas de acero líquido.

2.3 Visión

Ser la empresa socialista siderúrgica del Estado Venezolano, que prioriza el desarrollo del mercado nacional con miras a los mercados del ALBA, andino, caribeño y del MERCOSUR, para la fabricación de productos de acero con alto valor agregado, alineada con los objetivos estratégicos de la Nación, a los fines de alcanzar la soberanía productiva y el desarrollo sustentable del país, contribuyendo al logro efectivo de los objetivos del plan de desarrollo económico y social de la nación.

2.4 Misión

Comercializar y fabricar productos de acero con altos niveles de productividad, calidad y sustentabilidad, abasteciendo prioritariamente al sector transformador nacional como base del desarrollo endógeno, con eficiencia productiva y talento humano altamente calificado, comprometido en la utilización racional de los recursos naturales disponibles; para generar desarrollo social y bienestar a los trabajadores, a los clientes y a la nación.

2.5 Estructura organizacional

La nueva organización de la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR, está basada en el liderazgo, en una dirección adecuada al cambio y en el aprovechamiento del potencial humano. Considerando todos estos elementos, se logró una estructura organizativa horizontal de 3 niveles, conformada por una Presidencia y nueve Direcciones de las cuales dependen las Gerencias de cada área. (Ver figura 2.2).

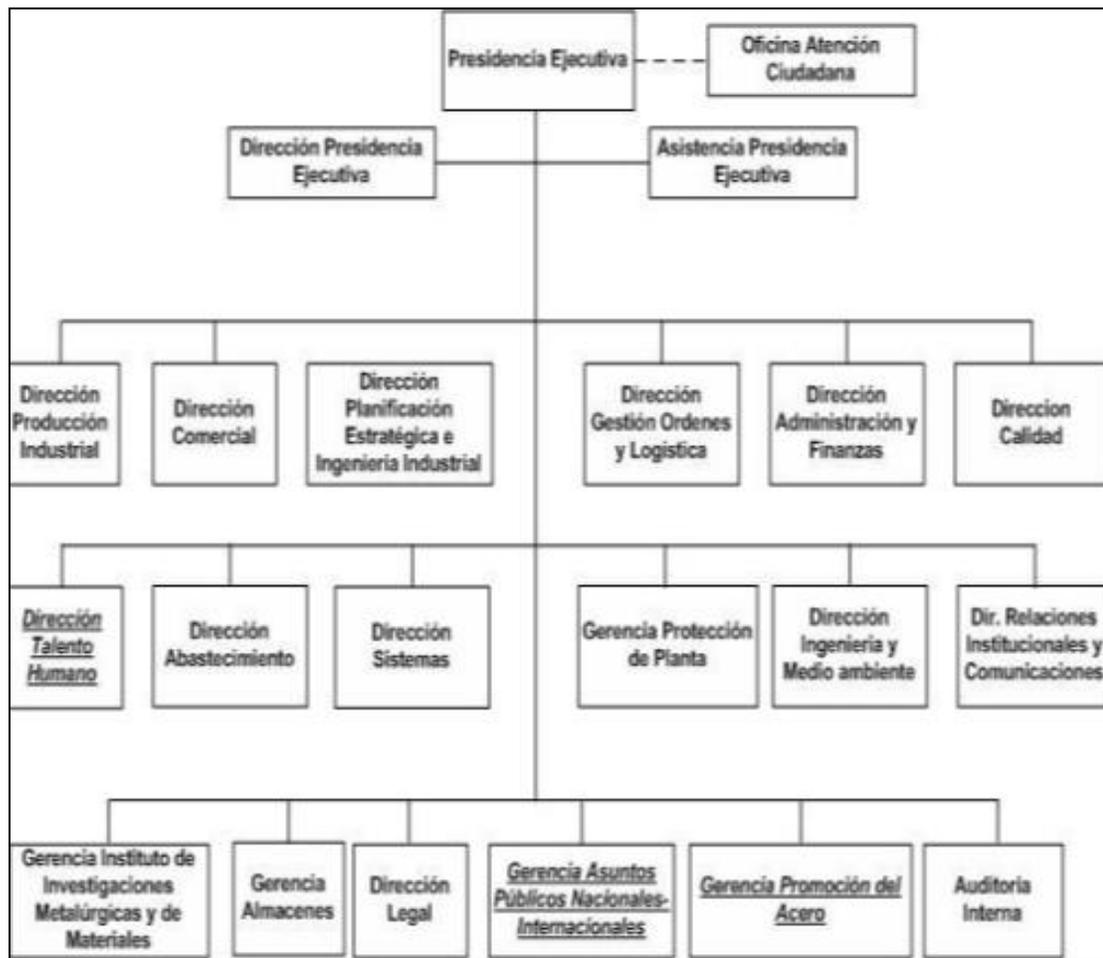


Figura 2.2 Estructura organizativa de la empresa SIDOR. (SIDOR, 2020).

2.6 Descripción de funciones

La empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” (SIDOR) se caracteriza por estar constituida por diversas direcciones, cuya descripción de funciones se detallan a continuación:

1. Dirección producción industrial: producir productos siderúrgicos y prestar los servicios industriales requeridos de manera competitiva y rentable.

2. Dirección de gestión de órdenes y logística: generar y emitir los programas de producción de cada línea para las áreas de planos y largos determinando la secuencia de fabricación de los productos en cada línea.

3. Dirección comercial: comercializar y despachar los productos siderúrgicos en condiciones de calidad y oportunidad competitiva.

4. Dirección de administración y finanzas: precisar los servicios de contabilidad, auditoria y sistema de información. administrar y asegurar las finanzas y el adecuado rendimiento de los recursos financieros de la compañía.

5. Dirección de calidad: implementar y administrar el sistema de gestión de la calidad de la empresa.

6. Dirección de recursos humanos: formular y aplicar las políticas y estrategias corporativas en el ámbito socio-laboral, comunicacional y de servicios al personal.

7. Dirección de abastecimiento: obtener y suministrar materiales, insumos y servicios requeridos por la compañía para sus operaciones.

8. Dirección de servicios generales y protección de planta: garantizar a la planta los servicios de: gases, agua, energía eléctrica, transporte, servicios generales, refractario de planta.

9. Dirección de ingeniería y medio ambiente: procesar las inversiones.

10. Dirección legal: garantizar la actuación de la compañía dentro del marco legal vigente y representarla ante terceros en todos los aspectos jurídicos en los que estén involucrados sus derechos e intereses.

11. Dirección de relaciones institucionales y comunicaciones: promover la imagen institucional de la empresa ante su público y entorno relevantes.

12. Gerencia de barras y alambrón: es la unidad de línea adscrita a la Gerencia general operativa de laminación caliente de, su misión es fabricar, embalar y despachar productos no planos (Alambrón, Barras lisas y Estriadas) de la más alta calidad, compatibles con los procesos productivos, especificaciones y normas técnicas, manteniendo un sistema óptimo de calidad de manera de satisfacer la demanda del mercado nacional.

2.7 Valores

1. Humanismo.
2. Patriotismo.
3. Compromiso.
4. Disciplina.
5. Ética.
6. Lealtad.
7. Excelencia.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Los antecedentes de la investigación tratan de experiencias previas a este estudio, que sirven de sustentación teórica y que representan diversas perspectivas con respecto al tema de este trabajo. Seguidamente, se muestran algunas investigaciones que representan antecedentes importantes que guardan relación con el estudio técnico:

Esquivel, F. y Ruiz, J. (2019) en su trabajo de grado titulado “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE LUBRICACIÓN POR NIEBLA EN CASA BOMBA” presentado ante la Universidad Piloto de Colombia para optar al título de Ingeniero Industrial de Proyectos. El estudio estuvo enmarcado en la modalidad de los proyectos factibles, apoyado en una investigación de tipo descriptivo con un diseño de campo.

Los resultados de esta investigación revelaron que, el análisis técnico para la implementación de un sistema de lubricación por niebla en la estación de despacho es una herramienta indispensable de todo proyecto, por cuanto permite determinar la viabilidad técnica y presentar una solución a corto plazo a los problemas de disponibilidad, confiabilidad y mantenimiento de sistemas de bombeo. Este análisis demostró que se puede soportar la decisión de implementación del sistema de lubricación, por tanto, es viable y permite que la organización cumpla su promesa de valorar económicamente a los propietarios como la satisfacción de sus clientes.

Esta investigación le aportará a la presente investigación la metodología necesaria para llevar a cabo el estudio técnico que se va realizar al funcionamiento para

llevar a cabo el estudio técnico que se pretende realizar al funcionamiento del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” (SIDOR).

Arango, A. (2015) desarrollo una investigación titulada “DISEÑO DE UN SISTEMA DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADO EN EL SISTEMA TRATADOR CORONA-LÍNEA COATING” presentado ante la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, para optar al título Ingeniero Mecánico Electricista. La metodología estuvo centrada en una investigación de descriptiva con un diseño de campo.

Las conclusiones derivadas este estudio demostraron que, para llevar a cabo el diseño del sistema de lubricación centralizado fue necesario efectuar un estudio técnico financiero con el propósito de hacer más eficiente la lubricación, con todas las mejoras que esto implica, lo cual busca mejorar la eficiencia de la lubricación, obteniendo el mayor rendimiento de la maquinaria y ayudando en la mejora de la eficiencia productiva de la misma. Por cuanto, la lubricación adecuada en equipos que trabajan de forma continua, conlleva a mejoras en la producción y mayor desempeño de la línea, por consiguiente, es necesario que este proceso de lubricación se realice de manera óptima y precisa.

La investigación antes mencionada se encuentra relacionada con el presente estudio, ya que ambas se centran en el estudio técnico para el diseño de un sistema centralizado de lubricación, aportando la información necesaria de los factores productivos que deberá contener el sistema en operación, con la finalidad de optimizar tanto en el desempeño de producción como en la eficiencia económica. Los aportes de este estudio contribuirán con el desarrollo del marco teórico.

Acosta, S. y Linder, C. (2013) desarrollaron un estudio titulado “EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA CREACIÓN DE UNA MEDIANA EMPRESA

(PYME) DEDICADA A LA ELABORACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE HELADOS PREMIUM TIPO GOURMET PARA EL ESTADO MIRANDA Y LA GRAN CARACAS” presentado ante la Universidad Católica “Andrés Bello” para optar al título de Ingeniero Industrial. La metodología estuvo enfocada en un proyecto factible con un diseño de campo.

Las conclusiones de este estudio demostraron que, con el estudio técnico realizado comprobó que es viable desde un punto de vista técnico-operativo llevar a cabo la producción y comercialización de los helados Premium, siendo factible el desarrollo de los procesos medulares involucrados a lo largo de la cadena de suministros (compras, producción, almacenamiento de materia prima y producto terminado y distribución).

Este trabajo de grado se encuentra vinculado directamente con la presente investigación, dado que ambos se enfocan en el estudio técnico cuyos resultados obtenidos, proporcionarán un referente teórico que servirá como guía para el desarrollo metodológico de la investigación.

Olivier, J. (2011) en su investigación titulada “ESTUDIO TÉCNICO DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRICACION DE LOS BASTIDORES DEL TREN DE LAMINACION DE BARRAS DE LA GERENCIA DE BARRAS Y ALAMBRÓN EN LA SIDERÚRGICA DEL ORINOCO “ALFREDO MANEIRO” SIDOR” presentado ante la Universidad Nacional Experimental de Guayana para optar al título de Ingeniero Industrial. El estudio estuvo enfocado en la modalidad de investigación de campo con apoyo documental.

Las conclusiones de los resultados obtenidos con el desarrollo de este estudio revelaron que el sistema centralizado de lubricación de los bastidores es un híbrido empírico como resultado de las modificaciones que se le han efectuado debido a los escasos repuestos. De igual forma, se logró comprobar que el referido sistema no

está funcionando de manera correcta, ya que el mismo no ofrece el rendimiento esperado que cubra las expectativas del tren de laminación.

Esta investigación se encuentra relacionada con el presente estudio, ya que, en ambos se centran en el estudio técnico del sistema centralizado de lubricación, que aportarán la información cualitativa y cuantitativa respecto a los factores productivos que deberá contener el sistema en operación, esto es: tecnología; magnitud de los costos; recursos, previsiones necesarias para su adecuado funcionamiento. Los aportes de esta investigación contribuirán con el desarrollo del marco teórico.

Guillen, L. (2009) en su estudio titulado “ESTUDIO TÉCNICO PARA LA INSTALACIÓN DEL ASTILLERO DE LA EPS ALUMINOS ORINOCO R.L. COORDINADO POR LA GERENCIA GENERAL DE DESARROLLO SOCIAL - ECONOMÍA SOCIAL, ADSCRITA A CVG” presentado ante la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” para optar al título de Ingeniero Industrial. La metodología en que se basó este estudio fue de tipo documental de campo.

Los resultados obtenidos de este estudio concluyeron que, el estudio técnico realizado permitió obtener la localización y distribución más adecuada para las instalaciones del astillero, así como de la maquinaria, equipos y herramientas, previendo movimientos innecesarios de material, maquinarias y trabajadores; permitiendo a los materiales avanzar con mayor facilidad, con el mínimo de manipulación y esfuerzo físico, desde que se reciben la materia prima, hasta que se entrega el producto terminado.

La investigación antes mencionada se encuentra relacionada con el presente estudio, ya que ambas tienen como fin proponer un estudio técnico enfocado en

respaldar a través de una evaluación técnica, el funcionamiento de un sistema centralizado de lubricación.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Lubricación

Para Molina, A. (2014) la lubricación es “un proceso o técnica empleada para reducir el rozamiento entre dos superficies que se encuentran próximas o en movimiento” (p. 1). En otras palabras, es un procedimiento que reduce la fricción y el desgaste en el interior de dos superficies móviles, que podrían causar fallos prematuros evitando el desgaste entre ellas. El propósito de la lubricación es la separación de dos superficies con deslizamiento relativo entre sí de tal manera que no se produzca daño en ellas: se intenta con ello que el proceso de deslizamiento sea con la fricción más pequeña posible.

3.2.2 Fluido

Para Arregui, F. Cabrera, E. Cobacho, R. Gómez, E, y Soriano, J. (2017) “Un fluido es un medio continuo (entendiendo por tal la materia sin discontinuidades y, por tanto, con propiedades físicas uniformes) fácilmente deformable” (p. 15). En otras palabras, es una sustancia que se deforma continuamente bajo la acción de un esfuerzo cortante. En líneas generales, un fluido es la materia compuesta por moléculas atraídas entre sí de manera débil, de manera que no tiene la capacidad de sostener su forma concreta, sino que adquiere la del recipiente en donde esté contenida.

3.2.3 Clasificación de los fluidos

Para, Arregui, F. Cabrera, E. Cobacho, R. Gómez, E, y Soriano, J. (2017) “los fluidos se clasifican en líquidos y gases. Los primeros son considerados fluidos incompresibles, ya que, un líquido está sometido a fuerzas intermoleculares que lo mantienen unido de tal manera que su volumen está definido pero su forma no” (p. 16). Mientras que los gases, son aquellos se encuentran desprovistos de volumen y por ende, son comprimibles.

De acuerdo con la relación entre el gradiente de velocidades y el esfuerzo cortante, los fluidos pueden ser:

1. Fluidos newtonianos: son aquellos que se someten a las leyes de la mecánica simple, tal y como las estableció en sus estudios Isaac Newton. Son, si se quiere, los fluidos sencillos y ordinarios, como el agua.

2. Superfluidos: también llamados “fluidos perfectos”, se caracterizan por carecer totalmente de viscosidad, es decir, de fluir ante la menor fuerza aplicada sin ofrecer resistencia, o sea, sin fricción. Este tipo de fluidos son de origen sintético.

3. Fluidos no newtonianos: es un tipo intermedio entre fluido y sólido, dependiendo de sus condiciones de temperatura y tensión cortante. Así, no tendrá una viscosidad única, sino que dependerá de las fuerzas que impacten sobre él: si se lo somete a una fuerza repentina, reaccionará como un sólido, ofreciendo resistencia; mientras que si se lo deja en reposo fluirá como un líquido más o menos denso. (Ver Figura 3.1)

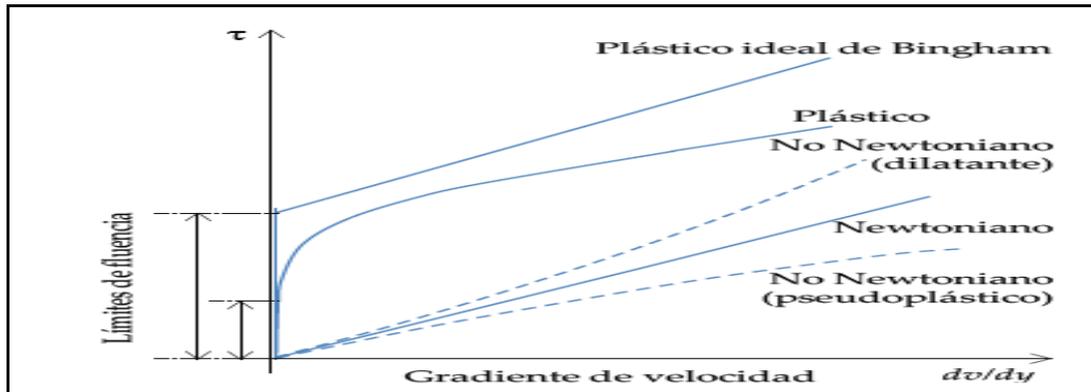


Figura 3.1 Clases de fluidos atendiendo al tipo de viscosidad. (Soriano J, 2017)

3.2.4 Propiedades físicas de los fluidos

Para Jiménez, M., (2015) los fluidos cuentan con propiedades físicas, que los diferencian de otras sustancias, aunque también comparten propiedades con otras sustancias. Por ejemplo, la viscosidad, la tensión superficial, presión de vapor solamente se pueden definir en los líquidos y gases, y la masa específica, el peso específico y la densidad son atributos de cualquier materia (p. 74). A continuación se detallan dichas propiedades:

1. Viscosidad. Es una propiedad distintiva de los fluidos. Está ligada a la resistencia que opone un fluido a deformarse continuamente cuando se le somete a un esfuerzo de corte. La viscosidad puede ser de dos tipos:

a) Viscosidad dinámica (μ): es la fuerza tangencial por unidad de área, de los planos paralelos por una unidad de distancia, cuando el espacio que los separa está lleno con un fluido y uno de los planos se traslada con velocidad única en su propio plano con respecto al otro.

b) Viscosidad cinemática (ν): es su viscosidad dinámica dividida entre su densidad, las unidades son pie^2/s y en el sistema c.g.s, la unidad es el stoke (1×10^{-4}

m²/s); pero por conveniencia se usa más el centistoke. (1/100 stoke). La fórmula para el cálculo de la viscosidad cinemática es la siguiente:

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad (3.1)$$

Donde:

v = viscosidad cinemática.

μ = viscosidad dinámica.

ρ = densidad.

2. Densidad. Es un indicador de qué tan junta está la materia, es decir, qué tanta masa hay en un cuerpo. Los fluidos poseen mayor o menor densidad, de acuerdo a la cantidad de partículas que haya en un mismo volumen de fluido. Relación que existe entre la masa del mismo dividida por su unidad de volumen.

$$\text{Densidad } (\rho) = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \quad (3.2)$$

3. Volumen. Se trata de la cantidad de espacio tridimensional que el fluido ocupa en una región determinada, considerando longitud, altura y ancho. Los líquidos poseen un volumen específico, mientras que los gases poseen el volumen el recipiente que los contenga.

4. Presión. La presión de los fluidos es la fuerza que su masa ejerce sobre los cuerpos que se encuentren dentro de él.

5. Capilaridad. Esta fuerza de cohesión intermolecular de los fluidos les permite subir por un tubo capilar, en contra de la gravedad, dado que su atracción interna es mucho mayor a la atracción de sus partículas por el material del tubo. Esto

se debe en parte de la tensión superficial.

6. Peso específico. El peso específico de un fluido es su peso por unidad de volumen, cuya fórmula es la siguiente:

$$y = \frac{w}{v} \quad (3.3)$$

Donde:

y = Peso específico

w = Peso ordinario

v = Volumen

3.2.5 Régimen de los fluidos

Para Díaz, A. (2008) Cuando un líquido fluye en un tubo y su velocidad es baja, fluye en líneas paralelas a lo largo del eje del tubo; a este régimen se le conoce como flujo laminar. Conforme aumenta la velocidad y se alcanza la llamada velocidad crítica, el flujo se dispersa hasta que adquiere un movimiento de torbellino en el que se forman corrientes cruzadas y remolinos; a este régimen se le conoce como flujo turbulento. (Ver figura 3.2).

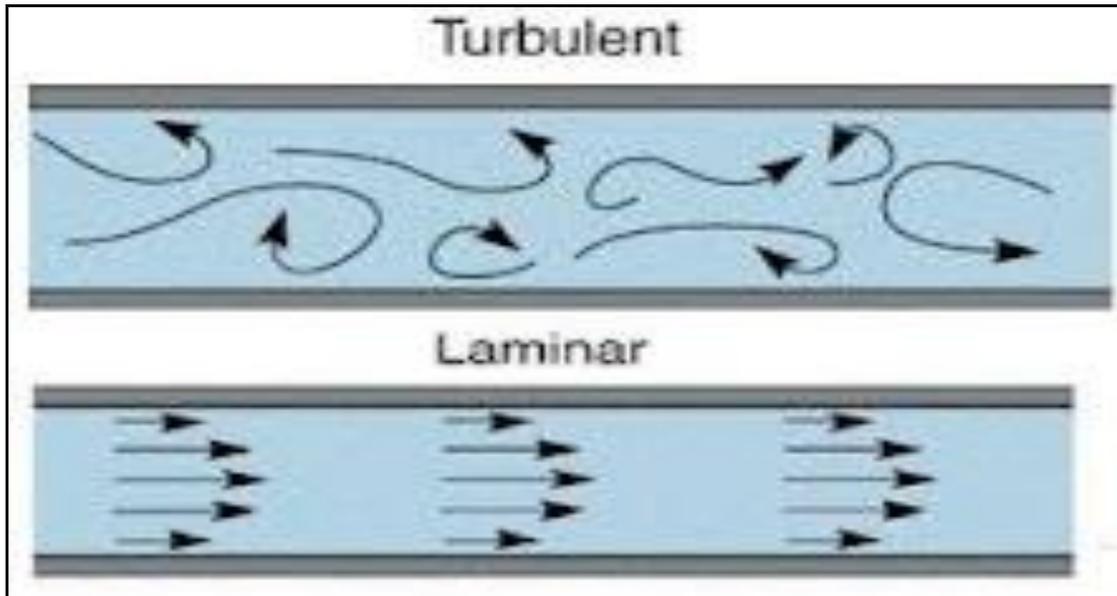


Figura 3.2 Régimen de los fluidos de flujo laminar y turbulento. (Jaramillo, J., y Cárdenas H, 2015).

3.2.6 Superficies

La empresa de Lubricantes Especiales Argentinos, S.A. considera que “las superficies lisas son raras. Las metálicas, por más pulidas que se encuentren, presentan rugosidades. Todas las superficies de ingeniería son verdaderamente rugosas. Por lo tanto, la interacción de dos cuerpos que se acercan se convierte en la interacción de las rugosidades de una superficie con las rugosidades de la otra”. (<http://www.lea-sa.com.ar/resenia.htm>)

3.2.7 Fricción

Para Pedrero, J. (2023) la fricción “consiste en la aparición de una fuerza que se opone al movimiento, que origina pérdidas de potencia, desgaste y elevación de la temperatura” (p. 4730). En otras palabras, es la fuerza que existe entre dos superficies que se encuentran en contacto y que se oponen al movimiento.

3.2.8 Pérdida de energía por tramo de tubería

Este tipo de pérdida se produce por frotamiento cuando el fluido viaja a través de la tubería, es directamente proporcional a la velocidad del líquido y a la longitud del tramo de tubería que estamos considerando, e inversamente proporcional a su diámetro. La ecuación de Darcy-Weisbach es la fórmula fundamental usada para determinar las pérdidas debidas a la fricción a lo largo de las tuberías. Establece que las pérdidas de energía h_f , en una tubería, es directamente proporcional a la longitud L y la energía cinética, $V^2/2g$, presentes, e inversamente proporcional al diámetro de la tubería, D , cuya ecuación de Darcy es la siguiente:

$$h_f = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right) \quad (3.4)$$

Donde:

h_f = pérdida de energía por tramo de tubería (m).

L = longitud del tramo de tubería en estudio (m).

D = diámetro de la tubería (m).

v = velocidad media del flujo (m/s).

f = factor de fricción (adimensional).

g = gravedad

Definiendo un parámetro adimensional f , denominado coeficiente de fricción de Darcy; el propio factor de fricción bastante compleja de los parámetros de flujo, la viscosidad cinemática del fluido en movimiento y del grado de rugosidad de la pared de la tubería. En suma, esta ecuación es utilizada para calcular la pérdida de energía debido a la fricción en secciones rectilíneas y largas de tubos redondeados, tanto para flujo laminar como para turbulento (Ponce, J., 2006).

3.2.9 Pérdida de energía por accesorios

Para Mott, R., (1996) las pérdidas de energía por accesorios, se producen en una pequeña región cercana al sitio donde se presenta cambio en la geometría del conducto o cambio en la dirección del flujo (codos, bifurcaciones, uniones, válvulas, entre otras.), que se traducen en una alteración de las condiciones de flujo. También se les conocen como pérdidas menores. Estas pérdidas ocurren cuando existe un cambio en la sección cruzada de la trayectoria del flujo o en la dirección del flujo, o cuando la trayectoria del flujo se encuentra obstruida, como sucede con una válvula (p. 267).

3.2.10 Esfuerzo cortante y velocidad de corte

Cuando un fluido se somete a un corte uniforme, se produce la viscosidad que representa la relación entre el esfuerzo de corte y la velocidad de corte. De esta manera, cuando la fuerza de arrastre o esfuerzo cortante es proporcional a la velocidad de la placa inferior o velocidad de corte, el fluido se llama newtoniano. Su viscosidad es proporcional a la relación entre la fuerza de arrastre y la velocidad. Por lo tanto, la viscosidad no depende de qué tan rápido se corte; el esfuerzo cortante simplemente aumentará para mantener el ritmo de la velocidad de corte. Cuanto mayor sea la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte, mayor será la viscosidad. (<https://es.rheonics.com>).

Por tal motivo, en un fluido newtoniano la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte es lineal, pasando por el origen, siendo la constante de proporcionalidad el coeficiente de viscosidad. Mientras que, en un fluido no newtoniano la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte es diferente e incluso puede ser dependiente del tiempo (Viscosidad dependiente del tiempo) - no se puede definir un coeficiente de viscosidad constante para fluidos no newtonianos cómo es posible para fluidos newtonianos. (<https://es.rheonics.com>).

3.2.11 Sistema de lubricación centralizada

Según Balseca, P. (2009) los sistemas de lubricación centralizada tienen como objetivo la centralización y automatización de todos los puntos de engrase de una máquina. 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. En otras palabras, son una forma eficaz de aumentar la disponibilidad de las máquinas y reducir la dependencia del talento escaso. Estos sistemas suministran la cantidad de lubricación adecuada con la frecuencia correcta, minimizan la fricción y el desgaste, y optimizan la vida útil de los rodamientos y la maquinaria.

3.2.12 Sistema de línea simple

Los sistemas de lubricación centralizada por línea simple están diseñados para alimentar los puntos de lubricación de la máquina con cantidades relativamente pequeñas de lubricante conforme a las necesidades de los puntos, ya que nos permiten lubricar intermitentemente, aportando una cantidad definida cada vez que se realiza un ciclo. Los dosificadores intercambiables de los distribuidores con distinto caudal nos permiten también repartir el lubricante exacto en cada pulso o ciclo de trabajo de la bomba. El rango medido varía desde 0,01 a 1,5 cm³ por ciclo y punto de lubricación. Los sistemas de línea simple pueden ser utilizados tanto para aceite como para grasa fluida (NLGI grados 000, 00) (<https://idilsacomercializadora.com/sistema-de-linea-simple.html>).

3.2.13 Sistema de línea doble

Este sistema de lubricación centralizada, está basado en 2 líneas principales, que son presurizadas y despresurizadas alternativamente. Está diseñado para aceite

ISO VG con una viscosidad mayor de 50 mm² también para grasa de hasta grado NLGI 3. Estos sistemas pueden diseñarse para circuitos abiertos en operaciones intermitentes. (<https://idilsacomercializadora.com/sistema-doble-linea.html>).

Los sistemas de línea doble se usan para lubricar máquinas e instalaciones con un gran número de puntos de lubricación, largas distancias y condiciones adversas de funcionamiento. Plantas de generación (turbinas, ventiladores), acerías, fundiciones, trenes de laminado, hornos continuos, minería (roto palas), cintas de transporte, plantas de azúcar (molinos y secadores), industria de la alimentación (líneas envasadoras), industria química, petroquímica, fábricas de cemento, canteras, etc.

3.2.14 Sistema progresivo

Estos sistemas reparten aceite o grasa de hasta grado NLGI 2 en operaciones intermitentes, con posibilidad de instalar supervisión central. El lubricante impulsado por la bomba es conducido hacia los distribuidores progresivos, que dividen la cantidad de lubricante según la dimensión de la recámara del pistón y en función de la cantidad de salidas de cada distribuidor. Se pueden realizar modificaciones de caudal dependiendo de los puntos de engrase intercambiando las secciones de cada distribuidor. (<https://idilsacomercializadora.com/sistema-progresivo.php>)

3.2.15 Sistema de lubricación por roció o por neblina

Para Mercado, I., (2008) el sistema de lubricación por roció se emplea regularmente en cojinetes de altas revoluciones, engranajes cerrados, cadenas y guías. Este sistema es inyectado en una línea de aire por medio de una bomba desde un reservorio de lubricante formando una mezcla de aire – aceite que es rociado sobre el punto de aplicación (p. 18).

3.2.16 Laminación

El laminado es un proceso de deformación volumétrica en el que se reduce el espesor inicial del material trabajado, mediante las fuerzas de compresión que ejercen dos rodillos sobre la pieza/material de trabajo. En otras palabras, proceso termodinámico que permite una producción elevada a altas temperaturas y un buen control del producto final, que se obtiene de la reducción del espesor de planchones. (<https://sites.google.com/site/procesodelaminado/>)

3.2.17 Tren de laminación

Es una máquina que transforma acero semiacabado en productos de acero acabado. El producto semiacabado pasa entre grupos de cilindros que rotan en sentido contrario y reducen el grosor del material hasta lograr la forma deseada. Los productos laminados incluyen barras, alambrón, chapa gruesa, vigas, bobinas, entre otras. [<https://glosarios.servidor-alicante.com>]

En otras palabras, es una instalación industrial compleja que emplea la empresa siderúrgica, la cual permite el proceso de laminación del metal en caliente para obtener el acero en forma de barras ya sea cilíndrica u ovalada.

3.2.18 Descripción del proceso del tren de laminación de barras

Conforme a la información obtenida desde el Intranet de la empresa SIDOR, el proceso de laminación de barras se puede llevar a cabo de forma convencional o slitting. La primera se usa para laminar productos de gran espesor de 35,81 mm a 18 mm, donde se lamina la palanquilla en un solo hilo formando una sola barra con resaltes. Mientras que, los productos con espesores menores de 16 mm a 9 mm son laminados en una línea de slitting, en el cual una palanquilla es laminada en múltiples

hilos formando alrededor de 1 a 47 barras con resaltes. El tren de laminación de barras consta de varias fases, como lo son, la fase de carga, tren desbastador, intermedio I, y II, terminador y enfriamiento.

Este proceso se inicia con la carga del producto, que consiste en la entrega de las palanquillas provenientes del patio de almacenamiento de la acería a través de las grúas dotadas de electroimanes con capacidad para ocho unidades, para ello se deposita el material en las dos mesas de carga. Seguidamente se pasa al tren desbastador, donde se inicia el proceso de laminación, es decir proceso mediante el cual la palanquilla de sección 130 x 130 mm son deformadas por la acción de fuerzas externas (cilindros de trabajo) ocasionando un alargamiento de granos en el material en dirección de la laminación.

Posteriormente, en el tren intermedio I, es donde se encuentran los bastidores números 12 y 13, en los cuales se conforma un redondo líder aceptable para la entrada al bastidor nº14, en esta parte del proceso se reduce la palanquilla en gran magnitud, en un 30% en cada bastidor, para luego pasar por los bastidores de los trenes intermedio II y terminadores I y II, hasta conseguir una sección transversal totalmente circular.

En el tren intermedio se produce la reducción de la sección transversal de la palanquilla para alcanzar espesores deseados. Si bien en el tren intermedio se producen las operaciones convencionales para ambas líneas sólo se producen en los bastidores 12 y trece del tren, donde los productos convencionales avanzan al tren terminador y los productos slitting siguen sufriendo una serie de transformaciones para alcanzar los espesores deseados.

Para finalizar, en el tren terminador se logran los espesores requeridos, en esta etapa del proceso en el bastidor veintidos se realizan los resaltes de las barras para

otorgar una mayor resistencia estructural del producto final. En el anexo 1 se puede apreciar con detalles el layout de la planta de barras de SIDOR.

3.2.19 Estudio técnico

Un estudio técnico permite proponer y analizar las diferentes opciones tecnológicas para producir los bienes o servicios que se requieren, lo que además admite verificar la factibilidad técnica de cada una de ellas. Este análisis identifica los equipos, la maquinaria, las materias primas y las instalaciones necesarias para el proyecto y, por tanto, los costos de inversión y de operación requeridos, así como el capital de trabajo que se necesita.

En sentido estricto, el estudio técnico es aquel que presenta la determinación del tamaño óptimo de una determinada empresa con la finalidad de dar a conocer la localización, ingeniería del negocio a emprender y la organización y funcionamiento de esta. Para Baca, G. (2013), con este estudio se pretende resolver las preguntas referentes a dónde, cuándo, cómo, y con qué producir lo que se desea, por lo que el aspecto técnico operativo de un proyecto comprende todo aquello que tenga relación con el funcionamiento y la operatividad del propio proyecto.

En este contexto, se basa en la segunda etapa de evaluación de un proyecto que comprende aquellas actividades que definen las características que determinan los activos fijos que son necesarios para hallar el lugar más conveniente para llevar a cabo el proyecto donde se requiere invertir. Para Serrano, F. (2020) el estudio técnico busca responder a los interrogantes básicos: ¿cuánto?, ¿dónde?, ¿cómo? y ¿con qué? producirá mi empresa, así como diseñar la función de producción óptima que mejor utilice los recursos disponibles para obtener el producto o servicio deseado, sea éste un bien o un servicio.

En líneas generales, el objetivo del estudio técnico es llegar a determinar la función de producción óptima para la utilización eficiente y eficaz de los recursos disponibles para la producción del bien o servicio deseado. De la selección de la función óptima se derivarán las necesidades de equipos y maquinarias que, junto con la información relacionada con el proceso de producción, permitirán cuantificar el costo de operación (Sapag, N., Sapag, R. y Sapag, J. 2014).

3.2.20 Componentes de un estudio técnico

Según Baca, G. (2013), los componentes esenciales de un estudio técnico son los siguientes:

1. Localización del proyecto: la localización óptima de un proyecto es la que contribuye en mayor medida a que se logre la mayor tasa de rentabilidad sobre capital o a obtener el costo unitario mínimo. El objetivo general de este punto es, llegar a determinar el sitio donde se instalará la planta. En la localización óptima del proyecto se encuentran dos aspectos: la Macro localización (ubicación del mercado de consumo; las fuentes de materias primas y la mano de obra disponible) y la Micro localización (cercanía con el mercado consumidor, infraestructura y servicios).

2. Determinación del tamaño óptimo de la planta: se refiere a la capacidad instalada del proyecto, y se expresa en unidades de producción por año. Existen otros indicadores indirectos, como el monto de la inversión, el monto de ocupación efectiva de mano de obra o algún otro de sus efectos sobre la economía. Se considera óptimo cuando opera con los menores costos totales o la máxima rentabilidad económica.

3. Ingeniería del proyecto: su objetivo es resolver todo lo concerniente a la instalación y el funcionamiento de la planta, desde la descripción del proceso, adquisición del equipo y la maquinaria, se determina la distribución óptima de la planta,

hasta definir la estructura jurídica y de organización que habrá de tener la planta productiva. En síntesis, resuelve todo lo concerniente a la instalación y el funcionamiento de la planta.

4. Organización de la organización humana y jurídica: una vez que el investigador haya hecho la elección más conveniente sobre la estructura de organización inicial, procederá a elaborar un organigrama de jerarquización vertical simple, para mostrar cómo quedarán, a su juicio, los puestos y jerarquías dentro de la empresa. Además, la empresa, en caso de no estar constituida legalmente, deberá conformarse de acuerdo al interés de los socios, respetando el marco legal vigente en sus diferentes ámbitos: fiscal, sanitario, civil, ambiental, social, laboral y municipal.

3.2.21 Análisis FODA

Una de las herramientas de diagnóstico empresarial que permite abordar la situación de una compañía, analizando sus características internas, como son las fortalezas y debilidades, además de las externas, como oportunidades y amenazas, cuyo acrónimo es FODA, con la finalidad de conocer la verdadera situación en la que está una entidad o una empresa, pudiendo de esta manera organizar mejor la estrategia de futuro. Al respecto, Speth, C. (2016), la define como: una herramienta que permite distinguir por un lado los factores internos de una organización (fortalezas y debilidades) y los factores externos relacionados con su entorno (oportunidades y amenazas), y por otro lado permite seleccionar los factores identificados en función del impacto esperado, pudiendo ser positivo (fortalezas y oportunidades) o negativo (debilidades y amenazas).

En otras palabras, es una herramienta analítica cuyo fin es el conocer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de una unidad de análisis, en la que se debe tomar en cuenta las situaciones externas e internas de una

determinada organización o empresa, para poder desarrollar estrategias que agreguen valor. El objetivo de este análisis es lograr que las debilidades se minimicen mientras se potencian sus fortalezas, aprovechando las oportunidades y anticipándose a las amenazas.

3.2.22 Diagrama de procesos

Este diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado. Señala la entrada de todos los componentes y subconjuntos al conjunto principal. (<http://metodologia-de-booch.blogspot.com/2009/06/diagrama-de-proceso.html>)

3.2.23 Diagrama de causa efecto

Según Ros, A. (2010), “es una representación gráfica de las relaciones lógicas existentes entre las causas que producen un efecto bien definido. Sirve para visualizar, en una sola figura, todas las causas asociadas a una avería y sus posibles relaciones” (p. 200). Conforme a lo antes expuesto, esta técnica permite apreciar con claridad las relaciones entre un problema y las posibles causas que pueden estar contribuyendo para que esto ocurra. El efecto se considera como la característica de calidad que necesita mejora, las causas son los factores de influencia.

Entre los pasos que deben emplearse para construir dicho son los siguientes:

1. Definir con precisión el fenómeno o falla (efecto).
2. Elaborar un listado de todos los aspectos que tienen o podrían tener influencia

sobre la aparición de los fenómenos (causas).

3. Ordenar las causas del punto anterior, teniendo presente que algunas son causas principales y otras secundarias; que son las que provocan las causas principales.

4. Dibujar una flecha amplia de izquierda a derecha y escribir el efecto al final de la flecha.

5. Esquematizar las causas principales que pudieran estar provocando las fallas, dirigiendo una rama en forma de flecha a la flecha principal.

6. Esquematizar sobre las ramas de las causas principales, las causas secundarias que influyan en ellas. Como se muestra en la figura 3.3.

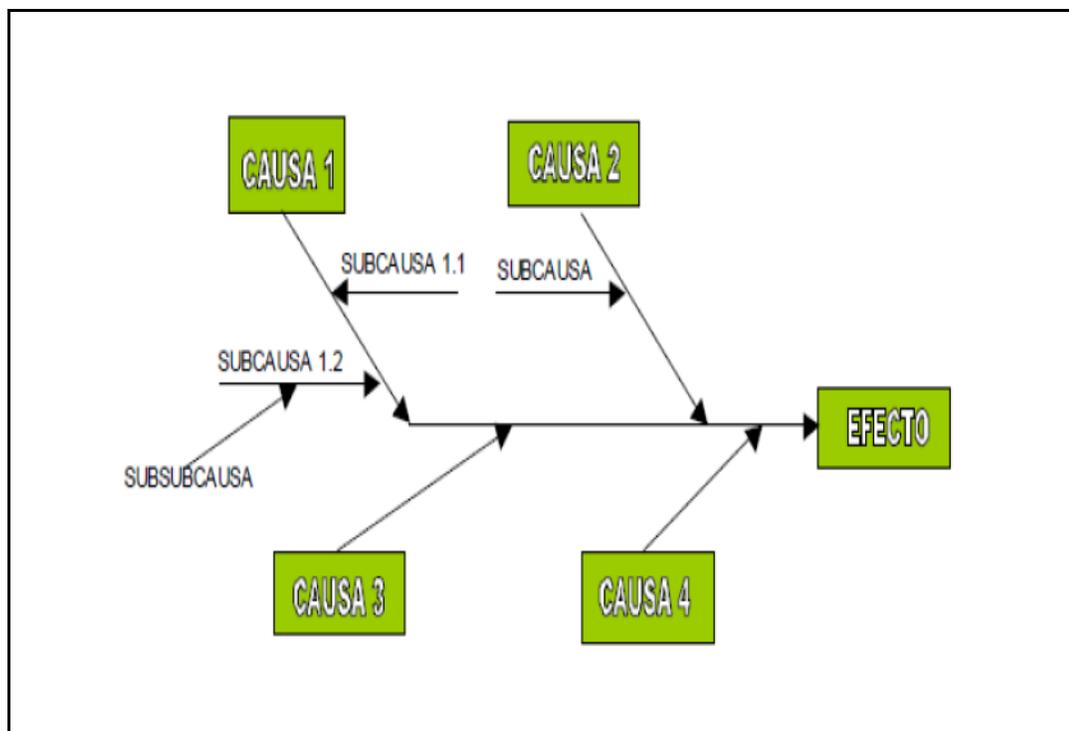


Figura 3.3 Esquematización del diagrama de causa efecto. (Ros A, 2010).

3.2.24 Diagrama de Pareto

Ros, (2010) lo define como “un instrumento que permite graficar por orden de importancia, el grado de contribución de las causas que estamos analizando o el conjunto de problemas que queremos estudiar. Se trata de clasificar los problemas y/o causas en vitales y triviales” (p. 195). En otras palabras, consiste en la representación de varios elementos (causas) de un sistema, equipo o maquinarias que pueden contribuir a un problema (efecto). Gracias a su naturaleza gráfica permite que los grupos organicen grandes cantidades de información sobre el problema, para determinar las posibles causas, aumentando la probabilidad de identificar las causas principales. (Ver figura 3.4).

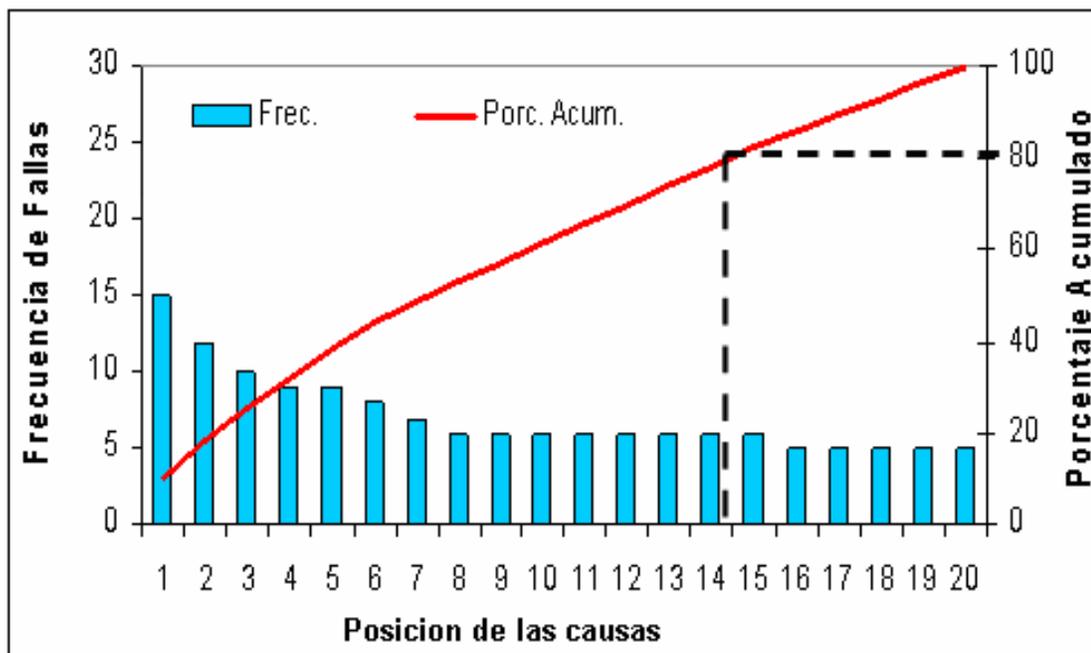


Figura 3.4 Diagrama de Pareto. (Ros A, 2010).

3.3 Bases legales

La fundamentación legal de la presente investigación está centrada en:

3.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)

Artículo 87. Toda persona tiene derecho al trabajo y el deber de trabajar. El estado garantizará la adopción de medidas necesarias a los fines de que toda persona puede obtener ocupación productiva, que le proporcione una existencia digna y decorosa y le garantice el pleno ejercicio de este derecho. Es fin del estado fomentar el empleo. La ley adoptará medidas tendentes a garantizar el ejercicio de los derechos laborales de los trabajadores y trabajadoras. Todo patrono o patrona garantizará a sus trabajadores y trabajadoras condiciones de seguridad, higiene y ambiente de trabajos adecuados. El estado adoptará medidas y creará instituciones que permitan el control y la promoción de estas condiciones.

El citado artículo, hace referencia al derecho y deber que tienen todas las personas de trabajar. De igual forma, establece como una obligación del Estado fomentar el empleo y diseñar las políticas necesarias para que las personas puedan encontrar un trabajo.

Artículo 302. El Estado se reserva, mediante la ley orgánica respectiva, y por razones de conveniencia nacional, la actividad petrolera y otras industrias, explotaciones, servicios y bienes de interés público y de carácter estratégico. El Estado promoverá la manufactura nacional de materias primas provenientes de la explotación de los recursos naturales no renovables, con el fin de asimilar, crear e innovar tecnologías, generar empleo y crecimiento económico, y crear riqueza y bienestar para el pueblo.

El referido artículo hace mención a que el Estado puede reservarse la actividad petrolera, así como las industrias, explotaciones tales como minería, producción de hierro, acero, entre otros por considerarlos de carácter estratégico para el crecimiento económico del país, con la creación de nuevas tecnologías que nos catapulten a otros

escenarios fuera de la república, con el propósito no solo de generar empleo, sino que además les permitirá obtener fortalecer la economía del país.

3.3.2 Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente del Trabajo (2005)

Artículo 63. El proyecto, construcción, funcionamiento, mantenimiento y reparación de los medios, procedimientos y puestos de trabajo, debe ser concebido, diseñado y ejecutado con estricta sujeción a las normas y criterios técnicos y científicos universalmente aceptados en materia de salud, higiene, ergonomía y seguridad en el trabajo, a los fines de eliminar, o controlar al máximo técnicamente posible, las condiciones peligrosas de trabajo. El Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laborales propondrá al ministerio con competencia en materia de seguridad y salud en el trabajo la norma técnica que regule esta materia. Son de obligatoria observancia las normas técnicas relacionadas con seguridad y salud en el trabajo, aprobadas por el ministerio con competencia en materia de seguridad y salud en el trabajo.

El citado artículo hace referencia a la prevención de la salud como factor obligatorio antes, durante de la ejecución de un proyecto con la debida adhesión a las normas de higiene y salud ocupacional, con el propósito de garantizar la salud e integridad del personal a cargo del proyecto.

3.3.3 Norma COVENIN 3049-93. Definiciones de Mantenimiento

Numeral 3.1.1. Sistemas productivos son aquellas siglas que identifican a los sistemas productivos dentro de los cuales se pueden encontrar dispositivos, equipos, instalaciones y/o edificaciones sujetas a acciones de mantenimiento.

3.4 Definición de términos

Desgaste: pérdida de material de la superficie como resultado de una acción mecánica. (Cáceres, G. 2010).

Fricción: es el resultado de la rugosidad de las superficies. Bajo microscopio electrónico, aún las superficies aparentemente más lisas (menos rugosas), muestran muchas rugosidades o asperezas. (Molina, A. 2014).

Oxidación: degeneración por el ataque del oxígeno a un material o lubricante. El proceso es acelerado por calor, luz, catalizadores metálicos y la presencia de agua, ácidos o contaminantes sólidos. (Cáceres, G. 2010).

Rozamiento: es la fuerza que aparece entre dos superficies con movimiento relativo entre ellas. Está en función del coeficiente de rozamiento, de la superficie en contacto y de la fuerza que presiona ambas superficies entre ellas. (Cáceres, G. 2010).

Tribología: es la ciencia y tecnología de los sistemas en movimiento y en contacto mutuo que comprende la fricción, lubricación, desgaste y otros aspectos relacionados con la ingeniería, física, química, metalurgia, fisiología, etc. (Molina, A. 2014).

Viscosidad: medida de la resistencia a la deformación cortante o angular de un fluido. (Cáceres, G. 2010).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo y diseño de la investigación

El presente estudio se desarrolló como una investigación descriptiva, sobre la cual Arias, F. (2016) “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo, grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p. 24). En el presente trabajo de investigación se pretende obtener una visión general y detallada del funcionamiento de los sistemas centralizado de lubricación del tren de laminación y barras de la gerencia de barras y alambón de la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR, con el propósito de realizar un estudio técnico al referido sistema.

4.1.1 Tipo de investigación

El estudio descriptivo comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de fenómenos; el enfoque se hace sobre una serie de conclusiones dominantes o sobre una persona, un grupo o cosa que funciona en el presente; la investigación descriptiva se trabaja sobre diversas realidades de hecho, caracterizándose fundamentalmente por presentarse una interpretación correcta. (Tamayo y Tamayo, M.; 2012)

En este contexto; la investigación realizada, estuvo determinada en realizar un estudio técnico del funcionamiento de los sistemas centralizado de lubricación del tren de laminación y barras de la gerencia de barras y alambón de la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR, claramente presenta características propias de la investigación descriptiva, ya que; a través de este

pudo describir la situación en particular que presenta un equipo en particular, enumerándose y señalando características, propiedades y del funcionamiento de los sistemas centralizados de lubricación de la empresa antes mencionado. Además; la información recogida se presenta tal cual es; analizando, interpretando y evaluando lo que se desea exactamente.

La investigación aplicada; nombrada también investigación activa o dinámica, se encuentra íntimamente muy ligada a la investigación pura, ya que; esta depende de los descubrimientos y aportes teóricos, es el estudio y/o aplicación de la investigación a unos problemas puntuales, en circunstancias o características concretas, asimismo; esta forma de la investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías. (Tamayo y Tamayo, M.; 2012)

Adicionalmente; el estudio realizado, enfocado en un estudio técnico del funcionamiento de los sistemas centralizado de lubricación del tren de laminación y barras de la gerencia de barras y alambrón de la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR; se ha visto influenciado en investigaciones aplicadas, por cuanto; su elaboración concentra su atención en las posibilidades fácticas de llevarse a práctica las teorías generales existentes, referidas al estudio técnico de funcionamiento del referido sistema. Así mismo; se espera que con el desarrollo del mismo se permita la resolución del problema identificado dentro de la empresa en un periodo de tiempo muy corto.

4.1.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación se refiere a la metodología que se aplicará en el estudio, en este caso, la investigación se basará en un diseño documental y de campo. Al respecto del diseño documental el Manual de trabajos de grado de especialización, y maestría y tesis doctorales, de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.,

(2016), señala que: “se entiende por investigación documental, el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos” (p. 20).

Es decir se trata de un estudio que se enmarca en la búsqueda, recopilación, análisis y comprensión de datos secundarios en relación a la temática en estudio, específicamente en los textos, registros y bibliografías acerca de los sistemas centralizados de lubricación, funcionamiento, repuestos necesarios, ficha técnica, entre otros.

En relación al diseño de campo, Arias, F. (Obj. Cit.), lo define como: Es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados o de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes (p. 31). En este sentido, este diseño permitirá obtener información de una forma directa a la realidad, sin intermediación de ninguna naturaleza obteniendo resultados reales por ello, las variables no son modificadas.

4.2 Población y muestra de la investigación

4.2.1 Población de la investigación

Monje, C. (2015) define la población como “conjunto de objetos, sujetos o unidades que comparten la característica que se estudia... que responde a la necesidad de especificar el grupo al cual son aplicables los resultados” (p. 25). En relación a lo expresado por este autor, constituye el grupo de personas o cosas que poseen particularidades similares de las cuales se pueden obtener la información primordial para el estudio que se realiza

Como se trata de una población pequeña (finita), sobre la cual Ramírez, T. (2014), la define como “aquella cuyos elementos en su totalidad son identificables por el investigador, por lo menos desde el punto de vista del conocimiento que se tiene sobre su cantidad total” (p. 58). Atendiendo a lo expresado por el autor anterior, la población estará representada por el sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” (SIDOR), distribuido de la siguiente manera (Ver tabla 4.1).

Tabla 4.1 Población de la investigación sistema centralizado. (Vidal N, 2020).

Ítems	Componentes del sistema centralizado de lubricación	Cantidad
1	Tambor de grasa	1
2	Bomba Neumática Cirval Modelo BCN – 221-A	1
3	Tuberías principal de grasa	1
4	Mangueras	4
5	Ramificaciones del sistema centralizado de lubricación	2
6	Bastidor I	1
7	Bastidor II	1
8	Terminador I	2
9	Terminador II	4
Total población		17

4.2.2 Muestra de la investigación

Es una parte de la población, número de individuos u objetos seleccionados científicamente, cada uno de los cuales forman parte del universo. De acuerdo con Hurtado, J. (2015), la muestra de la investigación indica que “la población además de ser conocida es accesible, es decir, es posible ubicar a todos los miembros. No vale la pena hacer un muestreo para poblaciones de menos de 100 integrantes” (p. 140).

Para los efectos de este estudio, la muestra estuvo representada por la misma población, es decir el sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras; por tanto, la muestra en cuestión está compuesta por las siguientes cantidades y/o unidades: tambor de grasa (1 unidad), bomba neumática CIRVAL (1 unidad), tubería principal de grasa (1 unidad), mangueras (4 unidades), ramificaciones del sistema centralizado de lubricación (2 unidades), bastidor I (1 unidad), bastidor II (1 unidad), terminador I (2 unidades) y terminador II (4 unidades).

4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.3.1 Técnicas

Arias, F. (Ob. Cit) señala que “se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener los datos o información” (p. 67). En este contexto, las técnicas constituyen las formas que utiliza el investigador para recabar la información indispensable para el desarrollo del estudio, entre las cuales se emplearon como técnicas, la observación directa participante y la entrevista informal.

1. Observación directa y participante: en cuanto a la observación directa y participante, Palella, S. y Martins, F. (2017) expresan que “la observación es participante cuando el investigador se incluye en el grupo, hecho o fenómeno observado, para obtener la información desde adentro...” (p. 118). Esta técnica permitió observar el funcionamiento del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras y sus componentes, parámetros de operatividad, con la finalidad de poder efectuar el estudio técnico pertinente.

2. Entrevista no estructurada o informal: según Arias, F. (Ob. Cit), “En esta modalidad no se dispone de una guía de preguntas elaboradas previamente. Sin

embargo, se orienta por unos objetivos preestablecidos, lo que permite definir el tema de la entrevista”. De esta forma se logró profundizar de las apreciaciones obtenidas de las personas especialistas en el área industrial y de mantenimiento del sistema centralizado de lubricación, de manera informal permitiendo una comunicación con fluidez con cada uno de ellos.

3. Revisión documental: consistió en la recopilación de toda aquella información directa o indirectamente relacionada con la investigación desarrollada, esto con la finalidad de lograr adecuada profundización en el tema de investigación y, a su vez; sustentar las bases teóricas.

4.3.2 Instrumentos

Sabino, C. (2014) define los instrumentos, “cualquier recurso de que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información” (p. 99). Se trata de las herramientas que se emplean para obtener la información necesaria para la investigación. Para recabar los datos pertinentes a este estudio se emplearon como instrumentos, una guía de preguntas y una lista de cotejo.

1. Guía de preguntas: este instrumento contiene las preguntas sugeridas y aspectos que fueron analizados durante el desarrollo del presente estudio, con la finalidad de recabar la información correspondiente a la entrevista.

2. Lista de cotejo: también conocida como lista de control y verificación de la técnica de observación, en la cual se registró la ausencia o presencia de los repuestos requeridos para el funcionamiento adecuado del sistema centralizado de lubricación del Tren de Laminación de Barras.

4.4 Técnicas de ingeniería industrial aplicadas

En el desarrollo del presente trabajo se emplearon técnicas de Ingeniería Industrial, las cuales servirán de apoyo para las investigadoras, por cuanto; permitieron sustentar el estudio técnico del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras, tales matriz FODA, diagrama de proceso, diagrama de Pareto, medición geométrica del sistema de tuberías, medición de presión al final de cada tramo de tubería, cálculo de pérdida de energía por tramo y estudio técnico.

4.4.1 Matriz FODA

Ésta técnica se utilizó para evaluar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas presentes en el sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la empresa objeto de estudio, y de esta manera plantear las estrategias que podrán ser aplicadas para fortalecer las debilidades y reducir las amenazas.

4.4.2 Diagrama de proceso

Se basa en la representación gráfica visualización de los analistas de todo el método utilizado actualmente, con cada uno de sus detalles de manera que se puedan identificar áreas de oportunidad para la implementación de mejora continua o nuevos procesos de fabricación. Esta herramienta fue de utilidad en el presente estudio debido a que se tendrá control minucioso de los factores que intervengan en dicho proceso.

4.4.3 Medición geométrica del sistema de tuberías

Herramienta que permitió obtener la determinación de las distancias que posee el sistema de tuberías principal que alimenta el sistema centralizado de lubricación

que abastece de grasa a los equipos que forman parte del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón de la empresa SIDOR.

4.4.4 Medición de las presiones al final de cada tramo de tubería

Esta técnica industrial permitió medir las distintas presiones al final de cada tramo de tubería de alimentación de los distintos bastidores, que integran el sistema centralizado de lubricación, con el propósito de tener una referencia del comportamiento del referido sistema.

4.4.5 Estudio técnico

El estudio técnico permitió analizar los elementos que tienen que ver con la ingeniería básica del producto y/o proceso que se desea implementar, para ello se tiene que hacer la descripción detallada del mismo con la finalidad de mostrar todos los requerimientos para hacerlo funcionable.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Descripción de las condiciones operativas de las estaciones de bombeo y tuberías principales de los sistemas centralizados de lubricación

El cumplimiento de este objetivo consistió en conocer la situación actual de las condiciones operativas de las estaciones de bombeo y tuberías principales de los sistemas centralizado de lubricación, la cual se realizó a partir de la ejecución de una visita guiada a cada una de las estaciones de bombeo y tuberías principales del referido sistema perteneciente al tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” (SIDOR).

Esta visita permitió detectar las causas que ocasionan problemas en las condiciones operativas de este sistema, con el fin de diseñar propuestas para su mejor funcionamiento. Para lograrlo fue imprescindible realizar un diagrama de flujo de procesos de las estaciones de bombeo y tuberías principales de los sistemas centralizados de lubricación, de igual manera se procedió a realizar un diagrama de causa efecto y una matriz FODA, por medio del cual se evidenciaron las causas y efectos que lo afectan y agregan deficiencia en su funcionamiento, así como las fortalezas, amenazas, oportunidades y debilidades que lo afectan el funcionamiento del referido sistema.

5.1.1 Diagrama del sistema centralizado de lubricación

El diagrama realizado, permitió efectuar la descripción actual de los procesos que se llevan a cabo por el sistema centralizado de lubricación en el tren de la laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón, con el propósito de describir las condiciones operativas de las estaciones de bombeo y tuberías

principales.

En el tren de laminación de barras, desde hace veinte (20) años existen dos (2) sistemas de lubricación ubicados en puntos estratégicos, que fueron divididas con el propósito de hacer tramos más pequeños y que las bombas pudieran realizar la lubricación con cantidades requeridas a cada equipo con la finalidad de evitar atascamientos en los bastidores. Para ello, se crearon dos estaciones de bombeo o centrales de grasa, que se encuentran a nivel de sótano.

El primer proceso llevado a cabo por el tren laminador de barras, se inicia en la mesa de carga I y II, donde se cargan los productos a procesar. En esta área se encuentra el control de lubricación de grasa. Este proceso pasa por el tren desbastador que está compuesto por ocho (8) bastidores en continuo todos con accionamiento individual y para laminar dos (2) líneas. Al final de esta sección de disponen de cizallas que se encargan de despuntar el material.

Seguidamente, se encuentra el tren intermedio, que consta de dos (2) secciones, la primera de ellas posee dos (2) bastidores, y el intermedio II está integrado por cinco (5) bastidores, cada una de ellas puede laminar con una o dos líneas dependientes del producto a laminar. Cabe destacar que, el desbastador y el intermedio I, son lubricadas por la estación central de bombeo CIRVAL, modelo ECB-DC-42, la cual está en funcionamiento desde hace nueve (9) años, debido a la necesidad de sustituir el viejo sistema LINCOLN, debido a que estaba obsoleto por falta de mantenimiento y repuestos.

Desde que la Estación de bombeo CIRVAL fue puesta en marcha las condiciones de lubricación y operatividad mejoraron mucho en el tren desbastador e intermedio I, ya que se cuenta con los repuestos y con un personal capacitado de la misma empresa CIRVAL, quienes se encargan de realizar una inspección diaria

del equipo y del mantenimiento preventivo y correctivo de manera oportuna.

El tren terminador se encuentra compuesto por dos (2) secciones, el terminador I y II, los cuales constan de cuatro (4) bastidores cada uno, cada sección lamina siempre a una línea. Cabe destacar que, todos los bastidores antes mencionados se encuentran totalmente operativos y cuentan con todos sus distribuidores de engrase y rodamientos. Mientras que, el resto del tren laminador de barras (intermedio II, terminador I y II) está siendo lubricado por un sistema de lubricación operativo, pero totalmente empírico, que consiste en un tambor de grasa y una bomba neumática CIRVAL modelo BCN – 221-A, que es accionada por aire comprimido liberado por una electroválvula, que es accionada por medio de una señal emitida por un tablero de control programado de acuerdo a las necesidades del usuario.

Una vez que la bomba neumática es accionada, se inyecta la grasa a través de la tubería principal hasta que esta es presurizada y alcanza la presión necesaria para que la válvula inversora realice el cambio de línea, y comience a lubricar la otra línea de la tubería y de esta manera hasta completar con el ciclo de lubricación. (Ver figura 5.1).

ORGANIZACIÓN: Empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR

ACTIVIDAD: Empresa dedicada a fabricación y transformación del hierro.

OBJETIVO: Proceso de lubricación de los equipos

DEPARTAMENTO: Gerencia de Barras y Alambión

FECHA 26/07/2020

ELABORADO POR: Autor propio

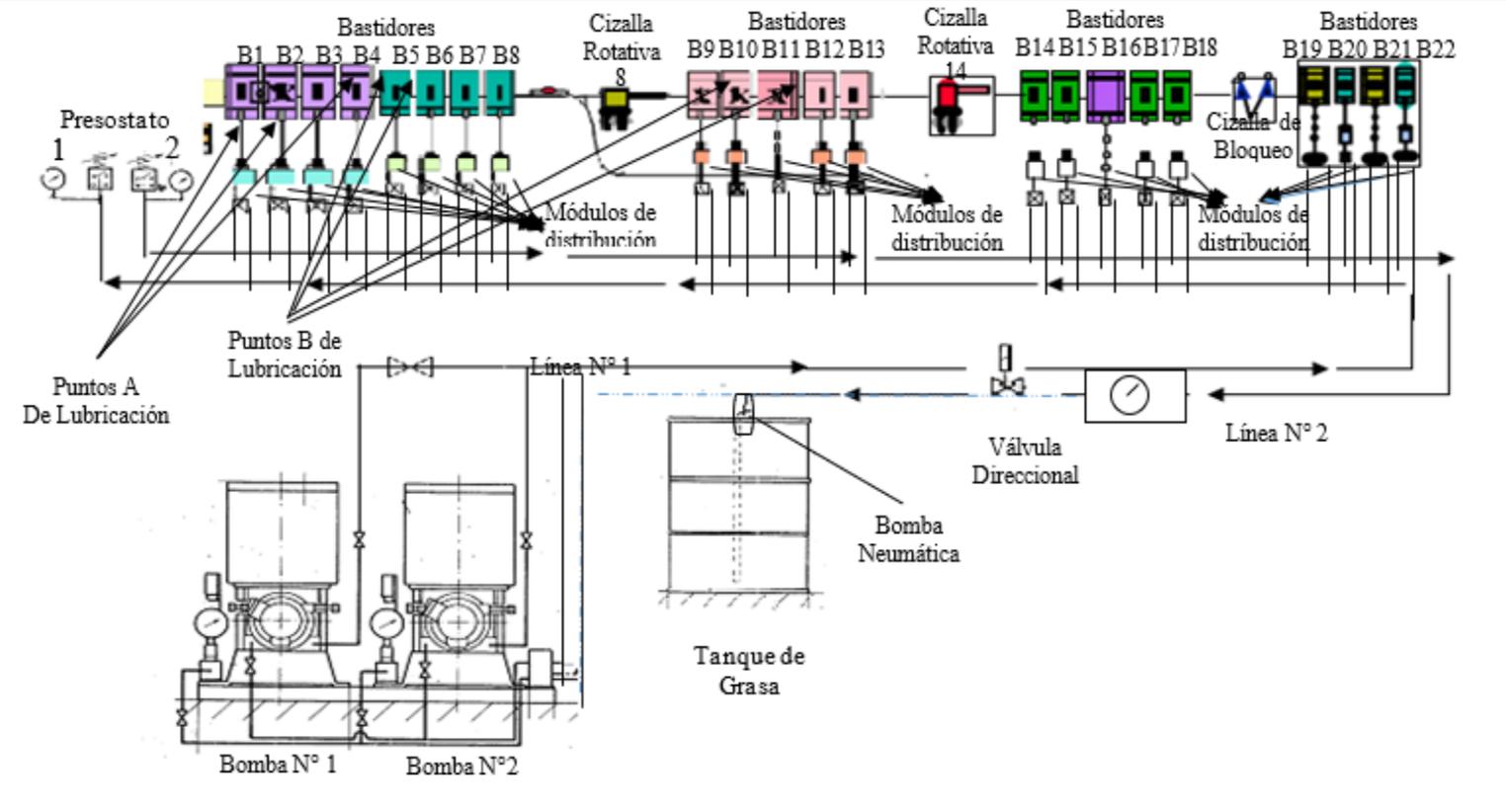


Figura 5.1 Diagrama del proceso de lubricación Tren de Laminación (Vidal N, 2020).

Tal y como se observa en el diagrama de proceso, el sistema de lubricación centralizada del tren de laminación de barras, se inicia una vez que son accionadas las bombas N° 1 (Cirval) y N° 2, independiente la grasa es suministrada, a través de dos líneas separadas (L1 y L2), en una cantidad preestablecida a los módulos distribuidores. Permitiendo que se envíe la grasa a través de la tubería principal pasándola por una válvula direccional la cual se encuentra posicionada en la línea N° 1, logrando que la grasa pase por dicha línea y la envíe al módulo distribuidor.

Estos módulos son los encargados de hacer llegar la grasa a los puntos A que se encuentran en la parte inferior de los bastidores del 1 al 22, una vez que el presostato N° 1 alcanza una presión de 120 Bar, produce una señal eléctrica cambiando la posición de la válvula direccional, con la finalidad de que la grasa sea direccionada por la línea N° 2, enviando de esta forma la grasa al módulo distribuidor con el objeto de lubricar los puntos B, que están ubicados en la parte superior de los bastidores antes mencionados.

Una vez que el presostato N° 2 alcanza la presión 120 Bar produce una señal eléctrica para que el sistema entre en reposo por un periodo de 10 minutos. Cumplidos los minutos de reposo del sistema, se repite el ciclo de lubricación para los bastidores. En este sentido, mientras una línea (L1) está alimentando a los módulos de distribución y puntos A con grasa, la línea (L2) se está preparando para la misma operación, pero no al mismo tiempo.

La válvula inversora garantiza el llenado continuo, así como el alternado de las dos líneas (L1-L2). Esta se activa mediante la presión del sistema, controlando el retorno de la grasa por las líneas.

5.1.2 Diagrama de causa – efecto realizado al sistema centralizado de lubricación

El sistema centralizado de lubricación empleado en el tren de laminación de barras de la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” (SIDOR), para la lubricación de los bastidores que se encuentran a lo largo del referido tren, se ha convertido en una problemática que ha venido afectando el proceso de lubricación de estos equipos y con ello el proceso continuo de laminación de barras y alambrón. En este contexto, y conforme a lo planteado anteriormente se genera la necesidad de emprender la búsqueda de las distintas causas que podrían estar generando problemas o fallas que intervienen en el adecuado suministro de lubricación de este sistema.

Con el propósito de visualizar y esquematizar las posibles causas involucradas en el referido problema se empleó el diagrama de causa – efecto el cual permitió identificar cada una de causas principales agrupadas en las 5M (Medio ambiente, Mano de obra, Método, Maquina y Material) con los que se logró determinar el problema o deficiencia que afecta directamente el sistema centralizado de lubricación empleado en el tren de laminación de barras perteneciente a la empresa antes mencionada, que posteriormente fueron analizados. (Ver figura 5.2).

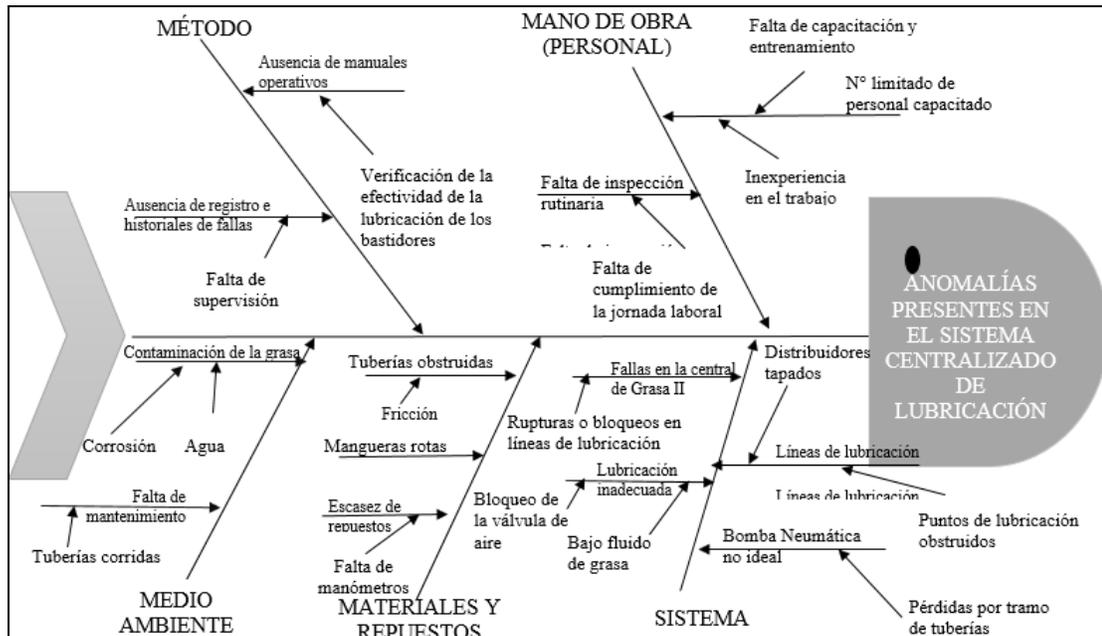


Figura 5.2 Diagrama de causa y efecto. (Vidal N., 2020).

Conforme a las causas anteriormente expuestas y de acuerdo con la entrevista informal realizada al personal a cargo del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras, a continuación, se analizan cada una de las causas con sus respectivas sub-causas encontradas en la central de grasa II del sistema antes mencionado:

1. Mano de obra y/o personal: entre las causas estudiadas se encuentran las siguientes: Número limitado de personal calificado: El escaso conocimiento técnico por parte personal en cuanto al funcionamiento del sistema de lubricación centralizada, posee una mayor incidencia contribuyendo con ello a que la condición operativa de este equipo disminuya. Por cuanto la falta de capacitación y entrenamiento constante del personal para verificar el adecuado funcionamiento del Sistema específicamente en la central de grasa II los perjudica, ya que cuentan con un número reducido capacitado de personal, lo cual dificulta al momento de realizar la inspección rutinaria. Falta de inspección rutinaria: la situación de pandemia por la que

está atravesando en este momento el país, genera muchas faltas de personal, y desgaste físico del que realiza las inspecciones rutinarias, quienes deben cumplir con jornadas continuas de trabajo.

2. Método: conforme al análisis realizado las principales sub-causas que intervienen en el correcto funcionamiento del sistema centralizado de lubricación son: Ausencia de manuales operativos, que les permitan aplicar las tareas de mantenimiento y supervisión de este equipo, por cuanto al no producirse las prácticas adecuadas de trabajo en cuanto a las inspecciones rutinarias del sistema centralizado de lubricación comienzan a surgir fallas mecánicas en sus componentes. En esta causa se incluyen errores en los registros de fallas del equipo y deficiencias en la verificación de la efectividad de la lubricación en los bastidores. Ausencia del registro e historiales de fallas: del sistema centralizado de lubricación en especial de la central de grasa II, como consecuencia de la falta de supervisión que les permita determinar las fallas, con las respectivas causas que la generan.

3. Medio ambiente: entre las causas que ponen en riesgo el funcionamiento del sistema de lubricación centralizada específicamente en la central de grasa II, entre los cuales se mencionan: Contaminación de la grasa, debido a los efectos producidos por la corrosión y del agua, así como por la falta de cambio de los filtros. Falta de mantenimiento de las tuberías que se encuentran en mal estado, lo cual ha ocasionado la corrosión de las mismas, debido al ataque de las superficies metálicas por los ácidos orgánicos e inorgánicos presentes en el lubricante que emplea la empresa para la lubricación de los equipos y la herrumbre se genera por el ataque del agua sobre las superficies ferrosas.

4. Materiales y repuestos: dentro de esta se incluyen como posibles causas relacionados con los materiales y repuestos empleados para las labores de inspección rutinaria del sistema centralizado de lubricación, tal como se detallan a continuación:

Escasez de repuestos debido a la situación país, es sin duda alguna otra causa que afecta el correcto funcionamiento de este equipo, por cuanto actualmente no poseen manómetros suficientes para poder medir la presión bar de salida de la grasa. De igual forma, los materiales disponibles son los correspondientes al sistema Cirval y en vista de que el sistema centralizado que está presentando problemas es el Lincoln, muchos de los repuestos no son compatibles con esta. Tuberías obstruidas: producto de la fricción de la grasa empleada ocasionando una disminución del lubricante en los puntos destinados para tales efectos. Mangueras rotas: debido a la presión de trabajo constante, lo cual ocasiona fugas de grasa y con ello, provoca que la caja de los bastidores se tranque, paralizando el proceso productivo.

5. Sistema: Dentro de las sub causas encontradas se mencionan las siguientes: fallas en la central de grasa II: el sistema está presentando fallas como consecuencias de rupturas o bloqueos en las líneas de lubricación, ocasionando retrasos en el proceso productivo de la empresa. Lubricación inadecuada: como consecuencia de bloqueos de la válvula de aire generando un bajo fluido de grasa disminuyendo la cantidad de lubricante a los puntos de lubricación. Líneas de lubricación: de la central de grasa II presentan distribuidores tapados y los puntos de lubricación obstruidos, lo cual genera que el lubricante no llegue a los distribuidores ocasionando que las cajas de los bastidores se tranquen. Bomba neumática con la que funciona este sistema no es la más ideal, por ello se generan pérdidas por tramo de tuberías, ya que esta solo está solventando el problema de manera momentáneo, más no representa un elemento confiable para garantizar el óptimo rendimiento del referido sistema.

Para verificar la condición operativa actual del sistema centralizado de lubricación centralizado y sus componentes, así como el estado actual de cada uno de ellos, se procedió a realizar un recorrido por las instalaciones del tren de laminación de SIDOR conjuntamente con el personal adscrito a esta área. Posteriormente, se le solicitó al supervisor los historiales de fallas del sistema antes

mencionado, con la finalidad de conocer cuál es su condición operativa, los cuales se muestran en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Condición operativa actual del sistema. (Vidal N, 2020).

Sistema centralizado de lubricación de la central de grasa II		
Equipo/ Componente	Condición Operativa	Estado Actual
Bomba neumática Modelo BCN-221-A	70%	Medianamente operativo
Válvula inversora VCR-40	75%	Operativo
Tambor de grasa	90%	Operativo
Manguera de alta presión de 10 mm	65%	Operativo pero con fallas
Tubería de aire de 3/8"	75%	Operativo pero con fallas
Distribuidor DCM-250	76%	Operativo pero con fallas
Filtro Modelo TF-1	73%	Medianamente operativo con fallas
Líneas de distribución	60%	Operativo pero con fallas
Válvula de aire	68%	Operativo pero con fallas

Conforme a la información plasmada en la tabla anterior, se puede apreciar que algunos componentes del sistema centralizado de lubricación específicamente están presentando una serie fallas tanto mecánicas como hidráulicas. Uno de los factores que pueden influir negativamente en el buen funcionamiento de este sistema se debe a la escases de repuestos de calidad, por cuanto conforme a información suministrada por el supervisor del área se logró conocer que, la empresa no cuenta con un stock de repuestos para efectuar el mantenimiento adecuado, debido a que mucho de los repuestos requeridos no se encuentran en el país, por ello, se han visto en la necesidad crear un híbrido entre piezas de distintas marcas.

Cabe destacar que, la condición operativa del sistema centralizado de lubricación específicamente la central de grasa II y sus componentes, fue establecida de acuerdo a la disponibilidad de los mismos, que se encontraron en los registros de los indicadores de mantenimiento actuales y a través de la visita técnica realizada a la empresa. Seguidamente, se obtuvo la data de fallas del sistema objeto de estudio y sus

componentes durante el año 2020, agrupándola de acuerdo a su frecuencia, en orden de mayor a menor, para luego obtener el porcentaje relativo y acumulado, a fin proseguir con la elaboración de la gráfica, la cual nos da la tendencia de las fallas presentadas (tabla N° 5.2).

Tabla 5.2 Frecuencia de fallas. (Vidal N, 2020).

Componentes del sistema centralizado de lubricación (central de grasa II)	Frecuencia de fallas Año 2020	% Relativo	% Acumulado
Rupturas y bloqueos en las líneas de distribución	58	36%	36%
Tuberías obstruidas	30	19%	54%
Lubricación inadecuada	28	17%	72%
Puntos de lubricación obstruidos	20	12%	84%
Bomba neumática con baja presión	12	7%	91%
Bloqueo de la válvula de aire	8	5%	96%
Filtro tapado	4	2%	99%
Mangueras rotas	2	1%	100%
Totales	162	100%	

Atendiendo a los resultados obtenidos en la tabla anterior durante el año 2020 el sistema centralizado de lubricación específicamente en la central de grasa II presentó 162 fallas de las cuales 58 de ellas están asociadas rupturas y bloqueos en las líneas de distribución como consecuencia de mangueras rotas, lo cual genera un bajo fluido de grasa y puntos de distribución trancados. Las tuberías obstruidas y en mal estado obtuvieron 30 fallas como consecuencia de la falta de inspección rutinaria.

Otra falla encontrada en este sistema fue la lubricación inadecuada de los bastidores la cual obtuvo 28 fallas, ocasionando que las cajas de los bastidores se tranquen y paralicen el proceso productivo. Los puntos de lubricación obstruidos obtuvieron 20 fallas, mientras que la bomba neumática con baja presión generó 12 fallas, ya que esta no es la más adecuada para el funcionamiento del sistema, produciendo pérdidas por tramo de tuberías, ya que esta solo está solventando el

problema de manera momentáneo. El bloqueo de la válvula de aire generó 8 fallas, ocasionando un bajo fluido de grasa disminución en la cantidad de lubricante a los puntos de lubricación. Los filtros tapados por partículas de sucio obtuvieron 4 fallas, mientras que las mangueras rotas obtuvieron 2 fallas.

5.1.3 Diagrama de Pareto con las frecuencias de fallas del sistema centralizado de lubricación

En la figura N° 5.3 se muestra el diagrama de Pareto con las frecuencias de fallas del sistema centralizado de lubricación específicamente en la central de grasa II y sus componentes, donde se identifica claramente cuáles son los de mayor incidencia de fallas.

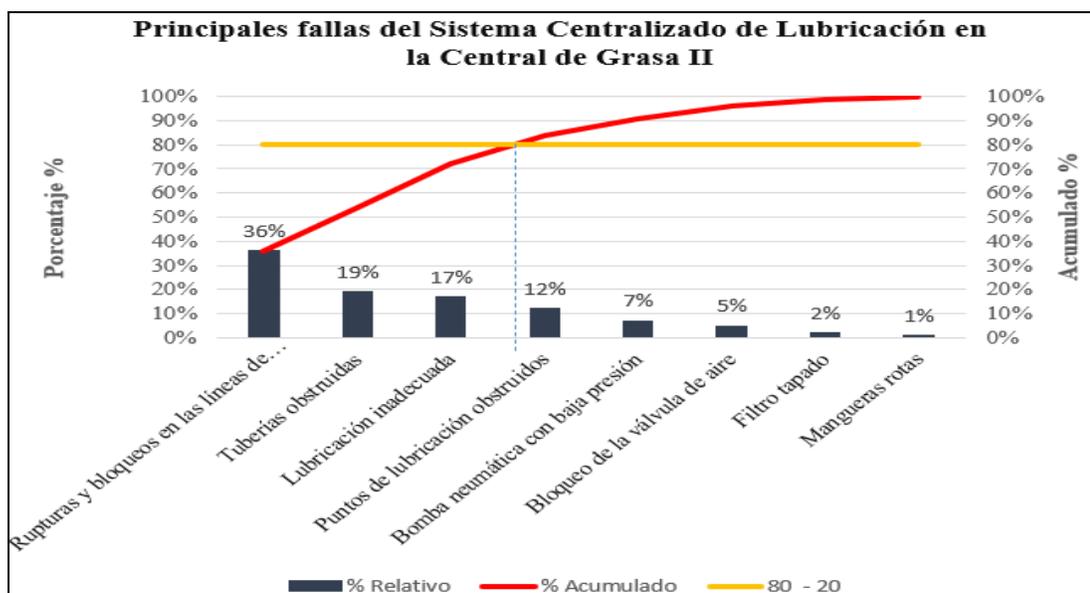


Figura 5.3 Diagrama de Pareto principales fallas. (Vidal N, 2020).

Tal como se observa en la figura antes expuesta, las principales fallas del sistema centralizado de lubricación en la central de grasa II que afectan el adecuado funcionamiento del referido sistema son, la ruptura y bloqueos en las

líneas de distribución con treinta y seis (36%), tuberías obstruidas con diecinueve (19%), lubricación inadecuada con diecisiete (17%). Seguidas por los puntos de lubricación obstruidos con doce (12%), bomba neumática con baja presión con siete (7%), bloqueo de la válvula de aire con cinco (5%), filtro tapado con dos (2%) y las mangueras rotas con uno por ciento (1%).

Las cuatro (04) primeras causas constituyen el ochenta y cuatro 84% del porcentaje acumulado. Mientras que las causas que obtuvieron un menor porcentaje de participación fueron, la bomba neumática con baja presión, bloqueo de la válvula de aire, filtro tapado y mangueras rotas representan con un porcentaje del dieciséis (16%) restante.

5.1.4 Identificación de las amenazas y debilidades que afectan el adecuado funcionamiento del sistema de lubricación centralizada en la central de grasa II

Para la identificación de las amenazas y las debilidades que presenta el sistema de lubricación centralizada en la central de grasa II se realizó una matriz FODA, en la cual además de plasmar las amenazas y debilidades que presenta dicho sistema se manifestaron las fortalezas y oportunidades con las que esta cuenta, con el propósito de ver de qué manera dichas fortalezas podrían contribuir con el logro de los objetivos de esta investigación (Tabla 5.3).

Tabla 5.3 Matriz FODA aplicada a la empresa SIDOR (Vidal N, 2020).

Fortalezas (F)	Debilidades (D)
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Disposición de la gerencia por mejorar el sistema centralizado de lubricación. ❖ Integración de sistemas que soportan las diferentes áreas de la empresa. ❖ Utilización de sistemas de información con tecnología de punta. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Deficiencia en el cumplimiento del método operativo de trabajo. ❖ Falta de inspección del sistema y sus componentes. ❖ Déficit de repuestos.

Continuación de la tabla 5.3.

<p style="text-align: center;">Fortalezas (F)</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Personal altamente comprometido con su trabajo dispuesto a mejorar. 	<p style="text-align: center;">Debilidades (D)</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ control de fallas del sistema centralizado de lubricación.
<p style="text-align: center;">Oportunidades (O)</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Posibilidad de adiestramiento laboral. ❖ Cartera de proveedores de repuestos CIRVAL y LINCOLN a nivel nacional e internacional. ❖ Manejo de un sistema que permite registrar las fallas del sistema centralizado de lubricación y sus componentes. ❖ Apoyo técnico de empresas reconocidas. 	<p style="text-align: center;">Amenazas (A)</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Alto índice de inflación debido a la situación económica del país. ❖ Devaluación de la moneda. ❖ Inasistencia técnica. ❖ Cambios tecnológicos acelerados demandan una actualización constante.

Las debilidades observadas por la matriz FODA antes expuesta, son producto de las causas o problema que tiene la empresa en cuanto al proceso de lubricación de los equipos que integran el tren de laminación en caliente. Conforme al análisis realizado, esta organización deficiencia en el cumplimiento del método operativo de trabajo, debido a fallas en las prácticas adecuadas de trabajo en cuanto a las inspecciones rutinarias del sistema centralizado de lubricación, por ello, surgen fallas mecánicas en sus componentes.

Otra debilidad encontrada fue, el déficit de repuestos para efectuar los cambios de refacciones, así como la ausencia del registro y control de fallas del sistema centralizado de lubricación, lo cual genera paradas prolongadas en el proceso productivo como consecuencia de las deficiencias en la verificación de la efectividad de la lubricación en los bastidores. Además, de la falta de supervisión que les permita determinar las fallas, con las respectivas causas que la generan.

Las amenazas encontradas revelan un, alto índice de inflación como consecuencia de la situación económica del país. Otra amenaza encontrada se debe a la devaluación monetaria. La inasistencia técnica del personal de supervisión durante dos (2) de las tres

(3) guardias de trabajo, ocasionando fallas en la inspección rutinaria del sistema. Aunado a esto, los cambios tecnológicos acelerados demandan una actualización constante, tanto de los equipos como la capacitación constante del personal.

Entre las oportunidades encontradas se mencionan, la posibilidad de adiestramiento laboral, cartera de proveedores de repuestos CIRVAL y LINCOLN a nivel nacional e internacional, además de brindar apoyo técnico necesario todo ello con la finalidad de garantizar la disponibilidad del equipo y sus componentes. Manejo de un sistema que permite registrar las fallas del sistema centralizado de lubricación y sus componentes.

Las fortalezas encontradas conforme al análisis interno de la empresa se mencionan disposición de la gerencia por mejorar el sistema de lubricación centralizada, utilización de sistemas de información con tecnología de punta, empleados para el registro de inspección del sistema por guardias. Otra fortaleza encontrada fue personal altamente comprometido con su trabajo dispuesto a mejorar, además de la integración de sistemas que soportan las diferentes áreas de la empresa.

Una vez definidas las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras y alambros de SIDOR, se procedió a realizar el análisis sistemático que facilita la comparación de las amenazas y oportunidades externas con las fuerzas y/o debilidades internas de la referida organización, con el propósito de establecer las estrategias que permitan potencializar las fortalezas y oportunidades a fin de reducir las debilidades y amenazas que afectan el funcionamiento del sistema centralizado de lubricación de esta organización. (Ver tabla 5.4).

Tabla 5.4 Matriz de estrategias FODA. (Vidal N, 2020).

<p style="text-align: center;">Factores Internos</p> <p style="text-align: center;">Factores Externos</p>	<p style="text-align: center;">Fortalezas (F)</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Disposición de la gerencia por mejorar el sistema centralizado de lubricación. ❖ . ❖ Personal altamente comprometido con su trabajo dispuesto a mejorar. ❖ Utilización de sistemas de información con tecnología de punta. 	<p style="text-align: center;">Debilidades (D)</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Deficiencia en el cumplimiento del método operativo de trabajo. ❖ Déficit de repuestos. ❖ Ausencia del registro y control de fallas del sistema centralizado de lubricación. ❖ Falta de inspección del sistema y sus componentes.
<p style="text-align: center;">Oportunidades (O)</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Posibilidad de adiestramiento laboral. ❖ Cartera de proveedores de repuestos CIRVAL y LINCOLN a nivel nacional e internacional. ❖ Manejo de un sistema que permite registrar las fallas del sistema centralizado de lubricación y sus componentes. ❖ Apoyo técnico de empresas reconocidas. 	<p style="text-align: center;">Estrategias (FO)</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Brindar la capacitación constante del personal en cuanto al método operativo de trabajo. ❖ Proponer el uso del sistema para registrar las fallas del sistema centralizado de lubricación y sus componentes, con la finalidad de tener una información confiable. ❖ Solicitar el apoyo de la Gerencia para crear alianzas estratégicas entre los proveedores de repuestos CIRVAL y LINCOLN, para mejorar el stock de repuestos, y además brinden asesorías técnicas en cuanto al correcto funcionamiento de los equipos que componen el sistema centralizado de lubricación. 	<p style="text-align: center;">Estrategias (DO)</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Proponer la capacitación constante del personal del área en cuanto al método operativo de trabajo en el sistema centralizado de lubricación. ❖ Promover alianzas estratégicas con as empresas proveedoras de repuestos, a fin de mantener un stock óptimo de repuestos. ❖ Proponer entre el personal de supervisión el cumplimiento del registro y control de las fallas del sistema centralizado de lubricación. ❖ Incorporar rutinas de inspección y control del sistema centralizado de lubricación.
<p style="text-align: center;">Amenazas (A)</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Alto índice de inflación debido a la situación económica del país. ❖ Devaluación de la moneda. ❖ Inasistencia técnica. ❖ Cambios tecnológicos acelerados demandan una actualización constante. 	<p style="text-align: center;">Estrategias (FA)</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Optimizar los recursos humanos, financieros y materiales. ❖ Actualizar constantemente los sistemas para reducir los cambios tecnológicos acelerados a fin de optimizar el proceso de registro y control de fallas del sistema centralizado de lubricación. 	<p style="text-align: center;">Estrategias (DA)</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Desarrollar programas de capacitación al personal para incrementar su desempeño operativo. ❖ Mejorar los métodos y prácticas operativas para la ejecución de las actividades de inspección, para la adecuada detención de fallas del sistema centralizado de lubricación y sus componentes.

5.2 Calculo de las pérdidas por tramo de tuberías y accesorios de las tuberías principales existentes en el sistema centralizado de lubricación

Tomando en consideración, que el sistema centralizado de lubricación para poder transportar la grasa a los bastidores y distintos puntos del tren de laminación de barras, necesitan de una red de tuberías las cuales, se encuentran distribuidas a lo largo de todo el tren, cuyo diámetro es de 20 mm, por cuanto pertenecen al diseño original de la planta.

No obstante, cuando el sistema de tuberías dejó de funcionar, se debió reemplazar un tramo de la tubería principal que pertenece al tren desbastador e intermedio I, por una tubería de mayor diámetro, por cuanto, los sistemas centralizados de lubricación CIRVAL que fueron instalados en ese momento, trabajan con tuberías principales de entre 1 ½” y 2”, para que su funcionamiento fuera el más óptimo posible. Esta nueva central de grasa se conoce ahora como la central de grasa I.

Por su parte, la tubería principal que alimenta de grasa al resto de los bastidores del intermedio II, terminador I y terminador II, actualmente sigue siendo la tubería original de 20 mm de diámetro, la cual se encuentra deteriorada en algunas secciones por efecto del tiempo, por cuanto tiene en funcionamiento más de 34 años desde su instalación. Esta tubería es alimentada por la central de grasa II, que consiste en tambor de grasa y una bomba neumática BCN-221-A.

Ahora bien, como la distancia que existe entre la central de grasa II y el último bastidor del tren laminador (Bastidor 22-1) es de 67.956 m de longitud, tomando en consideración el diámetro interno de la tubería es de 14 mm, y que este sistema fue diseñado originalmente para trabajar con una bomba de bajo caudal y de alta presión, totalmente opuesto a lo que ofrece cualquier bomba

neumática, por ello es de esperarse que el rendimiento del mismo no sea el requerido por las exigencias del tren laminador.

Con el propósito de calcular las pérdidas por tramo de tuberías y accesorios de las tuberías principales existentes en el sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras se procedió a calcular primero la presión de salida de la tubería de alimentación de cada bastidor considerando su diseño original.

5.2.1 Presión a la salida de la tubería de alimentación de cada bastidor tomando en consideración su diseño original

En este caso en particular se tomaron los datos correspondientes al diseño original de la tubería principal, es decir la que alimenta de grasa al tren intermedio II, terminador II, y terminador I, para abastecer a los bastidores del 12 al 22-1, pertenecientes a la central de grasa II LINCOLN. Para ello, se tomó como base una presión inicial (P_1) a la salida de la bomba de 120 bar, de igual forma se procedió, a medir la distancia que existe desde la central de grasa hasta cada uno de los puntos existentes en los bastidores.

La medición de presión al final de la tubería principal que alimenta a cada bastidor a lo largo del tren laminador de barras, utilizando un manómetro, marca WIKA con Rango: 0-600 bar, facilitado por el personal de SIDOR. Para lo cual se debió desconectar la alimentación principal en cada bastidor, uno a la vez, para conectar el manómetro y poder registrar la lectura del mismo, una vez arrancada la bomba. Los resultados que se obtuvieron de las lecturas realizadas en cada uno de los bastidores, se muestran a continuación en la tabla 5.5 y figura 5.4.

Tabla 5.5 Presión de salida de la tubería principal por bastidor. (Vidal N, 2020).

Tren	Bastidores	Presión (bar)	Distancia (m)
INTERMEDIO II	18	50	22,144
	17	50	25,864
	16	48	29,387
	15	41	32,94
TERMINADOR II	20-II	39	38,309
	22-II	35	44,82
TERMINADOR I	19-I	23	56,416
	20-I	20	61,686
	21-I	19	64,956
	22-I	19	67,956

Tal como se evidencia en la tabla anterior, la presión va disminuyendo, de manera más o menos progresiva, a medida que los bastidores se van alejando de la central de grasa II, por cuanto esta se encuentra ubicada entre el tren intermedio II y el terminador II (ver anexo 2.1), por lo tanto, la grasa fluye del bastidor 15 al 18 en el Intermedio II y del bastidor 20-II al 22-1 en los terminadores I y II.

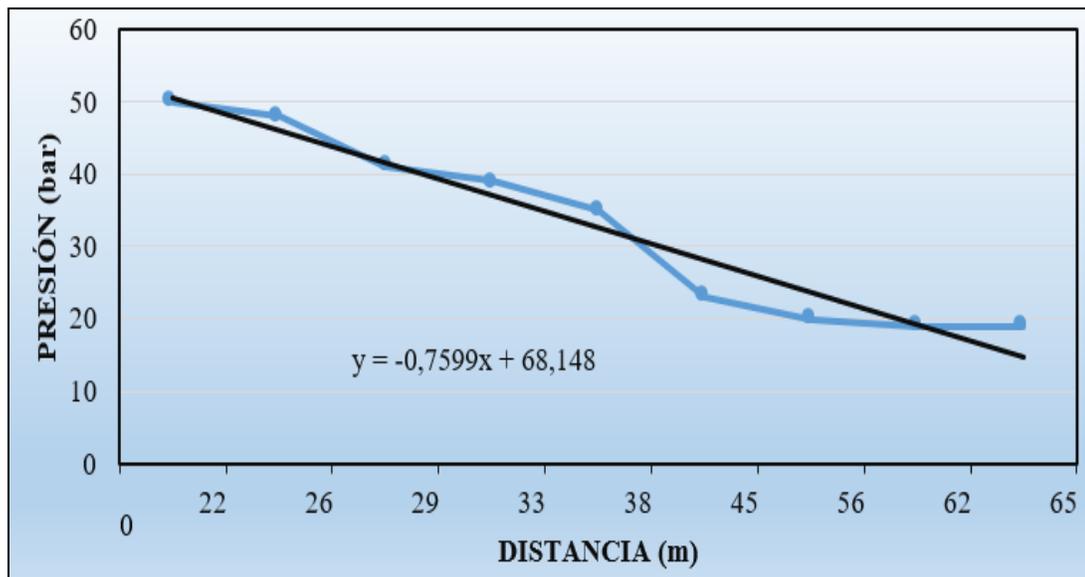


Figura 5.4 Ecuación de la tendencia lineal de la presión. (Vidal N, 2020).

Cabe destacar, que la diferencia de presión entre los bastidores 20-II y 22-I es

relativamente alta (20bar), en comparación a la diferencia de presión entre los bastidores 15 y 18 (9bar), porque el recorrido de la tubería del intermedio II con respecto a la central de grasa II es casi la mitad con relación a la de los terminadores I y II, como se puede apreciar en la tabla 5.5.

Conforme a los resultados obtenidos directamente de la propia tubería, y a pesar de que nunca se realizaron este tipo de mediciones a la central de grasa LINCOLN, se podría asegurar que en ese caso los resultados hubieran sido unos valores de presión más altos a la salida de cada bastidor y, por lo tanto, las diferencias de presión entre los extremos de la tubería y la central de grasa serían menores, ya que esta central de grasa LINCOLN fue diseñada especialmente para este diámetro de tubería, ya que trabaja con bajo caudal y alta presión.

En cambio, una bomba neumática aporta mayor caudal y menor presión, lo cual provocaría una mayor pérdida de presión a lo largo de la tubería, ya que existe una relación directamente proporcional entre el caudal y la velocidad ($v=Q/A$), además, a medida que aumenta la velocidad de un fluido que viaja por una tubería, mayor serán las pérdidas de presión a lo largo de la tubería.

5.2.1.1 Pérdidas por tramo de tuberías considerando su diseño original

Para realizar el cálculo de las pérdidas por tramo de tuberías, se procedió hallar el esfuerzo cortante (Pa), la presión final (P2), la longitud del tramo de tubería en estudio (L1) en metros, así como el radio (r) de la tubería en metros, además de la densidad la grasa (ρ) utilizada por el sistema centralizado de lubricación. Cabe destacar que los cálculos fueron efectuados de manera individual sobre cada bastidor que integra el tren intermedio II, terminador II y terminador I, tal como se observa en la tabla 5.6 y figura 5.5.

Tabla 5.6 Pérdidas de energía por tramo de tuberías. (Vidal N, 2020).

Tren	Bastidores	Pérdidas	Distancia (m)
INTERMEDIO II	18	772,68	22,144
	17	772,74	25,864
	16	795,15	29,387
	15	872	32,94
TERMINADOR II	20-II	894,12	38,309
	22-II	938,23	44,82
TERMINADOR I	19-I	1070,64	56,416
	20-I	1104,2	61,686
	21-I	1114,94	64,956
	22-I	1114,83	67,956

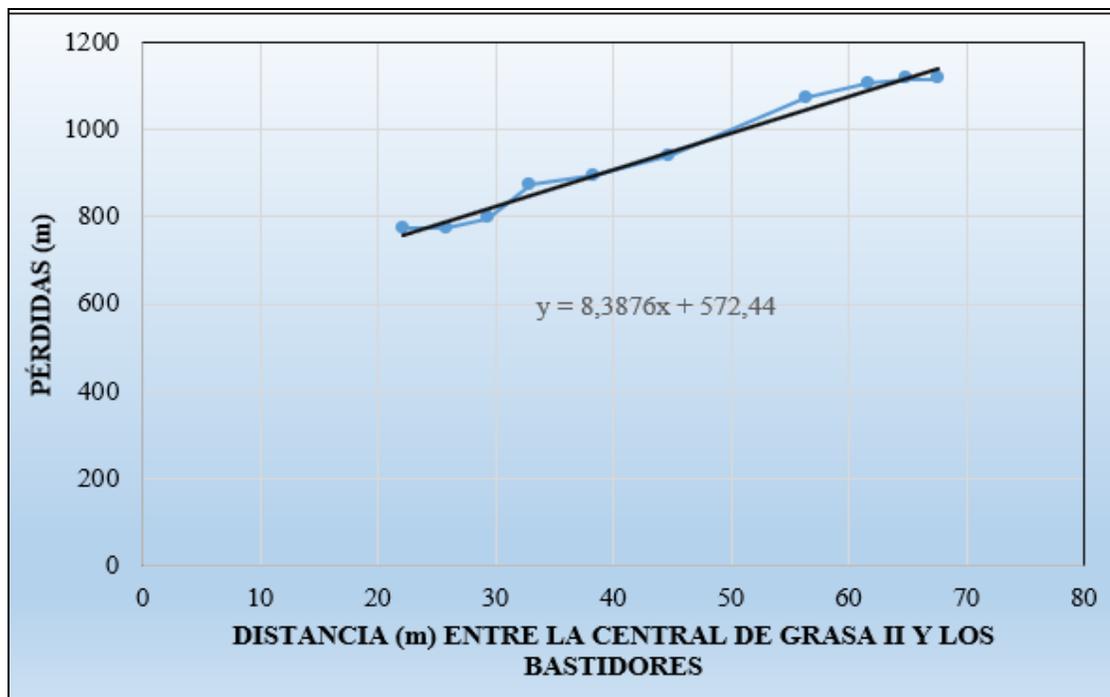


Figura 5.5 Ecuación de tendencia lineal de pérdidas de energía. (Vidal N, 2020).

Tal como se aprecia en la tabla anterior, las pérdidas por tramo de tuberías presentan un comportamiento lógico, ya que a medida que los bastidores se alejan de la central de grasa II las pérdidas aumentan progresivamente, como se puede apreciar en la gráfica 2, lo cual significa que la mayor parte de la energía generada por la

central de grasa II se va perdiendo durante el recorrido a medida que nos acercamos a los bastidores que están en los extremos de las tuberías principales del sistema.

5.2.2 Tubería principal instalada en el tren desbastador e intermedio I

Conforme a lo expuesto anteriormente, el tren desbastador e intermedio I cuentan con una estación central de bombeo CIRVAL, la cual entró en funcionamiento hace trece (13) años aproximadamente, ya que se debió reemplazar toda la tubería principal por una de mayor diámetro, por cuanto de acuerdo con las exigencias de los sistemas centralizados de lubricación CIRVAL la tubería principal debe tener un diámetro nominal entre 1 ½” y 2”.

La distribución y diseño de la central de grasa I, con las respectivas tuberías se puede apreciar en el Anexo 4. A continuación se detallan las mediciones de la presión (bar) a cada uno de los bastidores que se encuentran en el intermedio I y desbastador del tren de laminación de barras de SIDOR.

5.2.2.1 Presión a la salida de la tubería del sistema centralizado de lubricación que alimenta a cada bastidor del tren desbastador e intermedio I del tren de laminación de barras

Para medir la presión de salida de la tubería del sistema centralizado de lubricación que alimenta a cada uno de los bastidores del tren desbastador e intermedio I del tren de laminación de barras de SIDOR, primero se conoció la presión inicial (P_1) a la salida de la bomba la cual es de 95 bar. A partir de esta se obtuvieron las lecturas en cada uno de los bastidores, tal como se muestra en la tabla 5.7 y figura 5.6.

Tabla 5.7 Presión de tubería sistema centralizado de lubricación. (Vidal N, 2020).

Tren	Bastidores	Presión (bar)	Distancia (m)
INTERMEDIO I	13	62	22,651
	12	57	27,686
DESBASTADOR	8	58	44,795
	7	55	47,141
	6	54	49,441
	5	53	51,741
	4	48	50,99
	3	47	64,385
	1	50	60,385

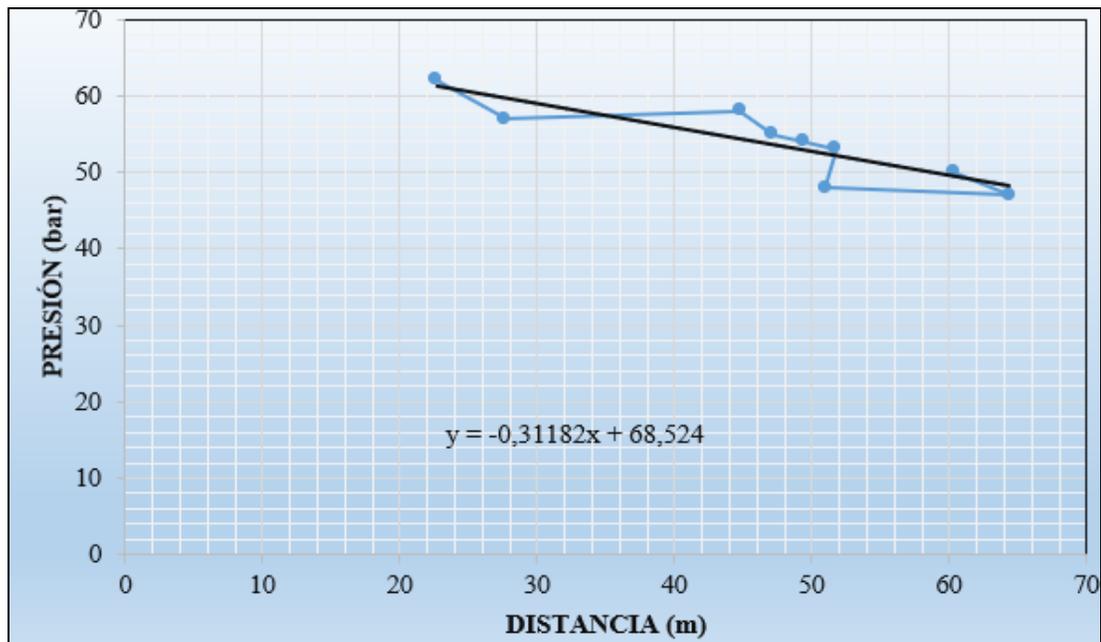


Figura 5.6 Ecuación de tendencia lineal de presión de la tubería. (Vidal N, 2020).

Se puede apreciar que las lecturas de presión en este caso son considerablemente mayores a las obtenidas en el tren intermedio II, terminador I y terminador II, en cuyo caso el diámetro de la tubería principal era de 20mm, en cambio la tubería que alimenta el tren desbastador e intermedio I tiene un diámetro nominal de 2", lo cual indica indudablemente que al aumentar el diámetro de la tubería principal de un sistema centralizado de lubricación, las pérdidas de energía

a lo largo de la tubería disminuirán, ya que existe una relación inversamente proporcional entre la sección transversal del conducto y las pérdidas por tramo de tuberías.

5.2.2.2 Pérdidas por tramo de tubería, tren desbastador e intermedio I

El sistema centralizado de lubricación, correspondiente al tren desbastador e intermedio I, consta de secciones de tuberías de varios diámetros, ya que al no haberse podido contratar oportunamente una empresa de obras civiles, para que demoliera el cemento (Grouting) que se encontraba empotrando las viejas tuberías del diseño original, la mayoría de estos tramos no se pudieron reemplazar, por lo que se soldaron a la nueva tubería, por lo tanto, este sistema de tubería consta de tres diámetros distintos a lo largo de su tendido (20mm, 1" y 2").

Considerando lo anteriormente expuesto, se decidió utilizar, por conveniencia, la ecuación general de la energía (10), de la cual si se despejan las pérdidas de energía solamente necesitaríamos para estos cálculos las variables de diferencia de presión (Δp), velocidades, peso específico de la grasa (γ), y altura con respecto a la bomba (Δz), como se muestra a continuación:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{(V_1)^2}{2g} + Z_1 - (hf + hs) = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{(V_2)^2}{2g} + Z_2 \quad (5.1)$$

$$hf + hs = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + \frac{(V_1)^2 - (V_2)^2}{2g} + Z_1 - Z_2 \quad (5.2)$$

Donde:

P_1 = Presión en el punto 1

P_2 =Presión en el punto 2

Y =Peso específico

g =Gravedad

Z_1 =Carga de elevación 1

Z_2 =Carga de elevación 2

V_1 =Velocidad

V_2 =Velocidad 2

h_s =Energía que se agrega

h_f =Energía removida

A continuación, el cálculo del peso específico:

$$\gamma = \rho g = \left(923 \frac{kg}{m^3} \right) \left(9,81 \frac{m}{s^2} \right) \Rightarrow$$

$$\gamma = 9054,6 \text{ N/m}^3$$

Antes se deben calcular las velocidades del fluido correspondientes a cada diámetro de la tubería. Considerando que existe una relación directa entre el diámetro de una tubería y la velocidad a la cual se desplaza un fluido a través de ella, se recomienda emplear la ecuación de continuidad para cualquier fluido.

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 \quad (5.3)$$

Donde:

A_1 =Área de entrada 1

A_2 =Área de entrada 2

V_1 =Velocidad 1

V_2 =Velocidad 2

Considerando la grasa como un fluido incompresible, entonces los términos ρ_1 y ρ_2 de la ecuación serían iguales, entonces la ecuación queda de la siguiente manera:

$$A_1V_1 = A_2V_2 \quad (5.4)$$

Puesto que $Q = Av$, entonces:

$$Q_1 = Q_2 \quad (5.5)$$

Donde:

Q = Flujo

A = Area

v = velocidad

Lo que quiere decir que el caudal en cualquier sección de la tubería es el mismo. Al despejar v_2 , nos queda:

$$v_2 = \frac{A_1v_1}{A_2} \quad (5.6)$$

La tubería de diámetro nominal 2" Calibre 40, posee un diámetro interno de 0,052 m, y un área de flujo de 0,002168 m², según la tabla F.1 de Robert Mott (4^a ed.), entonces:

$$A_1 = 0,002168 \text{ m}^2$$

La tubería de diámetro nominal 1" Calibre 40, posee un diámetro interno de 0,0266 m, y un área de flujo de 0,000557 m², según la tabla F.1 del Robert Mott (4^a ed.), entonces:

$$A_2 = 0,000557 \text{ m}^2$$

En el caso particular de la central de crasa I, y considerando que el diámetro de la tubería de 20mm es de 14mm, por cuanto el espesor de sus paredes es de 3mm, entonces se procedió a calcular el área de flujo de la siguiente manera:

$$A = \pi r^2 \tag{5.7}$$

Donde:

A = área.

π = pi.

r = radio.

$$A_1 = \pi(0,007\text{m})^2 = 0,000154 \text{ m}^2$$

Considerando que la bomba de la central de grasa I posee un caudal de 563 cm³/min ó 9,38x10⁻⁶ m³/s, entonces, la velocidad del flujo (v_1) para la tubería de 2" es:

$$v_1 = \frac{Q_1}{A_1} = \frac{9,38 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}{0,002168 \text{ m}^2}$$

$$v_1 = 0,0043 \text{ m/s}$$

Para calcular la velocidad del flujo (V_1) para la tubería de 1" se aplicará la siguiente ecuación:

$$v_2 = \frac{A_1 v_1}{A_2}$$

$$v_2 = \frac{(0,002168 \text{ m}^2) (0,0043 \text{ m/s})}{0,000557 \text{ m}^2}$$

$$v_2 = 0,0167 \text{ m/s}$$

De igual manera, aplicará la misma ecuación para la tubería de 20 mm

$$v_2 = \frac{A_2 v_2}{A_2}$$

$$v_2 = \frac{(0,000557 \text{ m}^2) (0,0167 \text{ m/s})}{0,000557 \text{ m}^2}$$

$$v_2 = 0,06 \text{ m/s}$$

5.2.2.3 Pérdidas de energía en las tuberías del sistema centralizado de lubricación de la central de grasa I que alimenta los bastidores del tren desbastador e intermedio I

Para realizar los cálculos correspondientes a las pérdidas de energía en las tuberías del sistema centralizado de lubricación de la central de grasa I, primero se midió el diámetro de las mismas. Ahora bien, como los únicos bastidores que tienen una tubería de alimentación de 1" son el 8 y el 13, y el resto de ellos tienen una tubería de alimentación de 20mm, lo cual se verá reflejado en los cálculos a la hora de incluir los datos de las velocidades en la ecuación. Tal como se muestra en la tabla 5.8.

Tabla 5.8 Pérdidas de energía en la tubería principal. (Vidal N, 2020).

Tren	Bastidores	Pérdidas (m)	Distancia (m)
INTERMEDIO I	13	345,23	22,651
	12	415,72	27,686
DESBASTADOR	8	387,55	44,795
	7	437,81	47,141
	6	448,85	49,441
	5	460	51,741
	4	515,12	50,99
	3	526,17	64,385
	1	493,03	60,385

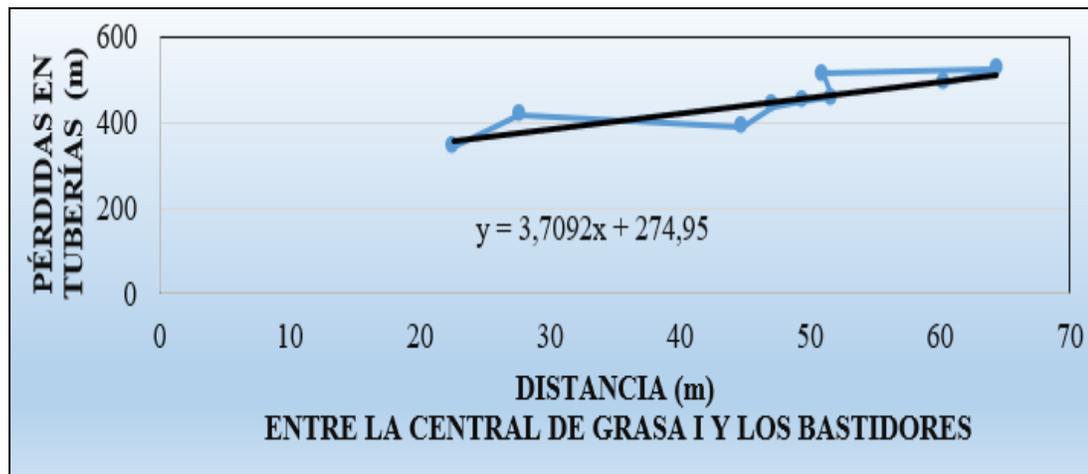


Figura 5.7 Ecuación de tendencia lineal de pérdidas por energía (Vidal N, 2020).

Tal como se muestra en la figura 5.7, los resultados obtenidos de las pérdidas por tramo de tubería en el sistema centralizado de lubricación del tren desbastador e intermedio I, son considerablemente bajas en comparación a las obtenidas cuando se realizaron los cálculos en los tramos de tuberías principales del sistema centralizado correspondiente a los trenes intermedio II, terminador I y terminador II, ver tablas 5.6. Esto se debe a que la tubería principal de diámetro 20mm, en cambio la tubería principal del sistema centralizado de lubricación del tren desbastador e intermedio I posee un diámetro nominal de 2“, cuyos resultados se encuentran en un rango de (345-494) m.

En líneas generales, esto evidencia que el hecho de haber sustituido la tubería principal en este sistema centralizado de lubricación por una de mayor diámetro trajo consigo una mejora importante, si consideramos la disminución de las pérdidas por fricción lo cual se ve reflejado en un aumento de la presión en los extremos de la tubería principal a medida que esta se aleja de la estación central de bombeo, situación que resulta ideal para todo el sistema que posee un extenso tendido de tubería.

5.2.2.4 Cálculo de las presiones y pérdidas por tramo de tubería, considerando la posibilidad de seccionar la tubería principal

Para el cálculo de la presión (P) se tomó en consideración la ecuación de la recta que se muestra en la figura 5.4

$$y = -0,7599x + 68,148$$

Sabiendo que el eje de las “Y” corresponde a los valores de presión (P) y el de las “X” a los valores de las distancias (L), las cuales se pueden apreciar en la tabla 5.9. Se obtuvieron entonces los valores aproximados de las presiones que se obtendrían a las salidas de las tuberías, que alimentan a cada bastidor, una vez se realice el seccionamiento de la tubería principal de grasa en tres tramos.

$$P = -0,7599L + 68,148$$

Para ver los cálculos a través de los cuales se obtuvieron los valores de la tabla 5.9.

Tabla 5.9 Presión por bastidor. (Vidal N, 2020).

Tren	Bastidores	Presión	Distancia (mts)
INTERMEDIO II	18	51	22,144
	17	49	25,864
	16	46	29,387
	15	43	32,94
TERMINADOR II	20-II	43	32,722
	22-II	50	23,425
TERMINADOR I	19-I	58	13,739
	20-I	54	19,009
	21-I	51	22,279
	22-I	47	27,663

Una vez calculadas las presiones de los bastidores se procedió a calcular las pérdidas (hf), considerando la ecuación de la recta obtenida, de la siguiente forma:

$$y = 8,3876x + 572,44$$

Sabiendo que el eje de las “Y” corresponde a los valores de las pérdidas de presión (hf) y el de las “X” a los valores de las distancias (L), las cuales se pueden apreciar en la tabla 5.9. Se obtuvieron entonces, los valores aproximados de las pérdidas de energía por tramos de tuberías que se obtendrían a lo largo de la tubería, al seccionar la tubería principal de grasa en tres tramos, cuyos valores se pueden apreciar en la tabla 5. 10.

$$hf = 8,3876x + 572,44$$

Para visualizar los cálculos de las pérdidas de energía a través de los cuales se obtuvieron los valores de la tabla 5.10.

Tabla 5.10 Pérdidas de energía. (Vidal N, 2020).

Tren	Bastidores	Pérdidas	Distancia (mts)
INTERMEDIO II	18	758,17	22,144
	17	789,37	25,864
	16	818,92	29,387
	15	84,8,72	32,94
TERMINADOR II	20-II	846,89	32,722
	22-II	768,91	23,425
TERMINADOR I	19-I	687,67	13,739
	20-I	731,87	19,009
	21-I	759,30	22,279
	22-I	804,46	27,663

5.2.2.5 Presión a la salida de la tubería de alimentación de cada bastidor después de haber seccionado la tubería

Considerando que la presión inicial (P_1) a la salida de la bomba es de ciento veinte (120 bar), se obtuvieron las siguientes lecturas en cada uno de los bastidores del tren de laminación intermedio II, terminador II y terminador I, tal como se muestra en la tabla 5.11.

Tabla 5.11 Presión por bastidor. (Vidal N, 2020).

Tren	Bastidores	Presión	Distancia (mts)
INTERMEDIO II	18	52	22,144
	17	51	25,864
	16	50	29,387
	15	48	32,94
TERMINADOR II	20-II	42	32,722
	22-II	44	23,425
TERMINADOR I	19-I	54	13,739
	20-I	50	19,009
	21-I	46	22,279
	22-I	45	27,663

Pérdidas por tramo de tubería, después de haber seccionado la tubería principal: según los datos obtenidos por el proveedor, la tubería en estudio posee un diámetro externo de veinte milímetros (20mm) y un espesor de sus paredes de tres milímetros (3mm), lo cual significa que su diámetro interno es de catorce milímetros (14mm). Conforme a la información suministrada por la empresa “Moliven” proveedor de la grasa empleada en el sistema centralizado de lubricación, la densidad de la grasa es de $\rho = 923Kg/m^3$ (Ver tabla 5.12).

Tabla 5.12 Pérdidas de energía. (Vidal N, 2020).

Tren	Bastidores	Pérdidas	Distancia (mts)
INTERMEDIO II	18	750,93	22,144
	17	761,77	25,864
	16	772,74	29,387
	15	794,80	32,94
TERMINADOR II	20-II	861	32,722
	22-II	839,31	23,425
TERMINADOR I	19-I	728,57	13,739
	20-I	772,70	19,009
	21-I	816,88	22,279
	22-I	828,27	27,663

A continuación, se detallan las figuras correspondientes a los datos arrojados por las pérdidas de tuberías y la distancia entre la central de grasa II y los bastidores del tren intermedio II. (Ver figura 5.8)

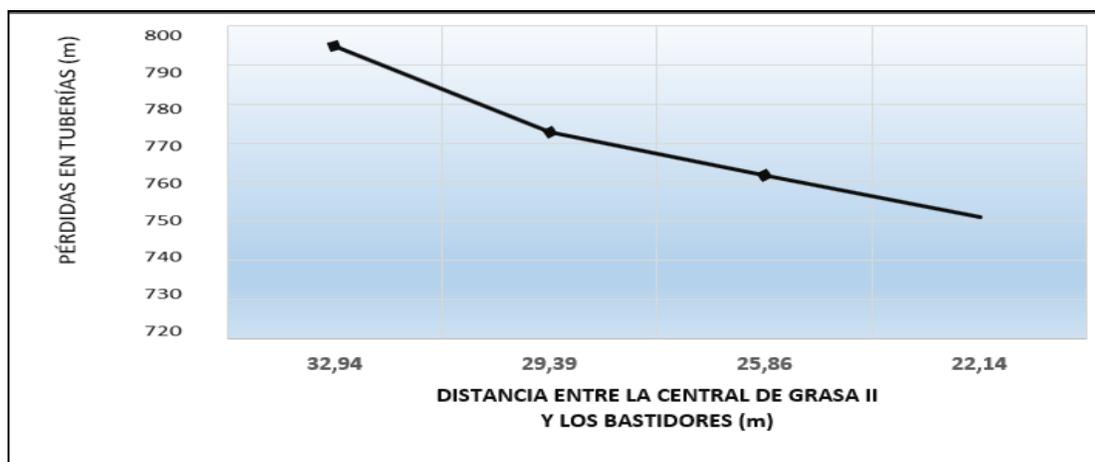


Figura 5.8 Pérdidas de energía, tren intermedio II. (Vidal N, 2020).

Posteriormente, se procedió a graficar las pérdidas de energía después de seccionar la tubería original del sistema centralizado de lubricación, tomando como base la distancia entre la central de grasa III y los bastidores del tren terminador II, tal como se observa en la figura 5.9.



Figura 5.9 Pérdidas de energía tubería del tren terminador II. (Vidal N, 2020).

Seguidamente, se procedió a graficar las pérdidas de energía después de seccionar la tubería original del sistema centralizado de lubricación, tomando en consideración los datos obtenidos de la distancia que existe entre la central de grasa III. (Ver figura 5.10)

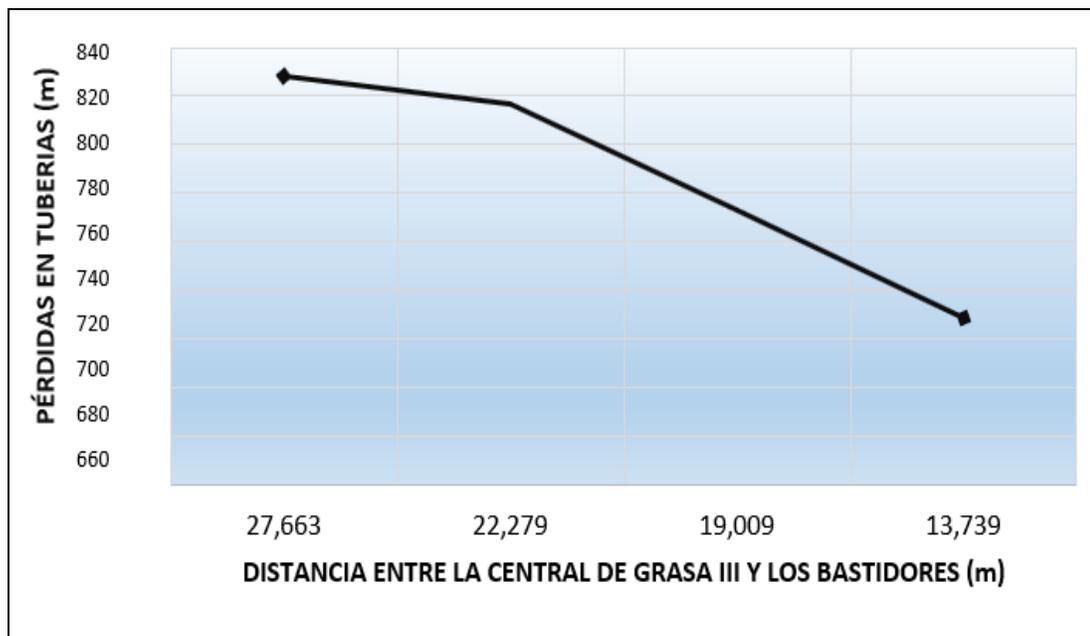


Figura 5.10 Pérdidas de energía tren terminador I. (Vidal N, 2020).

Las pérdidas por tramo de tuberías después de haber seccionado la tubería principal en tres partes (intermedio II, terminador I y terminador II) y, además haber

colocado una central de grasa adicional entre los terminadores I y II, disminuyeron considerablemente, con respecto a los valores obtenidos de las pérdidas cuando éstas se calcularon considerando el diseño original de la tubería principal de grasa, esto es una señal de que con el simple hecho de haber seccionado la tubería principal en tres partes y haber colocado una central de grasa adicional, ya representa una mejora considerable en el rendimiento del sistema centralizado de lubricación, a pesar de que no se alteró en ningún momento el diámetro de las tuberías.

Al revisar el comportamiento de las gráficas 3, 4 y 5 se puede apreciar como las pérdidas por fricción disminuyeron considerablemente, en términos generales, manteniéndose ahora en un rango aproximado de entre 750 y 829 m, en cambio antes de seccionar la tubería principal el rango, de las pérdidas por fricción, estuvo aproximadamente entre 772 y 1115 m, como se puede apreciar en la tabla 6. Este comportamiento es debido a que ahora existe una central de grasa para cada tren del laminador, la central II lubrica desde el bastidor 18 al 15 y en esa misma dirección. Mientras que la central III lubrica, si están laminando por la línea I, desde el bastidor 19-I al 22-I y en esa misma dirección, y si están laminando por la línea II desde el bastidor 22-II al 20-II fluyendo la grasa en esa misma dirección.

Se puede apreciar también, que los resultados obtenidos con la aplicación del modelo matemático en el paso (6.1.3.1), fueron bastante ajustados a la realidad, lo cual se puede observar al comparar estos resultados con los obtenidos después de haber seccionado la tubería principal en tres partes.

En la tabla 5.13 se realizó una comparación de las pérdidas de energía y presiones antes y después de haber seccionado la tubería principal.

Tabla 5.13 Comparación entre pérdidas de energía y presión. (Vidal N, 2020).

Tubería con Diseño Original			Tubería seccionada		
Pérdidas	Presión (bar)	Distancia (m)	Pérdidas	Presión (bar)	Distancia (m)
772,68	50	22,144	750,93	52	22,144
772,74	50	25,864	761,77	51	25,864
795,15	48	29,387	772,74	50	29,387
872	41	32,94	794,8	48	32,94
894,12	39	38,309	861	44	32,722
938,23	35	44,82	839,31	42	23,425
1070,64	23	56,416	728,57	54	13,739
1104,2	20	61,686	772,7	50	19,009
1114,94	19	64,956	816,88	46	22,279
1114,82	19	67,596	828,27	45	27,663

5.2.2.6 Cálculo de las pérdidas por accesorios

Atendiendo a lo expresado por Fernández, P. (2003) en cuanto a los cálculos de las pérdidas por accesorios también denominadas pérdidas locales, o por accidentes, en los casos donde se deben calcular las pérdidas de energía en sistemas de tuberías:

Se admite que, si la conducción tiene una longitud superior a mil veces el diámetro de la tubería, el error que se comete despreciando las pérdidas por accidentes, es menor que el que se cometería en el cálculo de las pérdidas continuas. Por lo tanto, en estos casos, se pueden despreciar las pérdidas por accesorios. Por su parte, Zubicara, M. y Fernández, J. (2008) argumentan que “de acuerdo con la importancia de las pérdidas, las tuberías se clasifican de la siguiente forma:

a) Cortas; $L < 4r$, donde r es el radio y L la longitud de la conducción. En estas tuberías cortas, las pérdidas por fricción son despreciables comparadas con las pérdidas locales.

b) Medias; $400r > L > 4r$; importante por igual las pérdidas locales que las de fricción.

c) Largas; $L > 400r$; las pérdidas locales son despreciables comparadas con las pérdidas de fricción”.

En este contexto, las pérdidas locales por accesorios pueden ser despreciadas en las tuberías largas, cuya extensión supere 4000 veces el diámetro. Se desprecian todavía en las tuberías en que la velocidad es baja y el número de piezas especiales no es grande. Así, por ejemplo, las pérdidas locales no son tomadas en cuenta en los cálculos de las líneas de conducción, redes de distribución, entre otros. Tomando en consideración todo lo anteriormente expuesto, las pérdidas de energía por accesorios no serán tomadas en cuenta para el estudio de este sistema centralizado de lubricación.

5.3 Evaluación del funcionamiento, componentes y características técnicas del sistema centralizado de lubricación que existe actualmente

En vista de que, el sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras consta de dos centrales de grasa para poder distribuir la grasa a todos los puntos del tren antes mencionado, la evaluación del funcionamiento, componentes de este sistema se realizó en cada central por separado, es decir, en la estación central de bombeo de grasa I cuyos componentes originales CIRVAL y la central de grasa II que es un híbrido de componentes LINCOL y otras marcas de repuestos.

Cabe destacar que, para la evaluar el funcionamiento de ambas centrales de grasa se contó con el apoyo del supervisor del área. De igual forma, se verificó el historial de fallas de las mismas, con el propósito de tener una mejor comprensión de estos. Asimismo, se realizó una lista de chequeo por separado del sistema en

estudio.

5.3.1 Evaluación del funcionamiento de la estación de bombeo perteneciente a la central de grasa I (CIRVAL)

El sistema CIRVAL es un sistema de distribución de lubricante de doble línea que funciona con un circuito eléctrico que trabaja con una alimentación de 110W de conexión en paralelo, pues las válvulas se conectan en paralelo con el objeto de minimizar las pérdidas de presión. Por lo tanto, la única variable que afecta a la pérdida de carga del sistema es la resistencia ofrecida por la tubería principal.

Cabe destacar que, la evaluación del funcionamiento del sistema centralizado de lubricación se realizó en compañía del supervisor del área del tren de laminación de barras de la empresa, para ello, se procedió a medir la presión de salida de la grasa en cada uno de los bastidores.

A continuación se describe el funcionamiento de todos los componentes que integran la central de grasa I (CIRVAL).

Este sistema cuenta con una estación central de bombeo modelo ECB-DC-42, la cual se encarga de suministrar la grasa a los distintos puntos de acceso, para ello cuenta una bomba doble pistón BCE-DJ4 que se emplea para trabajar sin válvulas de retención asegurando de esta manera el correcto funcionamiento del sistema. Esta unidad de bombeo que toma lubricante del depósito y lo impulsa a través de las válvulas de control VCC-21 a las dos líneas principales. Para el adecuado funcionamiento de los distribuidores, es necesario que exista una presión diferencial entre las dos líneas de suministro, es decir, que una debe estar bajo presión mientras la otra debe estar despresurizada mediante una conexión de retorno al tanque de la central.

Este efecto lo comanda una válvula inversora VCI-R-40 a través de la cual simultáneamente mientras se inyecta lubricante por una línea, se conecta la otra a descarga. Debido a la consecuente presurización de la primera línea los distribuidores se accionan descargando una cantidad de lubricante a los puntos correspondientes. Una vez que todos los distribuidores han realizado una primera descarga, en la línea presurizada irá aumentando la presión, de manera automatizada hidráulicamente por la válvula inversora que procede automáticamente a un cambio de vía o inversión.

De esta manera, se coloca la línea que anteriormente estaba siendo presurizada en descarga al tanque, y consecuentemente se permite que la segunda línea comience a recibir la inyección de lubricante, permitiendo de esta manera que los distribuidores completen una segunda descarga, cumpliéndose así un ciclo de lubricación. La válvula inversora emite una señal por cada ciclo realizado, la cual es tomada por la central electrónica de comando que contabiliza dichos ciclos, y dispondrá los sucesivos períodos de funcionamiento del sistema. Este sistema se conoce como sistema cerrado o con retorno, donde la válvula inversora de accionamiento hidráulico, es la encargada de realizar el cambio de vía.

La Bomba neumática BCN-85-A, está destinada para la alimentación de los sistemas de lubricación centralizada, que funcionan con grasa en los cuales, hay distribuidores progresivos instalados en puntos estratégicos para su dosificación. Esta es accionada mediante un pistón de efecto simple alimentado por aire comprimido. El Filtro de línea Cirval modelo TF-1, es el encargado de retener las partículas extrañas que entran al lubricante previniendo de daños en los componentes del sistema de lubricación. Estos poseen una válvula de alivio incorporada y tienen un detector de colapso que evita la rotura del elemento filtrante.

Las redes de distribución estas son las encargadas de llevar el lubricante hacia una zona determinada en las líneas de corte las barras hasta donde se encuentran los

bastidores, cada una de estas redes está constituida por tuberías de 1" ½ y 2" de acero inoxidable con un diámetro de 20 mm por el que viaja la grasa hasta cada uno de los puntos de dosificación (bastidores).

La electroválvula está ubicada a la salida de cada ramal, son válvulas que se encuentran normalmente abiertas y estas se utilizan para controlar los tiempos de lubricación en cada bastidor y así satisfacer las necesidades del sistema en cada punto. El control consta de un sistema de control lógico programable (PLC) capaz de realizar el procesamiento de señales basándose en un programa establecido, posee una interface gráfica para la operación. Desde acá se inicia todo el sistema activando la bomba centrífuga y el sistema de redes de las líneas de producción, estas redes están sujetas a los tiempos que se programa en la electroválvula de cada línea.

En el sistema de lubricación centralizada los elementos de instrumentación, control y tuberías son de vital importancia ya que, estos elementos rigen la filosofía de operación del sistema, estableciendo los rangos sobre los cuales se debe operar y mostrando permanentemente el estado de las variables de operación. Los accesorios más comunes en este tipo de instalaciones son los siguientes: TEE de Cobre (Cu) 137 – B ¼" NPT, Manguera de alta presión de Ø10 mm cubierta de goma, Tubería de Acero comercial de Ø3/8" por donde pasa la grasa, Tubería de acero comercial de Ø3/8" por donde pasa el aire.

En cuanto al funcionamiento de los distribuidores modelo DCM-250 de doble línea gracias a diseño se simplifica considerablemente la planificación, instalación y mantenimiento de los sistemas de lubricación, además permite minimizar los costos de inventario. Esto se logra debido a su fabricación modular que permite el ensamble de 1 a 4 módulos dosificadores por distribuidor, sobre cada uno de los bastidores. De esta manera cada uno de ellos es fácilmente removible sin necesidad de desconectar

el tendido de las tuberías principales o secundarias.

El módulo dosificador puede alimentar dos puntos de lubricación (salida doble) o unificar la descarga, duplicándola mediante el “cross porting” si se desea alimentar un único punto (salida simple superior o inferior). Estos distribuidores cuentan además con regulación de caudal independiente. En líneas generales esta central de grasa y sus componentes se encuentran en perfecto funcionamiento.

5.3.1.1 Características técnicas del sistema centralizado de lubricación de la estación central de grasa I

Para poder determinar las características técnicas de cada uno de los componentes del sistema centralizado de lubricación que integran la central de grasa I se procedió a investigar en el Manual de la empresa CIRVAL. A continuación, se detallan cada uno de los componentes con sus especificaciones técnicas por separado, tal y como se muestran entre las tablas 5.14 a la 5.20.

Tabla 5.14 Características técnicas de estación central de bombeo. (Vidal N, 2020).

Equipo	Especificaciones técnicas	
Estación Central de Bombeo	Modelo ECB-DC-42	
Marca	Cirval	
Lubricante	Aceites o grasas hasta grado NGLI 2	
Presión de trabajo	Máxima 250 bar	
Presión de alivio	Regulable (Máxima 210 bar)	
Motor de 60 Hz	Caudal= 563 cm ³ /min	
	Motor= 1HP – 440 V – 60 Hz – 1730 RPM	

Tabla 5.15 Características técnicas de la bomba de doble. (Vidal N, 2020).

Equipo	Especificaciones técnicas	
Bomba de Doble Pistón	Modelo BCE-DJ4	
Marca	Cirval	
Lubricante	Aceites o grasas grado NGLI 2	
Caudal (Motor 50Hz)	462 cm ³ /min.	
Caudal (Motor 60Hz)	563 cm ³ /min.	
Presión de operación	210 bar.	
Presión máxima	250 bar.	

Tabla 5.16 Características técnicas de la válvula de control. (Vidal N, 2020).

Equipo	Especificaciones técnicas	
Válvula de control	Modelo VCC-21	
Marca	Cirval	
Lubricante	Aceites o grasas hasta grado NGLI 2	
Presión máxima de operación	8 bar. (Neumática)	
Presión mínima de operación	3 bar. (Neumática)	
Rosca de entrada de aire	Ø 1/4" NPSF	
Rosca conexionada	1/4" - 3/4" - 1/2" (NPSF)	
Presión de trabajo	Máxima 250 bar. (Hidráulica)	

Tabla 5.17 Características técnicas de la válvula inversora. (Vidal N, 2020).

Equipo	Especificaciones técnicas	
Válvula inversora	Modelo VCI-R40	
Marca	Cirval	
Lubricante	Aceites o grasas hasta grado NGLI 2	
Presión de trabajo máxima	250 bar.	
Presión de trabajo mínima	35 bar.	
Temperatura	Mínima 0°C – Máxima 80°C	
Materiales	Cuerpo y pistones de acero	
Sello	Ac Nitrilo Opcional Vitón	

Tabla 5.18 Características técnicas de la bomba neumática. (Vidal N, 2020).

Equipo	Especificaciones técnicas	
Bomba neumática	Modelo BCM-85-A	
Marca	Cirval	
Lubricante	Aceites o grasas hasta grado NGLI 2	
Caudal/ciclo	22,3 g/ciclo	
Caudal/min.	9 kg/min de 5,7 km/min	
Relación de presión	40:1 a 75:1	
Presión de aire de operación	Máxima 12 bar. a Mínima 2 bar	

Tabla 5.19 Características técnicas del filtro. (Vidal N, 2020).

Equipo	Especificaciones técnicas	
Filtro	Modelo TF-1	
Marca	Cirval	
Presión máxima de trabajo	70 bar.	
Micronaje	100 μ a 250 μ	
Diferencial de presión	3 bar.	
Lubricante	Aceites o grasas hasta grado NGLI 2	

Tabla 5.20 Características técnicas del distribuidor. (Vidal N, 2020).

Equipo	Especificaciones técnicas	
Distribuidor	Modelo DCM-250	
Marca	Cirval	
Lubricante	Aceites o grasas hasta grado NGLI 2	
Presión de trabajo	Mínima 15 bar – Máxima 250 bar	
Temperatura	Mínima 0°C – Máxima 80°C	
Descarga	Mínima 0,60 cm ³ – Máximo 5,00 cm ³	

5.3.2 Evaluación del funcionamiento de la estación central de grasa II

Esta estación de grasa II desde sus inicios se le denominó LINCOLN pues sus componentes o accesorios pertenecían a dicha marca. Actualmente esta central se encuentra operativa, sin embargo, se trata de un sistema de lubricación totalmente empírico e híbrido que está compuesto por una bomba neumática modelo BCN-221-A marca CIRVAL de alta presión de aire que se encarga de la alimentación del lubricante a los distintos bastidores del 15 al 22. La bomba está colocada en la parte superior del tanque y el mando se efectúa por aire comprimido que es liberado por una electroválvula, la cual es accionada por una

señal emitida a través de un tablero de control, que es programado de acuerdo a las necesidades del usuario.

Un resorte asegura el retorno a la posición inicial, dentro del tambor hay introducido un resorte de compresión con un plato prensador. Disponen además de señales de nivel mínimo eléctrico y filtro de llenado. Una vez que la bomba neumática es accionada, inyecta de grasa por medio de la tubería principal hasta que esta es presurizada y alcanza la presión necesaria para que la válvula inversora VCR-40 realice el cambio de línea y a su vez se comience a lubricar la otra línea de tubería y de esta manera completar el ciclo de lubricación de los puntos dosificación que se encuentran en los bastidores que van del 14 al 21.

Tomando en consideración que esta central de grasa se encuentra ubicada entre el tren intermedio II y el terminador II, permitiendo que la grasa fluya del bastidor 15 al 18 en el intermedio II y del bastidor 20-II al 22-I, en los terminadores I y II, lo cual dificulta el recorrido de la grasa al ser accionada por aire comprimido, por ello representa una limitante para cualquier sistema centralizado de lubricación, ya que una bomba neumática no está diseñada para presurizar la tubería, sino más bien para rellenar las chumaceras o puntos de engrase. Por lo que, esta bomba neumática solo está solventando el problema de manera momentáneo, más no representa un elemento confiable para garantizar el óptimo rendimiento del referido sistema.

5.3.2.1 Características técnicas del sistema centralizado de lubricación de la estación central de grasa II

Para poder determinar las características técnicas de cada uno de los componentes del sistema de lubricación centralizada que integran la central de grasa II se procedió a investigar en el Manual de la empresa CIRVAL y

LINCOLN. A continuación, se detallan cada uno de los componentes con sus especificaciones técnicas por separado, tal y como se muestran en la tabla 5.21.

Tabla 5.21 Características técnicas de la bomba neumática. (Vidal N, 2020).

Equipo	Especificaciones técnicas	
Bomba neumática	Modelo BCN-221-A	
Marca	Cirval	
Lubricante	Grasa "A"	
Caudal/ciclo	4,4 g/ciclo	
Caudal/mínimo	1,2 g./min.	
Relación de presión	50:1	
Presión aire operación	Máxima: 12 bar – Mínima: 2 bar.	

Cabe destacar que esta central de grasa posee una válvula inversora VCR-40 marca CIRVAL, un filtro TF-1, electroválvula, filtro regulador de línea FRL, un tambor de grasa, una manguera de alta presión de 10 mm, una tubería de aire de 3/8", tubería de cobre 137 8 ¼ NPT, los cuales fueron explicados en el punto anterior.

5.4 Análisis de las características físico químicas del lubricante utilizado en el sistema de centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambión en la empresa Siderúrgica del Orinoco "Alfredo Maneiro" SIDOR

Para efectuar el análisis de las características físico químicas del lubricante utilizado en el sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras se procedió a contactar al Departamento de Control de Calidad del Laboratorio de

la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR, donde se le realizaron varios análisis al lubricante con el propósito de analizar la viscosidad, consistencia, grado de penetración trabajada tanto a 60 golpes como a 10.0000 golpes, la estabilidad mecánica, el punto de goteo, el grado de alcalinidad, separación de aceite, desgaste y tamaño de la huella, extrema presión y punto de soldadura, pérdida por arrastre de agua a 38,8 °C, estabilidad de oxidación, prevención a la corrosión y el contenido de molibdeno.

Cabe destacar que, conforme a la información suministrada por el supervisor del tren de laminación de barras de la empresa antes mencionada, el lubricante empleado es una grasa a base de agua 2 marca Moly-Ven, los cuales se piden cada tres (3) meses y se resguardan de forma horizontal de manera tal que los tapones marquen las nueve y las tres (manecillas del reloj), a fin de evitar la entrada de humedad y suciedad, con el propósito de que la misma se conserve en perfecto estado.

Cada uno de los análisis se efectuó en el departamento de control de calidad de la empresa, atendiendo a la norma internacional (ASTM) cuyas siglas American Society for Testing and Materials. Los resultados obtenidos previo análisis realizado se basan en las siguientes propiedades:

1. Consistencia: esta se midió por medio del penetrómetro de cono establecido por la ASTM, cuyo método consiste en dejar caer un cono pesado de metal penetre en una muestra de la grasa aproximadamente de 300 gramos impulsado por su propio peso a 25°C por cinco (5) segundos. La distancia que profundice el cono en la grasa en milímetros se reporta como penetración sin trabajar y es con esta prueba que se obtiene la consistencia de la grasa. (Ver figura 5.11).



Figura 5.11 Ensayo de penetración. (Vidal N, 2020).

Los resultados de este estudio arrojaron que la consistencia de la grasa Moly – Ven es de 2 milímetros, lo cual demuestra que su aspecto a la temperatura ambiente es fluida y suave, haciéndola más bombeable por parte del sistema centralizado de lubricación.

2. Penetración trabajada a 60 golpes: por medio de este ensayo se determina la consistencia y el grado NLGI (National Lubricating Grease Institute) de la grasa, la cual debe estar Esta prueba permitió que el mismo cono antes mencionado penetre en la muestra de la grasa por 5 segundos y con el uso de la escala de clasificación antes descrito. El resultado obtenido arrojó que el cono penetró 270 lo cual indica que este tiene una descripción muy fluida y dentro del rango de especificación de 265 – 295 por ende la grasa es de 2 grados milímetros, tal como se evidencia en la tabla 5.22.

Tabla 5.22 Clasificación de la consistencia de la grasa. (Vidal N, 2020).

Grado NLGI	Penetración trabajada según la ASTM (10^{-1} mm)	Aspecto a temperatura ambiente Consistencia de la grasa
000	445-475	Muy fluida
00	400-430	Fluida
0	355-385	Semifluida
1	310-340	Muy blanda
2	265-295	Blanda
3	220-250	Semidura

Continuación de la tabla 5.22

Grado NLGI	Penetración trabajada según la ASTM (10^{-1} mm)	Aspecto a temperatura ambiente Consistencia de la grasa
4	175-205	Dura
5	130-160	Muy dura
6	85-115	Extremadamente dura

3. Penetración trabajada a 10.000 golpes: también conocida como penetración prolongada, que consistió en someter una muestra de grasa a 100 000 recorridos en un dispositivo llamado manipulador de grasa, al que posteriormente se le midió la penetración. La diferencia entre la penetración medida a 60 recorridos se indica como variación en 10^{-1} mm. Conforme a los resultados arrojados por esta medición arrojó 276, lo cual refleja una descripción fluida.

4. Estabilidad mecánica: este ensayo permitió determinar la estabilidad mecánica de la grasa a través de trabajo prolongado, lo cual logró anticipar la vida en servicio de la grasa. Una grasa con mayor estabilidad mecánica durará más en servicio y será necesario relubricar menos seguido. En este caso específico la muestra de grasa se somete a un número predeterminado de golpes dobles (ciclos), 10.000 o más, usando un equipo motorizado para trabajarla. Al terminar, a la grasa se le eleva la temperatura hasta 25°C y se trabaja otros 60 ciclos, tras lo cual se permite que un cono de un peso específico penetre en la grasa. Se reporta cualquier cambio en la penetración, en porcentaje o absoluto. Los resultados de este estudio demuestran que la grasa tiene una estabilidad mecánica de 1,70%, lo cual indica que se encuentra dentro del rango de estudio, es decir, menor a 3%.

5. Punto de goteo: es la temperatura, donde la grasa pasa del estado semi-sólido al líquido e indica la temperatura límite máxima a la que la grasa retiene su estructura. La determinación de esta temperatura, está basada en el suministro de

calor a una pequeña porción de grasa, que se encuentra en un recipiente especial que posee un orificio calibrado en el fondo o parte inferior, entonces se medirá la temperatura a la cual cae la primera gota de grasa. Conforme a los resultados obtenidos, el punto de goteo de la grasa empleada por el sistema centralizado de lubricación se encuentra al 195 °C, siendo el mínimo 180 °C.

6. Alcalinidad: el contenido de álcalis libre se determinó pesando unos 10 gramos de la grasa disolviéndola en 75 ml de hexano, mezclado con 50 ml de alcohol al 95 %, luego se añaden gotas de fenolftaleína agitándose el contenido, si la capa alcohólica después de unos segundos se torna rosada, se adiciona 10 ml de ácido clorhídrico 0.5 N, luego se calienta 10 minutos, se valora el exceso de ácido con una solución de hidróxido de potasio 0.5 N y luego se determina la alcalinidad libre en término de la base predominante de hidróxido. Los resultados de esta medición evidenciaron que la grasa posee un 0,06 mg OH/g, la cual se corresponde con la recomendada para las grasas de uso comercial, con una magnitud $< 0,1$ mg KOH/g, por ende, el nivel de alcalinidad es bastante bajo. Esta magnitud de álcalis libre asegura la neutralización de los ácidos libres que se puedan formar durante el proceso oxidación de la grasa.

7. Separación de aceite: en la prueba, se llena un recipiente con una cantidad determinada de grasa (que se pesa antes de la prueba) y se coloca un peso de 100 gramos sobre la grasa. La unidad completa se introduce en un horno a 40°C (105 °F) durante una semana. Al final de este período, se pesa la cantidad de aceite que se ha filtrado a través del tamiz y se indica como porcentaje de la pérdida de peso. Tal como se muestra en la figura 5.9 donde A representa el peso muerto (aplica una ligera presión sobre la muestra de grasa); B el tamiz; y C el aceite separado. Los resultados de este análisis demuestran la grasa utilizada tiene un porcentaje de separación del aceite $< 0,2\%$ lo cual indica que el mismo se encuentra dentro de los parámetros ya que el máximo es de $< 0,5\%$. (Ver figura 5.12).

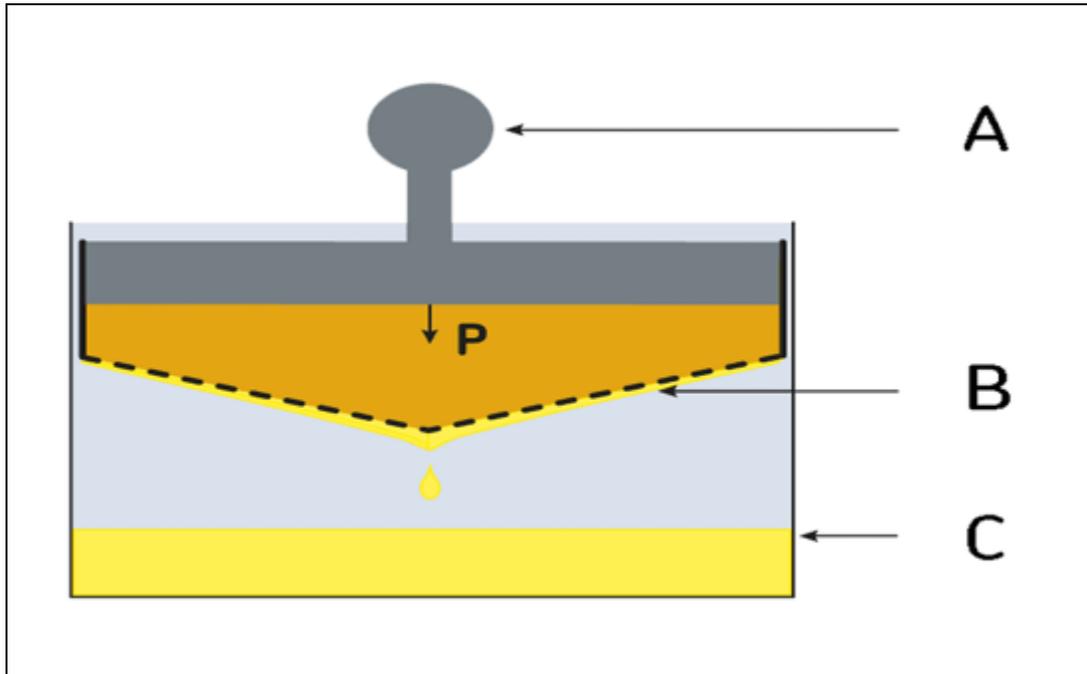


Figura 5.12 Ensayo de separación del aceite. (Vidal N, 2020).

8. Ensayo de cuatro (4) bolas, desgaste tamaño de la huella: esta prueba permitió medir el nivel de protección de la grasa durante los contactos deslizantes. Para ello se aplicó la grasa sobre un conjunto de cuatro (4) bolas. La base está formada por tres (3) bolas que están fijas y la cuarta en la parte superior se hace girar a mil doscientas (1200 rpm) revoluciones por minuto con una fuerza aplicada de trescientos noventa y dos (392) durante sesenta (60) minutos. Luego el diámetro de la huella generada por el desgaste se promedia entre las 3 bolas de sujeción. Los resultados de este ensayo demostraron que el tamaño de la huella por desgaste fue de 0,29 milímetro siendo este un resultado aceptable por cuanto el máximo permitido es de 0,45 milímetro.

9. Ensayo de cuatro (4) bolas, extrema presión, punto de soldadura: al igual que el ensayo anterior, las 4 bolas son sometidas durante periodos cortos de tiempo específicamente diez (10) segundos a elevadas cargas normales, incrementando secuencialmente estas últimas hasta alcanzar la ruptura de la

película lubricante y originando la soldadura de las 4 bolas, con una temperatura entre veintisiete (27° C) y veintiocho (28°C) y una velocidad de mil setecientos setenta (1770 rpm) revoluciones por minutos. En este ensayo, el punto de soldadura sirve para determinar el valor de los parámetros en los cuales la película de lubricante pierde sus propiedades físicas y mecánicas, lo que permite caracterizar las propiedades mecánicas del lubricante sometido a la prueba. Los resultados evidenciaron que la grasa empleada en el sistema centralizado de lubricación posee un punto de soldadura de cuatrocientos (400) kg-f.

10. Pérdida de arrastre por agua a 38,8 °C: esta prueba permite evaluar la capacidad de la grasa a permanecer en su lugar cuando es expuesta a un spray de agua aplicado de manera directa. La grasa es untada sobre una plancha metálica y se rocía agua caliente a treinta y ocho, ocho (38,8°C) grados centígrados de manera directa, con el propósito de medir el % de grasa perdida. Conforme a los resultados obtenidos la grasa empleada en el sistema centralizado de lubricación obtuvo un cinco (5%) de pérdida por arrastre por agua, lo cual representa un porcentaje medio, ya que el máximo es de nueve por ciento (9%).

11. Estabilidad de oxidación, 100 horas a 100°C: este ensayo permitió oxidar la muestra de grasa en un recipiente a presión cargado inicialmente con oxígeno a 110 psi (758kPa) y se mantiene a temperatura elevada durante un período de envejecimiento especificado. La caída de presión en el interior del recipiente de presión se mide por medio de un medidor o transductor. Los resultados de este ensayo demostraron que la grasa empleada en el sistema centralizado de lubricación posee tres (3) psi, lo cual indica que la misma tiene un nivel de oxidación aceptable, por cuanto, los parámetros se encuentran entre uno y seis (1 – 6) psi.

12. Prevención a la corrosión: este ensayo se empleó para medir las

propiedades preventivas ante la corrosión que posee la grasa. Para ello, se colocó la grasa en un rodamiento cónico y luego se dejó girar por sesenta segundos (60s) para distribuirla uniformemente. El rodamiento es detenido y expuesto a agua des Ionizada. Luego se colocó dentro de un horno a 52°C durante 48 horas antes de ser inspeccionado por herrumbre. El resultado es de este ensayo dice si la grasa pasa o falla. En este caso, conforme al análisis realizado la grasa empleada en el sistema centralizado de lubricación pasó la prueba perfectamente.

13. Contenido de Mo (ICP): este método estándar se utilizó para la determinación de aditivos, metales de desgaste y contaminantes en grasas lubricantes y aceites base usados y sin usar con un espectrómetro de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES), con el propósito de medir el porcentaje de molibdeno en la grasa empleada por el sistema centralizado de lubricación de la empresa, cuyos resultados demostraron que la grasa posee un porcentaje de tres punto dos (3,2%) partículas de molibdeno. El contenido de bisulfuro de molibdeno, ocasionan desgaste en los componentes y elementos de las estaciones de bombeo, lo cual podría ocasionar interrupciones innecesarias en el proceso de laminación.

5.5 Medición del diámetro de tubería adecuado para el mejor desempeño sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR

Las especificaciones del tamaño de la tubería para un sistema centralizado de lubricación están relacionadas directamente con dos variables: velocidad de flujo, longitud del conducto. Se sabe que, por tramos de tubería muy largos, los costos se incrementan significativamente conforme el tamaño de la misma aumenta. No

obstante, los tamaños de tubería más pequeños provocan velocidad de flujo más altas y por lo tanto pérdidas de energía más grandes.

Es por eso que se debe considerar cuidadosamente cuál será el diámetro más adecuado, que sea económico pero que a su vez no provoque unas pérdidas de energía demasiado altas como para afectar el rendimiento del sistema. Es importante recordar que las pérdidas de energía por tramo de tubería son directamente proporcionales al cuadrado de la velocidad del flujo, como se puede apreciar en la ecuación de Darcy (1).

Para efectuar la medición de la tubería se consideraron los valores de las velocidades que se obtuvieron para los tres diámetros de tubería con los que cuenta el sistema centralizado de lubricación de la central de grasa I y II, los cuales fueron calculados en la sección (5.2.1.1), y se pueden observar en la tabla 5.23.

Tabla 5.23 Velocidad del flujo de acuerdo al diámetro. (Vidal N, 2020).

Parámetros	Especificaciones según el diámetro de la tubería		
Diámetro (m)	20mm	1"	2"
Velocidad (m/s)	0,06	0,0167	0,0043

Estas velocidades se calcularon considerando el caudal que ofrece la estación de bombeo CIRVAL, modelo ECB-DC-42, es decir, $563 \text{ cm}^3/\text{min}$ ó $9,38 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, ya que ésta es la estación de bombeo que se espera instalar en el nuevo sistema centralizado de lubricación, el cual va a sustituir al viejo sistema que lubrica la parte del tren intermedio II, terminador I y terminador II.

Para realizar una comparación entre las velocidades y los diámetros correspondientes es necesario valerse de la herramienta que nos ofrece el Software de Microsoft Excel para obtener la ecuación de la tendencia que existe entre la velocidad del flujo y el diámetro de una tubería, la cual en este caso es polinómica, ya que según la ecuación de Darcy (1), el diámetro del conducto es inversamente

proporcional al cuadrado de la velocidad del flujo, este comportamiento y la ecuación de esta tendencia se pueden apreciar en la figura 5.13, las cuales pueden utilizarse como un modelo matemático que permitirá estimar el diámetro más recomendable para este sistema centralizado de lubricación.

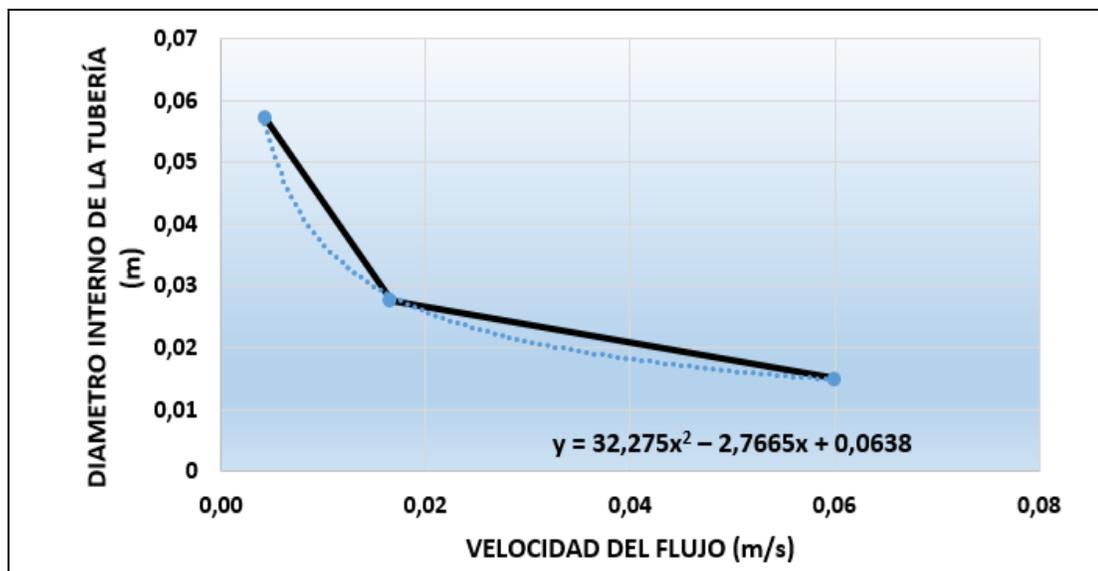


Figura 5.13 Ecuación de la tendencia polinómica. (Vidal N, 2020).

Revisando los manuales de mantenimiento de la empresa que construyó la llanta de barras (SCHLDEMANN SIEMAG) se obtuvo la cantidad de lubricante exigido por tipo de cada caja de cojinete para un período estimado de un turno de 8 horas. Los bastidores de los trenes intermedio II, terminador I y terminador II, cuentan con sólo dos tipos de cajas de cojinete, toda esta información se puede apreciar en la tabla 5.24.

Tabla 5.24 Volumen de lubricante recomendado. (Vidal N, 2020).

Tren	Bastidor	Tipo de caja de cojinete N°	Volumen de Lubricante (Kg/turno)
INTERMEDIO II	18	33	0,034
	17	33	0,034

Continuación de la tabla 5.24

Tren	Bastidor	Tipo de caja de cojinete N°	Volumen de Lubricante (Kg/turno)
INTERMEDIO II	16	33	0,034
TERMINADOR II	15	33	0,034
	20-II	28	0,020
	22-II	28	0,020
TERMINADOR I	19-I	28	0,020
	20-I	28	0,020
	21-I	28	0,020
	22-I	28	0,020

Considerando los valores de la tabla antes expuesta, se puede obtener el volumen total de lubricante requerido para los trenes intermedio II, terminador I y terminador II. Sabiendo que nunca trabajan los dos trenes terminadores al mismo tiempo, es decir, cuando se está laminando por la línea N° 1 sólo trabaja el tren terminador I y cuando se lamina por la línea N° 2 está operativo el tren terminador II y además el tren intermedio II.

Por lo tanto, se consideró un máximo de 6 bastidores para efecto de los cálculos ya que durante el proceso de laminación por la línea N° 1 el tren terminador I cuenta con sólo 4 bastidores, mientras que cuando se esté laminando por la línea N° 2 estará trabajando el tren intermedio II, el cual cuenta con 4 bastidores, y el tren terminador II, que cuenta con sólo con 2 bastidores, es decir, un total de 6 bastidores. Cada bastidor cuenta con cuatro cajas de cojinete y, además, los bastidores 15, 17, 20-II, 22-II, 20-I y 22-I cuentan con guías de rodillo, las cuales tienen cuatro puntos de lubricación cada una.

Para el cálculo del volumen del lubricante del tren intermedio II, se tomaron en cuenta los valores obtenidos por caja y bastidores, tal como se muestra a continuación:

$$(0,034 \text{ Kg/Caja})(4 \text{ Cajas/Bastidor})(4 \text{ Bastidores}) = 0,544 \text{ Kg.}$$

Sabiendo que la densidad de la grasa empleada es:

$\rho = 923 \text{ Kg/m}^3$ de esta manera se puede calcular el volumen de lubricante despejando los valores de la ecuación:

$$V = 0,544 \text{ Kg} / 923 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow$$

$$V = 0,000589 \text{ m}^3$$

Posteriormente, se procedió a realizar el cálculo del volumen de lubricante del tren laminador II, se tomaron los datos correspondientes a los valores obtenidos por caja y bastidores, tal como se muestra a continuación:

$$(0,02 \text{ Kg/Caja})(4 \text{ Cajas/Bastidor})(2 \text{ Bastidores}) = 0,16 \text{ Kg.}$$

Sabiendo que la densidad de la grasa empleada es:

$$V = 0,16 \text{ Kg} / 923 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow$$

$$V = 0,0001733 \text{ m}^3$$

Tomando en consideración que, no se pudo conseguir información con respecto a la cantidad de lubricante que se requiere, según el fabricante, para las guías de rodillo, por cuanto, algunas páginas en los manuales de mantenimiento se han extraviado con el tiempo, sin embargo, se logró calcular aproximadamente este valor, sabiendo que actualmente a cada punto de lubricación de cada guía de rodillo

le llega a intervalos de veinte (20) minutos, lo cual representa (0,333 hrs) la cantidad de cinco (5 cm³) que corresponde (5x10⁻⁶ m³) de lubricante, entonces con esta información, se puede estimar la cantidad de lubricante que consumen estas guías en un turno de ocho (8) horas, con una simple regla de tres:

$$V = (8 \text{ hrs}) (5 \times 10^{-6} \text{ m}^3) / 0,333 \text{ hrs} = 0,00012 \text{ m}^3$$

Conforme al cálculo realizado, 0,00012 m³ sería la cantidad de grasa que le llega a cada punto de lubricación de cada guía de rodillo en un turno de ocho (8) horas, luego, sabiendo que cada guía de rodillo cuenta con cuatro (4) puntos de lubricación, y que siempre estarán operativos, solamente, cuatro (4) guías de rodillo, entonces, se puede calcular el volumen de lubricante para cada guía de rodillo en un turno.

$$V = (0,00012 \text{ m}^3 / \text{Punto}) (4 \text{ Puntos} / \text{Guía}) (4 \text{ Guía}) \Rightarrow$$

$$V = 0,0019 \text{ m}^3$$

El volumen total de lubricante que se requiere para mantener al tren laminador en óptimas condiciones de operatividad durante un turno de ocho (8) horas, sería:

$$V_t = (0,000589 + 0,0001733 + 0,0019) \text{ m}^3 = 0,002662 \text{ m}^3 / \text{turno}$$

Ahora bien, tomando en consideración que en un turno de ocho (8) horas es equivalente a veintiocho mil ochocientos segundos (28.800 s) se puede calcular el caudal (Q) del lubricante que fluirá por el conducto durante este tiempo, por medio de la siguiente ecuación:

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

$$Q = \frac{0,002662 \text{ m}^3 / \text{turno}}{28800 \text{ s/turno}} \Rightarrow$$

$$Q = 9,24 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$$

Es importante recordar que las pérdidas de energía por tramo de tubería son directamente proporcionales al cuadrado de la velocidad del flujo, como se puede apreciar en la ecuación de Darcy (1). Por lo tanto, la velocidad del flujo (v) es la variable que va a permitir determinar cuál será el diámetro de tubería recomendable en cualquier sistema centralizado de lubricación. El caudal de un fluido es:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{AL}{t}; \text{ como } v = \frac{L}{t}; \text{ entonces}$$

$$Q = Av \Rightarrow A = \frac{Q}{v}$$

Igualando las ecuaciones antes expuestas y despejando la velocidad se tiene la siguiente fórmula:

$$\frac{Q}{v} = \frac{Q}{v} \Rightarrow v = \frac{QL}{v}$$

Para los efectos cálculo de la velocidad se tomó la distancia (L) desde Bastidor 22-I hasta la nueva central de grasa, por cuanto este bastidor es el que está más

alejado de la central de grasa, que en este caso es sesenta y nueve con ochenta y nueve (69,89 m). Considerando que esta distancia arrojará la mayor velocidad en comparación a las distancias de los otros bastidores, por lo tanto, si conocemos el diámetro recomendado para la velocidad más alta que puede alcanzar un sistema, se obtiene el diámetro de la tubería recomendado para dicho sistema.

$$v = \frac{(9,24 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{S}) (69,98 \text{ m})}{0,002662 \text{ m}^3} \Rightarrow$$

$$v = 0,00244 \text{ m/s}$$

Si sustituimos este valor de velocidad en la ecuación de la figura 5.10, se obtiene un valor bastante aproximado a la realidad del cual debería ser el diámetro recomendado de la tubería que será instalada en el nuevo sistema centralizado de lubricación.

$$y = 32,275x^2 - 2,7665x + 0,0638$$

Sabiendo que el eje de las “Y” corresponde a los valores del diámetro (D) y el de las “X” a los valores de las velocidades (v), las cuales se pueden apreciar en la tabla 19. Se pudo obtener entonces el valor aproximado del diámetro más recomendable de la tubería a instalar en el nuevo sistema centralizado de lubricación.

$$D = 32,275v^2 - 2,7665v + 0,0638$$

$$D = 32,275 (0,00244)^2 - 2,7665 (0,00244) + 0,0638 \Rightarrow$$

$$D = 0,057\text{m o } 57\text{mm}$$

Considerando que el diámetro interno de una tubería de diámetro nominal de dos pulgadas (2") es de cincuenta y dos punto cinco milímetros (52.5 mm), este tamaño de tubería sería el más recomendable para ser instalado en el diseño del sistema centralizado de lubricación propuesto, por ser este diámetro el que más se aproxima al obtenido mediante el modelo matemático, cincuenta y siete milímetros (57 mm). De hecho, el sistema centralizado de lubricación de la central de grasa I utiliza una tubería de diámetro nominal de dos pulgadas (2") y hasta los momentos se ha comprobado su efectividad.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Diseño de propuestas para el mejor funcionamiento del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR

La propuesta planteada a continuación tiene como alcance el de proponer mejoras en el funcionamiento del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras y alambón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR, tales como: proponer la sustitución de la vieja tubería del sistema centralizado, así como también se propone seccionar la tubería principal en tres tramos, crear una hoja de registro de inspección del sistema y sus componentes para la adecuada detención de fallas.

6.1.1 Justificación de la propuesta

El tren de laminación de barras y alambón de la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR se ha dedicado a brindar de una forma ininterrumpida cientos a la producción de barras y alambón, permitiendo el avance del sector construcción, ya que uno de sus usos más comunes es como materia prima en la industria de trefilado para la fabricación de mallas electro soldadas, cerchas, alambre recocido, clavos, armaduras, cribas, resortes, ganchos para ropa, alambre galvanizado de púas, entre otros.

En la actualidad, dentro de esta empresa, se viene suscitando una serie de circunstancias que se contraponen en cierta medida a la normal ejecución de actividades laborales diarias relacionadas con la adecuada lubricación de los

equipos que componen el tren de laminación y su óptima gestión por lo que se pretende dar solución a esta problemática.

Para ello, se desarrolló una propuesta para mejorar el funcionamiento del sistema centralizado de lubricación perteneciente al tren de laminación de barras y alambrón, seccionar la tubería principal de grasa en tres tramos, realizar los cálculos de las pérdidas por tramo de tubería luego de seccionar la principal, además se propone, la sustitución de la vieja tubería del sistema centralizado, calcular las presiones y pérdidas por tramo de tubería propuesto, crear una hoja de registro de inspección del sistema y sus componentes para la adecuada detención de fallas.

6.1.2 Objetivo general

Propuesta de mejoras en el funcionamiento del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambrón en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR.

6.1.3 Objetivos específicos

1. Seccionar la tubería principal de grasa del tren de laminación de barras y alambrón en tres tramos.

2. Sustituir la vieja tubería del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras y alambrón.

3. Diseñar una hoja de inspección para controlar el estado de los equipos que componen el sistema centralizado de lubricación.

4. Diseñar los planos de las tuberías principales del sistema centralizado de lubricación existente y propuesta.

6.1.3.1 Seccionar la tubería principal de grasa del tren laminador en tres tramos

Previo estudio realizado se propone el seccionamiento de la tubería principal de grasa con el propósito de reducir las pérdidas de energía, al disminuir las distancias entre los bastidores y la central de grasa, por cuanto existe una relación directamente proporcional entre la longitud de una tubería y las pérdidas de energía por tramo de tubería. Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, se realizaron los cálculos de las pérdidas de energía por tramo de tuberías, pero esta vez considerando la colocación de una central de grasa adicional entre el terminador II y el terminador I.

Cabe destacar que, los trenes terminadores nunca trabajan simultáneamente, por lo tanto resulta ideal la colocación de una central de grasa entre ellos, colocando además un juego de válvulas de bola de alta presión para seleccionar el terminador que se requiera lubricar oportunamente. El diseño de esta tubería se puede apreciar en el plano Anexo 3.

Para realizar estos cálculos se utilizaron los datos obtenidos de las mediciones de presión y de los cálculos de las pérdidas que se realizaron en la tubería principal de grasa original, (ver tablas 5.5 y 5.6 respectivamente). Utilizando la herramienta que nos ofrece el Software de Microsoft Excel para obtener la tendencia lineal de una gráfica y la ecuación de dicha recta (ver figuras 5.4 y 5.5), las cuales pueden utilizarse como un modelo matemático que permitirá estimar los valores de presión y pérdidas de energía por tramo de tuberías que se obtendrán una vez se haya seccionado la tubería principal en tres partes, y como era de esperarse se obtuvieron

unos valores de presión considerablemente más elevados y constantes a lo largo de todo el laminador, lo cual resulta ideal para el funcionamiento de todo sistema centralizado de lubricación.

En el caso de los valores de las pérdidas por tramos de tuberías se pudo comprobar que, realizando un seccionamiento de la tubería principal de grasa en tres tramos (intermedio II, terminador I y terminador II), estas disminuirían de manera importante a lo largo de todo el laminador.

A pesar de que la central de grasa II tal como está operando actualmente, con un tambor de grasa y una bomba neumática, no es un diseño idóneo para un sistema centralizado de lubricación, se consideró que, debido a la imperiosa necesidad de ofrecer una alternativa al problema, la mejor opción era colocar una central de grasa adicional con las mismas características que la central de grasa II, mientras se estudiaba la alternativa de reemplazar todo el sistema por uno de mejor rendimiento como de hecho se hizo posteriormente.

6.1.3.2 Sustituir la vieja tubería del sistema centralizado de lubricación del tren de laminación de barras y alambrón

Una vez demostrado el buen rendimiento del sistema centralizado de lubricación específicamente en la central de grasa I, cuyo análisis se realizó detalladamente en la sección (5.2.2), donde se pudo apreciar como hubo una importante disminución en la diferencia de presión (Δp) a lo largo de toda la tubería, donde la más alta se obtuvo en el bastidor 1 por ser éste el más alejado de la central de grasa I, tal como se observa en la siguiente ecuación:

$$\Delta p = (95 - 50) = 45 \text{ bar.}$$

En comparación a la diferencia de presión más elevada obtenida en las mediciones que se realizaron en la tubería ($\varnothing 20\text{mm}$) del diseño original existente en la central de grasa II, el cual se obtuvo en el bastidor 22-I, por ser este el más alejado de la central de grasa II:

$$\Delta p = (120 - 19) = 101 \text{ bar.}$$

Ahora bien, considerando que una disminución en la diferencia de presión entre dos puntos de una tubería, $\Delta p = (p_1 - p_2)$, representa que hay un aumento significativo en la presión (p_2), si se mantiene más o menos constante (p_1), en el punto hacia donde viaja el fluido, en este caso a la salida de la tubería que alimenta el bastidor, esto nos demuestra que al aumentar el diámetro de la tubería principal de un sistema centralizado de lubricación, aumenta de manera proporcional el rendimiento de dicho sistema, disminuyendo las pérdidas de energía (hf) considerablemente.

No obstante, a pesar del seccionamiento que se realizó en esta tubería y que representó una mejora significativa en el rendimiento de dicho sistema centralizado de lubricación, se debe tomar en cuenta que la tubería principal que se encuentra instalada y operativa actualmente, tiene más de 30 años en funcionamiento, y la misma ya está mostrando señales de deterioro que afectan el funcionamiento normal de dicho sistema.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, es por eso que se ha decidido proponer reemplazar toda la tubería principal del sistema centralizado de lubricación, substituyéndola por una tubería de diámetro nominal de 2". El diseño de este nuevo Sistema de Lubricación de puede apreciar en el anexo 5.

Para tener un pronóstico de cómo sería el comportamiento de este nuevo sistema centralizado de lubricación, se utilizará la herramienta que nos ofrece el Software de Microsoft Excel para obtener la tendencia lineal de los valores reflejados en las gráficas y la ecuación de dicha recta (ver gráficas 5.6 y 5.7), las cuales pueden utilizarse como un modelo matemático que permitirá estimar los valores de presión y pérdidas de energía por tramo de tuberías que se obtendrán una vez puesto en funcionamiento el nuevo sistema antes mencionado.

6.1.3.3 Creación de una hoja de inspección del sistema centralizado de lubricación

Tomando en consideración que en la gerencia de barras y alambros de la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” (SIDOR), actualmente no cuenta con una hoja de inspección que les permita llevar un control exhaustivo de las rutinas de inspección llevadas a cabo por el personal de esta área, por tal motivo, se propuso crear un documento (hoja de inspección) que permita conocer el funcionamiento y operatividad del sistema centralizado de lubricación y de esta manera poder establecer con precisión los componentes que presentan algún tipo de inconvenientes en su funcionamiento.

Esta hoja de inspección, es una herramienta que permite reunir información observando los equipos en funcionamiento sin necesidad de desmontarlos como una acción inicial a un mantenimiento preventivo para empezar a detectar patrones o tendencias de defectos o fallas. En este contexto, el autor consideró necesario crear una hoja de inspección, la cual contiene los siguientes datos:

1. Número de orden de inspección: número que indica el orden de inspección del equipo que está siendo objeto de inspección.

2. Fecha: indicación del día, mes y año de ejecución de la inspección del equipo.

3. Hora de inicio: indicación de la hora exacta de inicio de la inspección del equipo.

4. Hora final: refleja la hora en que el trabajador termina de hacer la inspección del equipo.

5. Ficha del trabajador: contiene el número de ficha del trabajador que debe realizar la inspección.

6. Código del equipo: registra el número y/o código del equipo que se inspecciona.

7. Descripción del equipo/actividad: indica el nombre del equipo que se inspecciona y la actividad a cumplir.

8. Deficiente: esta opción indica si el equipo presenta alguna deficiencia en su funcionamiento normal.

9. Satisfactorio: esta opción indica si el equipo objeto de inspección se encuentra funcionando de manera satisfactoria.

10. Observación: en esta parte el personal deberá indicar si el equipo presenta alguna falla en su funcionamiento durante la inspección realizada, con la finalidad de tener un control detallado de los registros de fallas que presenta el sistema centralizado de lubricación, así como cada una de las partes que lo componen y a su vez determinar el grado de funcionamiento y operatividad del mismo. (Ver tabla 6.1

y tabla 6.2).

Tabla 6.2 Hoja de inspección sistema centralizado de lubricación. (Vidal, N, 2020).

N° de Orden de Inspección: _____					
Fecha: _____	Ficha del				
Hora de inicio: _____	trabajador: _____				
Hora final: _____					
Código del equipo	Descripción del equipo/Actividad	Deficiente	Satisfactorio	Observación	
BCN-85-A	Bomba neumática				
	Limpieza del equipo				
	Ruido				
	Vibración				
	Tuberías y conectores				
	Tiempo en levantar presión				
BCE-DJ4	Bomba de doble pistón				
	Limpieza del equipo				
	Limpieza e inspección estación de mantenimiento del aire comprimido				
	Ruido				
	Vibración				
	Tuberías y conectores				
VCI-R-40	Válvula inversora				
	Limpieza del equipo				
	Presión de trabajo				
	Inspección de tuberías y mangueras				
VCC-1	Válvula de control				
	Presión máxima				
	Presión mínima				

Tabla 6.2 Hoja de inspección del sistema centralizado (Vidal N, 2020).

N° de Orden de Inspección: _____				
Fecha: _____	Ficha del			
Hora de inicio: _____	trabajador: _____			
Hora final: _____				
Código del equipo	Descripción del equipo/Actividad	Deficiente	Satisfactorio	Observación
DCM-250	Distribuidores			
	Limpieza			
	Inspección de tuberías			
	Presión de Trabajo			
	Temperatura			
	Presión de descarga			
TF-1	Filtro			
	Limpieza del equipo			
	Presión de trabajo			
	Micronaje			
ECB-DC-42	Estación de bombeo			
	Nivel de presión			
	Presión de alivio			
BCN-221-A	Bomba neumática			
	Limpieza del equipo			
	Ruido			
	Vibración			
	Tuberías y conectores			
	Tiempo en levantar presión			
FRL	Filtro regulador de línea			
	Limpieza del equipo			
	Presión de trabajo			
	Micronaje			
	Manguera de alta presión 10 mm			
	Limpieza			
	Corrosión			
	Presión			

6.1.3.4 Diseño de los planos de las tuberías principales del sistema centralizado de lubricación existente y propuesto

Tomando en consideración que la gerencia de laminación barras no contaba con los planos de las tuberías principales del sistema centralizado de lubricación, por tal motivo, se procedió a diseñar tanto el plano correspondiente a las tuberías existentes como el de diseño propuesto, utilizando para ello el programa AutoCAD 2012.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El trabajo de investigación estuvo orientado en desarrollar un estudio técnico del funcionamiento de los sistemas centralizados de lubricación del tren de laminación de barras de la gerencia de barras y alambión en la empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR, a fin de detectar cuáles son sus condiciones operativas, debilidades que este presenta. Con base a los resultados arrojados por el estudio realizado a continuación se presentan las siguientes conclusiones:

1. Las estaciones centrales de bombeo (LINCOLN tipo ZPU – 8) que fueron instaladas originalmente durante la construcción de la planta de barras se SIDOR, se encuentran actualmente fuera de servicio por falta de mantenimiento y repuestos. Asimismo, las tuberías principales de este sistema centralizado de lubricación se encuentran deterioradas porque definitivamente ya han cumplido su vida útil. Durante más de 40 años han soportado el efecto corrosivo de las aguas de refrigeración, las cascarillas de hierro, propias de un proceso de laminación y las vibraciones producto de las constantes presiones que soporta esta tubería diariamente.

2. En la actualidad el tren laminador de barras cuenta con un sistema centralizado de lubricación totalmente empírico, el cual está formado por un tambor de grasa, una bomba neumática CIRVAL modelo BCN – 221- A, la cual se activa a través de aire comprimido, lo cual representa una limitante para cualquier sistema centralizado de lubricación, ya que una bomba neumática no está diseñada para presurizar una tubería, sino, más bien, para rellenar chumaceras o puntos de engrase los cuales no oponen resistencia, es decir, una bomba neumática quizá esté solventando el problema momentáneamente, pero no representa un elemento

confiable para garantizar el óptimo rendimiento del sistema centralizado de lubricación.

3. La grasa que se está empleando actualmente (Hidrófuga “AGUA – 2” de MOLI-VEN) hasta la fecha ha ofrecido buenos resultados, ya que tiene una consistencia NLGI N° 2, lo cual es ideal para sistemas centralizados de lubricación, porque ofrece una buena fluidez. Además, tiene propiedades hidrófugas, lo que la hace ideal para trabajar en condiciones donde hay agentes contaminantes y corrosivos. El hecho de poseer un jabón espesante a base de litio la hace resistente a la temperatura, sin embargo, posee en su composición partículas sólidas de bisulfuro de molibdeno, las cuales se adhieren a los rodamientos y los mantiene lubricados en condiciones extremas, pero ocasionan desgaste en los componentes y elementos de las estaciones de bombeo, lo cual representa una gran desventaja para un sistema centralizado de lubricación.

4. En vista de que el tren de laminación de barras y alambrón no contaba con los planos de los sistemas centralizados de lubricación se procedió a elaborarlos, tomando mediciones directas de la tubería. Además, se elaboraron los planos del nuevo diseño que reemplazará la vieja tubería principal de 20mm.

5. Se calcularon las pérdidas por tramo de tubería del sistema centralizado existente, y se pudo comprobar que el sistema actual no ofrece el rendimiento esperado para las exigencias del tren laminador de barras, lo cual obligó a tomar decisiones en cuanto al seccionamiento de la tubería principal en tramos más cortos, para disminuir las distancias de recorrido del lubricante y así reducir las pérdidas de energía considerablemente, mientras se decide reemplazar el sistema en su totalidad.

6. Se calculó el diámetro más adecuado para el nuevo diseño que reemplazará el viejo sistema centralizado de lubricación, determinándose que una tubería de

dinámetro nominal de 2” sería la más adecuada en este caso.

Recomendaciones

A continuación, se plantean algunas recomendaciones significativas que ayudaran a mejorar el adecuado funcionamiento de los sistemas centralizados de lubricación del tren de laminación de barras y alambón de SIDOR:

1. Se recomienda dar charlas informativas acerca del funcionamiento de las centrales de grasa que existen actualmente en el tren laminador de barras y alambón, para que todas las personas que estén involucradas en su mantenimiento comprendan cómo funcionan estos equipos, mientras permanezcan en funcionamiento en la planta.

2. Es necesario ir remplazando, de manera inmediata, algunos tramos de la tubería principal, los cuales se encuentra en total estado de deterioro, esta actividad se puede realizar de manera progresiva cada vez que haya una parada programada por mantenimiento, sin necesidad de afectar el proceso de laminación continuo.

3. Mantener un stock básico de repuestos, al cual puedan tener acceso las personas que están involucradas en el mantenimiento de las centrales de grasa, el cual contará por lo menos con: una bomba neumática BCN – 221, una Válvula Inversora VCI – R40 y mangueras de grasa de alta presión de 1/4” y de 10mm, para poder realizar reparaciones de emergencia en cualquier turno.

4. Se recomienda remplazar la grasa por una que no contenga bisulfuro de molibdeno, ya que estas partículas sólidas ocasionan desgaste en los componentes y elementos de las estaciones de bombeo, lo cual podría ocasionar interrupciones innecesarias en el proceso de laminación.

5. Se recomienda remplazar todo el sistema centralizado de lubricación que existe actualmente por un sistema nuevo, el cual comprenderá básicamente de una estación central de bombeo CIRVAL, modelo ECB-DC-42, para lo cual se debe sustituir la tubería principal de 20 mm por una tubería de diámetro nominal de 2”, la cual se puede ir instalando progresivamente sin necesidad de parar el proceso del tren laminador de barras, de igual manera se puede hacer con la estación central de bombeo, ya que tanto la tubería como las estaciones de bombeo estarán ubicadas en la parte del sótano del tren laminador, así de esta forma, sólo quedará pendiente instalar las conexiones de alimentación de los bastidores, actividad que se puede realizar en una parada programada por mantenimiento.

6. De igual forma se recomienda, capacitar a las personas de turno de mantenimiento para que conozcan los nuevos equipos que se instalarán en el tren laminador de barras y alambrón, con el propósito de garantizar el óptimo funcionamiento del sistema centralizado de lubricación y de esta manera poder hacer más efectivo el proceso de laminación de la planta.

REFENECIAS

Acosta, S. y Linder, C. (2013). **EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA CREACIÓN DE UNA MEDIANA EMPRESA (PYME) DEDICADA A LA ELABORACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE HELADOS PREMIUM TIPO GOURMET PARA EL ESTADO MIRANDA Y LA GRAN CARACAS.** 5 Febrero 2021. [Disponible en: http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS5947_%20I.pdf]

Arango, A. (2015) **DISEÑO DE UN SISTEMA DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADO EN EL SISTEMA TRATADOR CORONA-LÍNEA COATING.** 24 Marzo 2021. [Disponible en: http://biblioteca.untels.edu.pe/handle/Arango_Adan_Trabajo_Suficiencia_2015.pdf]

Arias, F., (2016). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA.** 7ma Edición corregida y actualizada. Editorial Episteme. Caracas – Venezuela. pp. 24-67.

Arregui, F., Cabrera, E., Cobacho, R., Gómez, E, y Soriano, J. (2017). **APUNTES DE MECÁNICA DE FLUIDOS.** Editorial Universitat Politècnica de Valencia. 22 Marzo 2022. [Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/78258/PDFArregui%3BCabrera%3BCobacho%20%20Apuntes%20de%20mec%C3%A1nica%20de%20fluidos.pdf?sequence=1>]

Baca, G. (2013). **EVALUACIÓN DE PROYECTOS.** 7ma edición. Editorial Mc Graw – Hill/Interamericana Editores, S.A. México. pp.88

Balseca, P. (2009). **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENGRASE AUTOMÁTICO DE LAS VÁLVULAS MARIPOSA EN LA CENTRAL AGOYÁN.** 15 de Mayo de 2020. [<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/198>]

Cáceres, G. (2010). **GLOSARIO DE TÉRMINOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.** Universidad Católica San Pablo. Arequipa – Perú. pp. 14-42

CIRVAL (2004). **LUBRICACIÓN CENTRALIZADA. Catálogo de Repuestos.** Editorial CIRVAL. Santa Fe – Argentina. pp. 2-68

Comercializadora Idilsa, S.A. **SISTEMA DOBLE LÍNEA.** 28 de Abril de

2023. [<https://idilsacomercializadora.com/sistema-doble-linea.html>]

Comercializadora Idilsa, S.A. **SISTEMA DE LINEA SIMPLE**. 28 de Abril de 2023. [<https://idilsacomercializadora.com/sistema-de-linea-simple.html>]

Comercializadora Idilsa, S.A. **SISTEMA PROGRESIVO**. 28 DE Abril de 2023. [<https://idilsacomercializadora.com/sistema-progresivo.php>]

Comisión Venezolana de Normas Industriales (1993). **NORMA VENEZOLANA COVENIN 3049-93. MANTENIMIENTO DEFINICIONES**. Caracas – Venezuela. pp. 1.

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. (1999). Gaceta Oficial N° 36.860. Extraordinario del 30 de diciembre de 1999. Caracas – Venezuela. pp. 55-125

Díaz, A. (2008). **MECANICA DE FLUIDOS. NUMERO DE REYNOLDS**. Clase No. 3. 28 de Abril 2022. [<https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/10/clase3-numero-de-reynolds.pdf>]

Esquivel, F. y Ruiz, J. (2019). **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE LUBRICACIÓN POR NIEBLA EN CASA BOMBA**. 22 de Octubre 2021. [<https://core.ac.uk/download/pdf/226147789.pdf>]

Fernández, P. (2003). **MECÁNICA DE FLUIDOS**. Universidad de Catambría España. pp. 48.

Google Sites. **PROCESO DE LAMINADO**. 30 de Marzo de 2022. [<https://sites.google.com/site/procesodelaminado/>]

Guillen, L. (2009). **ESTUDIO TÉCNICO PARA LA INSTALACIÓN DEL ASTILLERO DE LA EPS ALUMINOS ORINOCO R.L. COORDINADO POR LA GERENCIA GENERAL DE DESARROLLO SOCIAL - ECONOMÍA SOCIAL, ADSCRITA A CVG**. 25 de Octubre de 2022. [<https://www.monografias.com/trabajos109/estudio-tecnico-instalacion-astillero/estudio-tecnico-instalacion-astillero>]

Hurtado, J. (2015). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. COMPRENSIÓN HOLÍSTICA DE LA METODOLOGÍA Y LA INVESTIGACIÓN**. Séptima edición. Quirón Ediciones. Caracas – Venezuela. pp. 140

Intranet SIDOR.

Jaramillo, J. y Cárdenas, H. (2015). **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO PARA EL DESARROLLO DEL LABORATORIO DEL NUMERO DE REYNOLDS COMO COMPONENTE DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS SEDE REGIONAL GIRARDOT.** 12 de Marzo 2022. [<https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/4849/1/T.IC%20JARAMILLO%20DIAZ%20JULIAN%20DAVID.pdf>]

Jiménez, M., (2015). **UF1026- CARACTERIZACIÓN DE PEROCESOS E INSTALACIONES FRIGORIFICAS.** 28 de Enero 2023. [https://books.google.co.ve/books?id=1H9XDwAAQBAJ&newbks=1&newbks_redir=0&printsec=frontcover&pg=PA74&dq=propiedades+de+los+fluidos&hl=es-419&redir_esc=y#v=onepage&q=propiedades%20de%20los%20fluidos&f=false]

LEY ORGÁNICA DE PREVENCIÓN, CONDICIONES Y MEDIO AMBIENTE DEL TRABAJO (2005). Gaceta Oficial N° 38.236. Martes 26 de Julio de 2005. Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela. Caracas – Venezuela. pp. 33.

Lubricantes especiales Argentinos, S.A. **SUPERFICIES.** 23 de Abril de 2023. [<http://www.lea-sa.com.ar/resenia.htm>]

Luque, F. (2014). **UF0441: MAQUINAS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES DE LOS PROCESOS BÁSICOS DE FABRICACIÓN.** I.C. Editorial. Málaga – España. pp. 159.

MANUAL DE TRABAJOS DE GRADO DE ESPECIALIZACIÓN, Y MAESTRÍA Y TESIS DOCTORALES, DE LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR, (2016). 5ta. Edición. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas – Venezuela. pp. 20.

MANUAL FONDONORMA (2002). **CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS Y SISTEMAS DE LA CALIDAD.** Barcelona – Anzoátegui. Marzo 2002. pp. 2.

MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD DE FLUIDOS NO NEWTONIANOS CON VISCOSÍMETRO EN LÍNEA SRV. 24 Abril de 2023. [<https://es.rheonics.com/measurement-of-viscosity-of-non-newtonian-fluids-with-rheonics-srv-sensors/#:~:text=en%20un%20Fluido%20newtoniano%20La,se%20aplica%20sobre%20el%20fluido.>]

Mercado, I., (2008). **REDISEÑO DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN PARA LOS EQUIPOS EN EL ÁREA DE EMPAQUE Y PALETIZADO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE VIDRIO.** 27 de Abril de 2023. [<http://www.riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/7155/1/imercado.pdf>]

Metodología de Grady Booch (2009). **DIAGRAMA DE PROCESOS.** 27 de Abril de 2023. [<http://metodologia-de-booch.blogspot.com/2009/06/diagrama-de-proceso.html>]

Molina, A. (2014). **LUBRICACIÓN INDUSTRIAL.** Instituto de formación profesional de Honduras. pp. 1.

Monje, C. (2015). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA. GUÍA DIDÁCTICA.** Editorial de la Universidad Surcolombiana. Facultad de Ciencias Sociales y Humanas. Nieva. pp. 25.

Mott, R. (1996). **MECÁNICA DE FLUIDOS APLICADA.** 4ta Edición. Editorial Pearson Educación. Prentice Hall. 22 de Abril de 2023. [<https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/mecanica-fluidos-mott.pdf>]

Olivier, J. (2011). **ESTUDIO TÉCNICO DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRICACIÓN DE LOS BASTIDORES DEL TREN DE LAMINACIÓN DE BARRAS DE LA GERENCIA DE BARRAS Y ALAMBRÓN EN LA SIDERÚRGICA DEL ORINOCO “ALFREDO MANEIRO” SIDOR.** Trabajo de Grado no publicado de Universidad Nacional Experimental de Guayana Puerto Ordaz – Estado Bolívar. pp. 68.

Palella, S., y Martins, F., (2017). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA.** 4ta edición. FEDUPEL. Caracas – Venezuela. pp. 118.

Pedrero, J. (2023). **TECNOLOGÍA DE MÁQUINAS. TOMO I. FUNDAMENTOS. EJES, ACOPLAMIENTOS Y APOYOS.** 28 de Abril 2023. [https://www.google.co.ve/books/edition/TECNOLOG%C3%8DA_DE_M%C3%81QUINAS_TOMO_I_FUNDAMEN/cr2nEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1]

Ponce, J., (2006). **MANUAL PARA ENSAYO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN ACCESORIOS DE TUBERÍA DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA.** 28 de Abril de 2023. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2668_C.pdf]

Ramírez, T., (2014). **CÓMO HACER UN PROYECTO DE**

INVESTIGACIÓN. Editorial Panapo. Caracas – Venezuela. pp. 58.

Ros, A., (2010). **MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.** Recopilación. Agosto 2021. [https://issuu.com/antonioros/docs/mantenimiento_industrial]

Sabino, C., (2014). **EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.** 6ta. Edición. Editorial Humanitas. Buenos Aires – Argentina. pp. 99.

Sapag, N., Sapag, R. y Sapag, J. (2014). **PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS.** Sexta edición. Editorial: McGraw-Hill Interamericana de España S.L. España. pp. 32 – 34.

Serrano, F. (2020). **PROYECTOS DE INVERSIÓN.** 2da edición. Grupo Editorial Patria, S.A. Ciudad de México. pp. 70 – 72.

Speth, C. (2016). **EL ANÁLISIS DAFO. LOS SECRETOS PARA FORTALECER SU NEGOCIO.** Editorial 50 minutos. España. pp. 10.

Tamayo y Tamayo, M. (2012). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA – INCLUYE EVALUACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN.** (8ª edición). Ciudad de México, México: Limusa. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. pp. 122.

TREN DE LAMINACIÓN. 25 de Abril de 2023. [<https://glosarios.servidor-alicante.com>]

ANEXOS

ANEXO 1
REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA CENTRAL DE GRASA
I Y II Y DEL DETERIORO DE LA TUBERÍA

Central de grasa I (Vidal N, 2020).



Deterioro de la tubería original de 20mm de la Central. (Vidal N, 2020).



Central de Grasa II (Vidal. N, 2020).



Medición de la presión de salida. (Vidal N, 2020).



ANEXO 2
ANÁLISIS QUÍMICO DE LA GRASA

**DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD
LABRATORIO**

N°: 2020-G-015

**PRODUCTO: GRASA AGUA 2 (MOLY-VEN)
LOTE: 150310
FECHA: 15-10-2010
PEDIDO: 6600340999 (16 TAMBORES)**

Certificado de análisis de la Grasa empleada (Vidal N, 2020).

Propiedades	Especificación	Unidad	Resultados	Norma
CONSISTENCIA NLGI	2	Adim.	2	ASTM D-217
PENETRACIÓN TRABAJADA, 60 GOLPES	265 - 295	1/10 mm	270	ASTM D-217
PENETRACIÓN TRABAJADA, 10.000 GOLPES	-	1/10 mm	276	ASTM D-217
ESTABILIDAD MECÁNICA	< 3	%	1,70	ASTM D-217
PUNTO DE GOTEO	Min. 180	°C	195	ASTM D-566
ALCALINIDAD	< 0,1	Mg KOH/g	0,06	ASTM D-128
SEPARACIÓN DE ACEITE	< 0,5	%	0,2	ASTM D-1714
ENSAYO 4 BOLAS, DESGASTE, TAMAÑO HUELLA	Máx. 0,45	mm	0,29	ASTM D-2266
ENSAYO 4 BOLAS, EXTREMA PRESIÓN, PUNTO DE SOLDADURA	-	Kg-f	400	ASTM D-2596
PERDIDA POR ARRASTRE POR AGUA A 38,8 °C	Máx. 9	%	5	ASTM D-4049
ESTABILIDAD DE OXIDACIÓN, 100 HORAS A 100 °C	1 - 6	psi	3	ASTM D-942
PREVENCIÓN A LA CORROSIÓN	-	Adim.	pasa	ASTM D-1743
CONTENIDO DE Mo. (ICP)	Min. 3	%	3,2	ASTM D-5185

ANEXO 3

**FORMATO DE LISTA DE CHEQUEO PARA LA EVALUACIÓN
DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE
LUBRICACIÓN**

CHEK LIST

Chek list aplicado para la evaluación de los equipos que componen el sistema centralizado de lubricación de la central de grasa I. (Vidal N, 2020).

Equipo a evaluar	Criterios de evaluación del equipo	Calificación					
		0	1	2	3	4	5
BCN-85-A Bomba neumática	1.- ¿Se realiza la inspección diaria del equipo?						
Limpieza del equipo	2.- ¿El equipo se encuentra limpio?						
Ruido	3.- ¿Presenta algún ruido extraño?						
Vibración	4.- ¿Presenta vibración?						
Tuberías y conectores	5.- ¿Presentan alguna fisura oxidación o taponamiento?						
Tiempo en levantar presión	6.- ¿Se toma el tiempo en levantar presión el equipo?						
	7.- ¿Se realizan los cálculos por pérdidas?						
BCE-DJ4 Bomba de doble pistón							
Limpieza del equipo	1.- ¿Se realiza la inspección diaria del equipo?						
Limpieza e inspección estación de mantenimiento del aire comprimido	2.- ¿El equipo se encuentra limpio?						
Ruido	3.- ¿Presenta algún ruido extraño?						
Vibración	4.- ¿Presenta vibración?						
Tuberías y conectores	5.- ¿Presentan alguna fisura oxidación o taponamiento?						
Tiempo en levantar presión	6.- ¿Se toma el tiempo en levantar presión el equipo?						
VCI-R-40 Válvula inversora	1.- ¿Se realiza la inspección diaria del equipo?						
Limpieza del equipo	2.- ¿Se verifica la limpieza de esta válvula?						
Presión de trabajo	3.- ¿Se mide la presión de trabajo?						
Inspección de tuberías y mangueras	4.- ¿Se efectúa la inspección diaria para verificar fugas u obstrucciones?						
VCC-1 Válvula de control	1.- ¿Se realiza la inspección diaria del equipo?						
Presión máxima	2.- ¿Se mide la presión máxima de trabajo?						
Presión mínima	3.- ¿Se mide la presión mínima de trabajo?						

CHEK LIST

Chek list aplicado para la evaluación de los equipos que componen el sistema centralizado de lubricación de la central de grasa II. (Vidal N, 2020).

Equipo a evaluar	Criterios de evaluación del equipo	Calificación					
		0	1	2	3	4	5
DCM-250 Distribuidores	1.- ¿Se realiza la inspección diaria del equipo?						
Limpieza	2.- ¿El equipo se encuentra limpio?						
Inspección de tuberías	3.- ¿Se realiza la inspección de las tuberías para verificar si presenta alguna anomalía?						
Presión de Trabajo	4.- ¿Se obtiene la presión de trabajo del equipo?						
Temperatura	5.- ¿Se mide la temperatura del equipo?						
Presión de descarga	6.- ¿Se presión de descarga del equipo?						
TF-1 Filtro	1.- ¿Se realiza la inspección diaria del equipo?						
Limpieza del equipo	2.- ¿El equipo se encuentra limpio?						
Presión de trabajo	3.- ¿Se mide la presión de trabajo?						
Micronaje	4.- ¿?						
ECB-DC-42 Estación de bombeo	1.- ¿Se realiza la inspección diaria del equipo?						
Nivel de presión	2.- ¿Se verifica el nivel de presión?						
Presión de alivio	3.- ¿Se mide la presión de alivio?						
BCN-221-A Bomba neumática	1.- ¿Se realiza la inspección diaria del equipo?						
Limpieza del equipo	2.- ¿El equipo se encuentra limpio?						
Ruido	3.- ¿Presenta algún ruido extraño?						
Vibración	4.- ¿Presenta vibración?						
Tuberías y conectores	5.- ¿Presentan alguna fisura oxidación o taponamiento?						
Tiempo en levantar presión	6.- ¿Se toma el tiempo en levantar presión el equipo?						
	7.- ¿Se realizan los cálculos por pérdidas?						
FRL Filtro regulador de línea	1.- ¿Se realiza la inspección diaria del equipo?						
Limpieza del equipo	2.- ¿El equipo se encuentra limpio?						
Presión de trabajo	3.- ¿Se mide la presión de trabajo?						
Micronaje	4.- ¿?						

ANEXO 4
CÁLCULOS DE PÉRDIDAS Y PRESIONES POR TUBERÍA

Cálculo de las pérdidas por tramo de tubería, estudiando la tubería principal como fue concebida en su diseño original.

Conforme a los datos suministrados por el proveedor del sistema centralizado de lubricación, la tubería en estudio posee un diámetro externo de 20mm y un espesor de sus paredes de 3mm, lo cual significa que su diámetro interno es de 14mm. La densidad de la grasa es de $\rho = 923\text{Kg}/\text{m}^3$ (dato suministrado por la empresa “Moliven” proveedor de grasa).

Los cálculos de las pérdidas por tramo de tubería se realizaron de manera individual, es decir, por los bastidores que integran el tren intermedio II, terminador II y terminador I respectivamente, tal como se muestran a continuación:

INTERMEDIO II

Bastidor 15

$P_1 = 120 \text{ bar}; P_2 = 41 \text{ bar}; L = 32,94\text{m}; r = 0,007\text{m}; \rho = 923\text{Kg}/\text{m}^3$

$$\tau = \frac{\Delta p r}{2L} = \frac{(120 - 41)\text{bar} \times 0,007 \text{ m}}{2 \times 32,94\text{m}} = 0,008394\text{bar} \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{bar}} \Rightarrow$$

$$\tau = 839,4\text{Pa}$$

$$f = \frac{\tau^8}{\rho v^2} = \frac{(839,4\text{Pa})^8}{923\text{Kg}/\text{m}^3 (0,13\text{m}/\text{s})^2} \Rightarrow$$

$$f = 430,49$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 430,39 \frac{32,940m}{0,014m} \frac{(0,13m/s)^2}{2(9,81m/s^2)} \Rightarrow$$

$$hf = 872m$$

Bastidor 16

$$P1 = 120 \text{ bar}; P2 = 48 \text{ bar}; L = 29,387m; r = 0,007m; \rho = 923 \text{ Kg/m}^3$$

$$\tau = \frac{\Delta pr}{2L} = \frac{(120 - 48) \text{ bar} \times 0,007 \text{ m}}{2 \times 29,387m} = 0,008575 \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{bar}} \Rightarrow$$

$$\tau = 857,5 \text{ Pa}$$

$$f = \frac{\tau 8}{\rho v^2} = \frac{(857,5 \text{ Pa}) 8}{923 \text{ Kg/m}^3 (0,13 \text{ m/s})^2} \Rightarrow$$

$$f = 439,78$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 439,79 \frac{29,387m}{0,014m} \frac{(0,13m/s)^2}{2(9,81m/s^2)} \Rightarrow$$

$$hf = 795,15m$$

Bastidor 17

$$P_1 = 120 \text{ bar}; P_2 = 50 \text{ bar}; L = 25,864 \text{ m}; r = 0,007 \text{ m}; \rho = 923 \text{ Kg/m}^3$$

$$\tau = \frac{\Delta p r}{2L} = \frac{(120 - 50) \text{ bar} \times 0,007 \text{ m}}{2 \times 25,864 \text{ m}} = 0,0094726 \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{bar}} \Rightarrow$$

$$\tau = 947,26 \text{ Pa}$$

$$f = \frac{\tau^8}{\rho v^2} = \frac{(947,26 \text{ Pa})^8}{923 \text{ Kg/m}^3 (0,13 \text{ m/s})^2} \Rightarrow$$

$$f = 485,81$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 485,81 \frac{25,864 \text{ m}}{0,014 \text{ m}} \frac{(0,13 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} \Rightarrow$$

$$hf = 772,74 \text{ m}$$

Bastidor 18

$$P_1 = 120 \text{ bar}; P_2 = 50 \text{ bar}; L = 22,144 \text{ m}; r = 0,007 \text{ m}; \rho = 923 \text{ Kg/m}^3$$

$$\tau = \frac{\Delta p r}{2L} = \frac{(120 - 50) \text{ bar} \times 0,007 \text{ m}}{2 \times 22,144 \text{ m}} = 0,011063 \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{bar}} \Rightarrow$$

$$\tau = 1106,3 \text{ Pa}$$

$$f = \frac{\tau 8}{\rho v^2} = \frac{(1106,3\text{Pa})8}{923\text{Kg/m}^3 (0,13\text{m/s})^2} \Rightarrow$$

$$f = 567,38$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 567,38 \frac{22,144\text{m}}{0,014\text{m}} \frac{(0,13\text{m/s})^2}{2(9,81\text{m/s}^2)} \Rightarrow$$

$$hf = 772,68\text{m}$$

TERMINADOR II

Bastidor 20-II

$$P1= 120 \text{ bar}; P2= 39 \text{ bar}; L= 38,309\text{m}; r= 0,007\text{m}; \rho= 923\text{Kg/m}^3$$

$$\tau = \frac{\Delta p r}{2L} = \frac{(120 - 39)\text{bar} \times 0,007 \text{ m}}{2 \times 38,309\text{m}} = 0,007400\text{bar} \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{bar}} \Rightarrow$$

$$\tau = 740\text{Pa}$$

$$f = \frac{\tau 8}{\rho v^2} = \frac{(740\text{Pa})8}{923\text{Kg/m}^3 (0,13\text{m/s})^2} \Rightarrow$$

$$f = 379,51$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 379,51 \frac{38,309\text{m}}{0,014\text{m}} \frac{(0,13\text{m/s})^2}{2(9,81\text{m/s}^2)} \Rightarrow$$

$$hf = 894,12m$$

Bastidor 22-II

$$P1= 120 \text{ bar}; P2= 35 \text{ bar}; L= 47,652m; r= 0,007m; \rho= 923\text{Kg}/m^3$$

$$\tau = \frac{\Delta pr}{2L} = \frac{(120 - 35) \text{ bar} \times 0,007 \text{ m}}{2 \times 47,652 \text{ m}} = 0,007400 \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{bar}} \Rightarrow$$

$$\tau = 642,3 \text{ Pa}$$

$$f = \frac{\tau 8}{\rho v^2} = \frac{(642,3 \text{ Pa}) 8}{923 \text{ Kg}/m^3 (0,13 \text{ m/s})^2}$$

$$f = 320,18$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 320,18 \frac{47,652 \text{ m}}{0,014 \text{ m}} \frac{(0,13 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} \Rightarrow$$

$$hf = 938,71m$$

TERMINADOR I

Bastidor 19-I

$$P1= 120 \text{ bar}; P2= 23 \text{ bar}; L= 56,416m; r= 0,007m; \rho= 923\text{Kg}/m^3$$

$$\tau = \frac{\Delta p r}{2L} = \frac{(120 - 41) \text{ bar} \times 0.007 \text{ m}}{2 \times 56,416 \text{ m}} = 0.006017 \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{bar}} \Rightarrow$$

$$\tau = 601,7 \text{ Pa}$$

$$f = \frac{\tau^8}{\rho v^2} = \frac{(601,7 \text{ Pa})^8}{923 \text{ Kg/m}^3 (0,13 \text{ m/s})^2} \Rightarrow$$

$$f = 308,58$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 308,58 \frac{56,416 \text{ m}}{0,014 \text{ m}} \frac{(0,13 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} \Rightarrow$$

$$hf = 1070,64 \text{ m}$$

Bastidor 20-I

$$P_1 = 120 \text{ bar}; P_2 = 20 \text{ bar}; L = 61,686 \text{ m}; r = 0,007 \text{ m}; \rho = 923 \text{ Kg/m}^3$$

$$\tau = \frac{\Delta p r}{2L} = \frac{(120 - 20) \text{ bar} \times 0.007 \text{ m}}{2 \times 61,686 \text{ m}} = 0.005673 \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{bar}} \Rightarrow$$

$$\tau = 567,3 \text{ Pa}$$

$$f = \frac{\tau^8}{\rho v^2} = \frac{(567,3 \text{ Pa})^8}{923 \text{ Kg/m}^3 (0,13 \text{ m/s})^2} \Rightarrow$$

$$f = 290,94$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 290,94 \frac{61,686m}{0,014m} \frac{(0,13m/s)^2}{2(9,81m/s^2)} \Rightarrow$$

$$\mathbf{hf = 1104,2m}$$

Bastidor 21-I

$$P1= 120 \text{ bar}; P2= 19 \text{ bar}; L= 67,596m; r= 0,007m; \rho= 923Kg/m^3$$

$$\tau = \frac{\Delta pr}{2L} = \frac{(120 - 41)bar \times 0,007 m}{2 \times 67,596m} = 0,005229bar \times 10^5 \frac{Pa}{bar} \Rightarrow$$

$$\tau = 522,9Pa$$

$$f = \frac{\tau 8}{\rho v^2} = \frac{(522,9Pa)8}{923Kg/m^3 (0,13m/s)^2} \Rightarrow$$

$$f = 268,17$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 268,17 \frac{67,596m}{0,014m} \frac{(0,13m/s)^2}{2(9,81m/s^2)} \Rightarrow$$

$$\mathbf{hf = 1114,82m}$$

Bastidor 22-I

$$P_1 = 120 \text{ bar}; P_2 = 19 \text{ bar}; L = 64,956 \text{ m}; r = 0,007 \text{ m}; \rho = 923 \text{ Kg/m}^3$$

$$\tau = \frac{\Delta p r}{2L} = \frac{(120 - 19) \text{ bar} \times 0,007 \text{ m}}{2 \times 64,956 \text{ m}} = 0,005442 \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{bar}} \Rightarrow$$

$$\tau = 544,2 \text{ Pa}$$

$$f = \frac{\tau^8}{\rho v^2} = \frac{(544,2 \text{ Pa})^8}{923 \text{ Kg/m}^3 (0,13 \text{ m/s})^2} \Rightarrow$$

$$f = 279,1$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 279,1 \frac{64,956 \text{ m}}{0,014 \text{ m}} \frac{(0,13 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} \Rightarrow$$

$$hf = 1114,94 \text{ m}$$

Cálculo de las presiones, considerando un posible seccionamiento de la tubería principal de grasa en tres partes.

INTERMEDIO II

Bastidor 15

$$P = -0,7599 (32,94) + 68,148 = 43,11 \text{ bar}$$

Bastidor 16

$$P = -0,7599 (29,387) + 68,148 = 45,81 \text{ bar}$$

Bastidor 17

$$P = 0,7599 (25,864) + 68,148 = 48,49 \text{ bar}$$

Bastidor 18

$$P = 0,7599 (22,144) + 68,148 = 51,32 \text{ bar}$$

TERMINADOR II**Bastidor 20-II**

$$P = -0,7599 (32,722) + 68,148 = 43,28 \text{ bar}$$

Bastidor 22-II

$$P = -0,7599 (23,425) + 68,148 = 50,34 \text{ bar}$$

TERMINADOR I**Bastidor 19-I**

$$P = 0,7599 (13,739) + 68,148 = 57,7 \text{ bar}$$

Bastidor 20-I

$$P = 0,7599 (19,009) + 68,148 = 53,7 \text{ bar}$$

Bastidor 21-I

$$P = 0,7599 (22,279) + 68,148 = 51,2 \text{ bar}$$

Bastidor 22-I

$$P = 0,7599 (27,663) + 68,148 = 47,12 \text{ bar}$$

Cálculo de las pérdidas por tramo de tubería, considerando un posible seccionamiento de la tubería principal de grasa en tres partes.

INTERMEDIO II

Bastidor 15

$$hf = 8,3876 (32,94) + 572,44 = 848,72 \text{ m}$$

Bastidor 16

$$hf = 8,3876 (29,387) + 572,44 = 818,92 \text{ m}$$

Bastidor 17

$$hf = 8,3876 (25,864) + 572,44 = 789,37 \text{ m}$$

Bastidor 18

$$hf = 8,3876 (22,144) + 572,44 = 758,17 \text{ m}$$

TERMINADOR II

Bastidor 20-II

$$hf = 8,3876 (32,722) + 572,44 = 846,89 \text{ m}$$

Bastidor 22-II

$$hf = 8,3876 (23,425) + 572,44 = 768,91 \text{ m}$$

TERMINADOR I**Bastidor 19-I**

$$hf = 8,3876 (13,739) + 572,44 = 687,67 \text{ m}$$

Bastidor 20-I

$$hf = 8,3876 (19,009) + 572,44 = 731,87 \text{ m}$$

Bastidor 21-I

$$hf = 8,3876 (22,279) + 572,44 = 759,3 \text{ m}$$

Bastidor 22-I

$$hf = 8,3876 (27,663) + 572,44 = 804,46 \text{ m}$$

Cálculo de las pérdidas por tramo de tubería, después de haber seccionado la tubería principal.

Según los datos suministrados por el proveedor del sistema centralizado de lubricación, la tubería en estudio posee un diámetro externo de 20mm y un espesor de sus paredes de 3mm, lo cual significa que su diámetro interno es de 14mm. La densidad de la grasa es de $\rho = 923\text{Kg}/\text{m}^3$ (dato suministrado por la empresa “Moliven” proveedor de grasa).

Los cálculos de las pérdidas por tramo de tubería se realizaron de manera individual, es decir, por los bastidores que integran el tren intermedio II, terminador II y terminador I respectivamente, tal como se muestran a continuación:

INTERMEDIO II

Bastidor 15

$P_1 = 120 \text{ bar}$; $P_2 = 49 \text{ bar}$; $L = 32,94\text{m}$; $r = 0,007\text{m}$; $\rho = 923\text{Kg}/\text{m}^3$

$$\tau = \frac{\Delta p r}{2L} = \frac{(120 - 49)\text{bar} \times 0,007 \text{ m}}{2 \times 32,94\text{m}} = 0,007650\text{bar} \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{bar}} \Rightarrow$$

$$\tau = 765\text{Pa}$$

$$f = \frac{\tau^8}{\rho v^2} = \frac{(765\text{Pa})^8}{923\text{Kg}/\text{m}^3 (0,13\text{m}/\text{s})^2} \Rightarrow$$

$$f = 392,34$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 392,34 \frac{32,940m}{0,014m} \frac{(0,13m/s)^2}{2(9,81m/s^2)} \Rightarrow$$

$$hf = 794,8m$$

Bastidor 16

$$P1= 120 \text{ bar}; P2= 50 \text{ bar}; L= 29,387m; r= 0,007m; \rho= 923Kg/m^3$$

$$\tau = \frac{\Delta pr}{2L} = \frac{(120 - 50)bar \times 0.007 m}{2 \times 29,387m} = 0.008337bar \times 10^5 \frac{Pa}{bar} \Rightarrow$$

$$\tau = 833,7Pa$$

$$f = \frac{\tau 8}{\rho v^2} = \frac{(833,7Pa)8}{923Kg/m^3 (0,13m/s)^2} \Rightarrow$$

$$f = 427,57$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 427,57 \frac{29,387m}{0,014m} \frac{(0,13m/s)^2}{2(9,81m/s^2)} \Rightarrow$$

$$hf = 772,74m$$

Bastidor 17

$$P1= 120 \text{ bar}; P2= 51 \text{ bar}; L= 25,864m; r= 0,007m; \rho= 923Kg/m^3$$

$$\tau = \frac{\Delta p r}{2L} = \frac{(120 - 51) \text{ bar} \times 0.007 \text{ m}}{2 \times 25,864 \text{ m}} = 0.009338 \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{bar}} \Rightarrow$$

$$\tau = 933,8 \text{ Pa}$$

$$f = \frac{\tau 8}{\rho v^2} = \frac{(933,8 \text{ Pa}) 8}{923 \text{ Kg/m}^3 (0,13 \text{ m/s})^2} \Rightarrow$$

$$f = 478,91$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 478,91 \frac{25,864 \text{ m}}{0,014 \text{ m}} \frac{(0,13 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} \Rightarrow$$

$$hf = 761,77 \text{ m}$$

Bastidor 18

$$P_1 = 120 \text{ bar}; P_2 = 53 \text{ bar}; L = 22,144 \text{ m}; r = 0,007 \text{ m}; \rho = 923 \text{ Kg/m}^3$$

$$\tau = \frac{\Delta p r}{2L} = \frac{(120 - 52) \text{ bar} \times 0.007 \text{ m}}{2 \times 22,144 \text{ m}} = 0.010747 \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{bar}} \Rightarrow$$

$$\tau = 1074,7 \text{ Pa}$$

$$f = \frac{\tau 8}{\rho v^2} = \frac{(1074,7 \text{ Pa}) 8}{923 \text{ Kg/m}^3 (0,13 \text{ m/s})^2} \Rightarrow$$

$$f = 551,17$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 551,17 \frac{22,144m}{0,014m} \frac{(0,13m/s)^2}{2(9,81m/s^2)} \Rightarrow$$

$$hf = 750,93m$$

TERMINADOR II

Bastidor 20-II

$$P1= 120 \text{ bar}; P2= 41 \text{ bar}; L= 32,722m; r= 0,007m; \rho= 923Kg/m^3$$

$$\tau = \frac{\Delta p r}{2L} = \frac{(120 - 41) \text{ bar} \times 0,007 \text{ m}}{2 \times 32,722m} = 0,008343 \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{bar}} \Rightarrow$$

$$\tau = 834,3 \text{ Pa}$$

$$f = \frac{\tau^8}{\rho v^2} = \frac{(834,3 \text{ Pa})^8}{923 \text{ Kg/m}^3 (0,13 \text{ m/s})^2} \Rightarrow$$

$$f = 427,88$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 427,88 \frac{32,722m}{0,014m} \frac{(0,13m/s)^2}{2(9,81m/s^2)} \Rightarrow$$

$$hf = 861m$$

Bastidor 22-II

$$P1= 120 \text{ bar}; P2= 44 \text{ bar}; L= 23,425m; r= 0,007m; \rho= 923Kg/m^3$$

$$\tau = \frac{\Delta pr}{2L} = \frac{(120 - 44)bar \times 0.007 m}{2 \times 23,425m} = 0.011355bar \times 10^5 \frac{Pa}{bar} \Rightarrow$$

$$\tau = 1135,5Pa$$

$$f = \frac{\tau 8}{\rho v^2} = \frac{(1135,5Pa)8}{923Kg/m^3 (0,13m/s)^2} \Rightarrow$$

$$f = 582,35$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 582,35 \frac{23,425m}{0,014m} \frac{(0,13m/s)^2}{2(9,81m/s^2)} \Rightarrow$$

$$hf = 839,31m$$

TERMINADOR I

Bastidor 19-I

$$P1= 120 \text{ bar}; P2= 54 \text{ bar}; L= 13,739m; r= 0,007m; \rho= 923Kg/m^3$$

$$\tau = \frac{\Delta pr}{2L} = \frac{(120 - 54) \text{ bar} \times 0.007 \text{ m}}{2 \times 13,739 \text{ m}} = 0.016813 \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{bar}} \Rightarrow$$

$$\tau = 1681,3 \text{ Pa}$$

$$f = \frac{\tau 8}{\rho v^2} = \frac{(1681,3 \text{ Pa}) 8}{923 \text{ Kg/m}^3 (0,13 \text{ m/s})^2} \Rightarrow$$

$$f = 862,27$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 862,27 \frac{13,739 \text{ m}}{0,014 \text{ m}} \frac{(0,13 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} \Rightarrow$$

$$hf = 728,57 \text{ m}$$

Bastidor 20-I

$$P1 = 120 \text{ bar}; P2 = 50 \text{ bar}; L = 19,009 \text{ m}; r = 0,007 \text{ m}; \rho = 923 \text{ Kg/m}^3$$

$$\tau = \frac{\Delta pr}{2L} = \frac{(120 - 50) \text{ bar} \times 0.007 \text{ m}}{2 \times 19,009 \text{ m}} = 0.012888 \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{bar}} \Rightarrow$$

$$\tau = 1288,8 \text{ Pa}$$

$$f = \frac{\tau 8}{\rho v^2} = \frac{(1288,8 \text{ Pa}) 8}{923 \text{ Kg/m}^3 (0,13 \text{ m/s})^2} \Rightarrow$$

$$f = 660,97$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 660,97 \frac{19,009m}{0,014m} \frac{(0,13m/s)^2}{2(9,81m/s^2)} \Rightarrow$$

$$\mathbf{hf = 772,7m}$$

Bastidor 21-I

$$P1= 120 \text{ bar}; P2= 46 \text{ bar}; L= 22,279m; r= 0,007m; \rho= 923Kg/m^3$$

$$\tau = \frac{\Delta pr}{2L} = \frac{(120 - 46)bar \times 0,007 m}{2 \times 22,279m} = 0,011625bar \times 10^5 \frac{Pa}{bar} \Rightarrow$$

$$\tau = 1162,5Pa$$

$$f = \frac{\tau 8}{\rho v^2} = \frac{(1162,5Pa)8}{923Kg/m^3 (0,13m/s)^2} \Rightarrow$$

$$f = 596,2$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 596,2 \frac{22,279m}{0,014m} \frac{(0,13m/s)^2}{2(9,81m/s^2)} \Rightarrow$$

$$\mathbf{hf = 816,88m}$$

Bastidor 22-I

$$P_1 = 120 \text{ bar}; P_2 = 45 \text{ bar}; L = 27,663 \text{ m}; r = 0,007 \text{ m}; \rho = 923 \text{ Kg/m}^3$$

$$\tau = \frac{\Delta p r}{2L} = \frac{(120 - 45) \text{ bar} \times 0,007 \text{ m}}{2 \times 27,663 \text{ m}} = 0,009489 \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{bar}} \Rightarrow$$

$$\tau = 948,9 \text{ Pa}$$

$$f = \frac{\tau^8}{\rho v^2} = \frac{(948,9 \text{ Pa})^8}{923 \text{ Kg/m}^3 (0,13 \text{ m/s})^2} \Rightarrow$$

$$f = 486,65$$

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 486,65 \frac{27,663 \text{ m}}{0,014 \text{ m}} \frac{(0,13 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} \Rightarrow$$

$$\mathbf{hf = 828,27 \text{ m}}$$

Cálculo de las pérdidas por tramo de tubería, de la tubería principal instalada en el tren desbastador e intermedio I.

Cálculo de las pérdidas

Tomando en consideración que los únicos bastidores que tienen una tubería de alimentación de una pulgada (1") son el ocho (8) y el trece (13), por cuanto el resto de los bastidores posee una tubería de 20mm, lo cual se verá reflejado en los cálculos a la hora de incluir los datos de las velocidades en la ecuación, por tal motivo se procedió a calcular la velocidad para los tres (3) diámetros de tubería existentes.

Tubería 2"

$$v_1 = 0,0043 \text{ m/s}$$

Tubería 1"

$$v_2 = 0,0167 \text{ m/s}$$

Tubería 20mm

$$v_3 = 0,06 \text{ m/s}$$

Bastidor 1

$$P_1 = 95 \text{ bar}; P_2 = 50 \text{ bar}; Z_1 = 0,5 \text{ m}; Z_2 = 4,45 \text{ m}; \gamma = 9054,6 \text{ N/m}^3$$

$$hf + h_s = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + Z_1 - Z_2 \Rightarrow$$

$$\frac{(95 - 50) \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{N/m}^2}{\text{bar}}}{9054,6 \text{ N/m}^2} + \frac{(0,0043 \text{ m/s})^2 - (0,06 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} + (0,5 - 4,45) \text{ m} \Rightarrow$$

$$hf + hs = (496,98 - 0,000182 - 3,95) \text{ m} \Rightarrow$$

$$hf + hs = 493 \text{ m}$$

Bastidor 3

$$P_1 = 95 \text{ bar}; P_2 = 47 \text{ bar}; Z_1 = 0,5 \text{ m}; Z_2 = 4,45 \text{ m}; \gamma = 9054,6 \text{ N/m}^3$$

$$hf + hs = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + Z_1 - Z_2 \Rightarrow$$

$$\frac{(95 - 47) \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{N/m}^2}{\text{bar}}}{9054,6 \text{ N/m}^2} + \frac{(0,0043 \text{ m/s})^2 - (0,06 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} + (0,5 - 4,45) \text{ m} \Rightarrow$$

$$hf + hs = (530,11 - 0,000182 - 3,95) \text{ m} \Rightarrow$$

$$hf + hs = 526,15 \text{ m}$$

Bastidor 4

$$P_1 = 95 \text{ bar}; P_2 = 48 \text{ bar}; Z_1 = 0,5 \text{ m}; Z_2 = 4,45 \text{ m}; \gamma = 9054,6 \text{ N/m}^3$$

$$hf + hs = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + Z_1 - Z_2 \Rightarrow$$

$$\frac{(95 - 48) \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{N/m}^2}{\text{bar}}}{9054,6 \text{ N/m}^2} + \frac{(0,0043 \text{ m/s})^2 - (0,06 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} + (0,5 - 4,45) \text{ m} \Rightarrow$$

$$hf + hs = (519 - 0,000182 - 3,95) \text{ m} \Rightarrow$$

$$\mathbf{hf + hs = 515 \text{ m}}$$

Bastidor 5

$$P_1 = 95 \text{ bar}; P_2 = 53 \text{ bar}; Z_1 = 0,5 \text{ m}; Z_2 = 4,45 \text{ m}; \gamma = 9054,6 \text{ N/m}^3$$

$$hf + hs = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + Z_1 - Z_2 \Rightarrow$$

$$\frac{(95 - 53) \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{N/m}^2}{\text{bar}}}{9054,6 \text{ N/m}^2} + \frac{(0,0043 \text{ m/s})^2 - (0,06 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} + (0,5 - 4,45) \text{ m} \Rightarrow$$

$$hf + hs = (464 - 0,000182 - 3,95) \text{ m} \Rightarrow$$

$$\mathbf{hf + hs = 460 \text{ m}}$$

Bastidor 6

$$P_1 = 95 \text{ bar}; P_2 = 54 \text{ bar}; Z_1 = 0,5 \text{ m}; Z_2 = 4,45 \text{ m}; \gamma = 9054,6 \text{ N/m}^3$$

$$hf + hs = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + Z_1 - Z_2 \Rightarrow$$

$$\frac{(95 - 54) \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{N/m}^2}{\text{bar}}}{9054,6 \text{ N/m}^2} + \frac{(0,0043 \text{ m/s})^2 - (0,06 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} + (0,5 - 4,45) \text{ m} \Rightarrow$$

$$hf + hs = (452,8 - 0,000182 - 3,95) \text{ m} \Rightarrow$$

$$\mathbf{hf + hs = 448,8m}$$

Bastidor 7

$$P_1 = 95 \text{ bar}; P_2 = 55 \text{ bar}; Z_1 = 0,5 \text{ m}; Z_2 = 4,45 \text{ m}; \gamma = 9054,6 \text{ N/m}^3$$

$$hf + hs = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + Z_1 - Z_2 \Rightarrow$$

$$\frac{(95 - 55) \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{N/m}^2}{\text{bar}}}{9054,6 \text{ N/m}^2} + \frac{(0,0043 \text{ m/s})^2 - (0,06 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} + (0,5 - 4,45) \text{ m} \Rightarrow$$

$$hf + hs = (441,76 - 0,000182 - 3,95) \text{ m} \Rightarrow$$

$$\mathbf{hf + hs = 437,8m}$$

Bastidor 8

$$P_1 = 95 \text{ bar}; P_2 = 58 \text{ bar}; Z_1 = 0,5 \text{ m}; Z_2 = 4,45 \text{ m}; \gamma = 9054,6 \text{ N/m}^3$$

$$hf + hs = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + Z_1 - Z_2 \Rightarrow$$

$$\frac{(95 - 58) \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{N/m}^2}{\text{bar}}}{9054,6 \text{ N/m}^2} + \frac{(0,0043 \text{ m/s})^2 - (0,06 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} + (0,5 - 4,45) \text{ m} \Rightarrow$$

$$hf + hs = (408,63 - 0,000182 - 3,95) \text{ m} \Rightarrow$$

$$\mathbf{hf + hs = 404,67 \text{ m}}$$

Bastidor 12

$$P_1 = 95 \text{ bar}; P_2 = 57 \text{ bar}; Z_1 = 0,5 \text{ m}; Z_2 = 4,45 \text{ m}; \gamma = 9054,6 \text{ N/m}^3$$

$$hf + hs = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + Z_1 - Z_2 \Rightarrow$$

$$\frac{(95 - 57) \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{N/m}^2}{\text{bar}}}{9054,6 \text{ N/m}^2} + \frac{(0,0043 \text{ m/s})^2 - (0,06 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} + (0,5 - 4,45) \text{ m} \Rightarrow$$

$$hf + hs = (419,67 - 0,000182 - 3,95) \text{ m} \Rightarrow$$

$$\mathbf{hf + hs = 415,71 \text{ m}}$$

Bastidor 13

$P_1 = 95 \text{ bar}$; $P_2 = 62 \text{ bar}$; $Z_1 = 0,5 \text{ m}$; $Z_2 = 4,45 \text{ m}$; $\gamma = 9054,6 \text{ N/m}^3$

$$hf + hs = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + Z_1 - Z_2 \Rightarrow$$

$$\frac{(95 - 62) \text{ bar} \times 10^5 \frac{\text{N/m}^2}{\text{bar}}}{9054,6 \text{ N/m}^2} + \frac{(0,0043 \text{ m/s})^2 - (0,06 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} + (0,5 - 4,45) \text{ m} \Rightarrow$$

$$hf + hs = (364,45 - 0,000182 - 3,95) \text{ m} \Rightarrow$$

$$\mathbf{hf + hs = 360,49 \text{ m}}$$

Cálculo de las presiones de la tubería del diseño propuesto para reemplazar la vieja tubería de diámetro 20mm.

INTERMEDIO II

Bastidor 15

$$P = -0,3182 (33,508) + 68,524 = 57,8 \text{ bar}$$

Bastidor 16

$$P = -0,3182 (30,358) + 68,524 = 58,88 \text{ bar}$$

Bastidor 17

$$P = -0,3182 (26,34) + 68,524 = 60,14 \text{ bar}$$

Bastidor 18

$$P = -0,3182 (22,64) + 68,524 = 61,31 \text{ bar}$$

TERMINADOR II

Bastidor 20-II

$$P = -0,3182 (37,52) + 68,524 = 56,58 \text{ bar}$$

Bastidor 22-II

$$P = -0,3182 (46,82) + 68,524 = 53,62 \text{ bar}$$

TERMINADOR I**Bastidor 19-I**

$$P = -0,3182 (58,09) + 68,524 = 50 \text{ bar}$$

Bastidor 20-I

$$P = -0,3182 (61,48) + 68,524 = 48,9 \text{ bar}$$

Bastidor 21-I

$$P = -0,3182 (66,67) + 68,524 = 47,3 \text{ bar}$$

Bastidor 22-I

$$P = -0,3182 (69,98) + 68,524 = 46,25 \text{ bar}$$

Cálculo de las pérdidas por tramo de tubería, del diseño propuesto para reemplazar la vieja tubería de diámetro 20mm.

INTERMEDIO II

Bastidor 15

$$hf = 3,7092 (33,508) + 274,95 = 399,23 \text{ bar}$$

Bastidor 16

$$hf = 3,7092 (30,358) + 274,95 = 387,55 \text{ bar}$$

Bastidor 17

$$hf = 3,7092 (26,340) + 274,95 = 372,65 \text{ bar}$$

Bastidor 18

$$hf = 3,7092 (22,640) + 274,95 = 358,92 \text{ bar}$$

TERMINADOR II

Bastidor 20-II

$$hf = 3,7092 (37,52) + 274,95 = 414,11 \text{ bar}$$

Bastidor 22-II

$$hf = 3,7092 (46,82) + 274,95 = 448,61 \text{ bar}$$

TERMINADOR I**Bastidor 19-I**

$$hf = 3,7092 (58,09) + 274,95 = 490,41 \text{ bar}$$

Bastidor 20-I

$$hf = 3,7092 (61,48) + 274,95 = 502,9 \text{ bar}$$

Bastidor 21-I

$$hf = 3,7092 (66,67) + 274,95 = 522,24 \text{ bar}$$

Bastidor 22-I

$$hf = 3,7092 (69,98) + 274,95 = 534,51 \text{ bar}$$

