

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LUBRICACIÓN
CENTRALIZADO DE GRASA DE LAS CAJAS DE LAMINACIÓN DEL TREN
DOS DE LA EMPRESA GERDAU DIACO PLANTA TUTA- BOYACÁ**

**MARIA CAMILA BARRIOS AGUILAR
CÓD. 3110305**



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
TUNJA
2016**

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LUBRICACIÓN
CENTRALIZADO DE GRASA DE LAS CAJAS DE LAMINACIÓN DEL TREN
DOS DE LA EMPRESA GERDAU DIACO PLANTA TUTA- BOYACÁ**

**MARIA CAMILA BARRIOS AGUILAR
CÓD. 3110305**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO**



**Director:
INGENIERO WILLIAM FERNANDO ÁLVAREZ CASTAÑEDA
Docente Facultad de Ingeniería Electrónica**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
TUNJA
2016**

TÍTULO

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LUBRICACIÓN
CENTRALIZADO DE GRASA DE LAS CAJAS DE LAMINACIÓN DEL TREN
DOS DE LA EMPRESA GERDAU DIACO PLANTA TUTA- BOYACÁ.**

EXONERACIÓN DE RESPONSABILIDADES

Las ideas y conceptos escritos en este libro son responsabilidad del autor.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Presidente

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Tunja, 11 de Febrero de 2016

DEDICATORIA

Este trabajo de grado lo dedico en primer lugar a Dios por ser mi guía durante mi vida y mi carrera, por permitirme llegar hasta este punto y poder lograr con éxito todas mis metas y sueños.

A mi madre por ser mi apoyo incondicional y brindarme todo el amor, comprensión, cariño y enseñarme cada día a perseverar en las metas y no dejarme rendir. Por estar a mi lado en los momentos más difíciles de mi vida y ser mi sustento diario, este logro es por ti mamá porque sin ti no hubiera llegado a este punto, gracias infinitas.

A mis hermanos por compartir conmigo esta alegría por confiar en mis capacidades y apoyarme en los momentos vividos en mi carrera.

A las personas que compartieron conmigo en algún momento importante de mi vida y mi carrera, que me brindaron su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida y estuvieron a mi lado en los momentos más difíciles. Algunas están acá conmigo y otras en mis recuerdos y en el corazón. Sin importar en donde se encuentren o si alguna vez llegan a leer esta dedicatoria quiero darle las gracias por formar parte de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios que me permitió llegar a esta importante etapa de mi vida profesional así mismo la oportunidad de conocer una nueva cultura y me brindó la salud necesaria para la culminación de este logro.

A mi madre que me brindó todo el apoyo incondicional y siempre ha estado a mi lado en los momentos más importantes de mi vida depositado en mí la confianza requerida.

A mis hermanos, mi familia y amigos que me acompañaron y siguieron este proceso conmigo y me brindaron un apoyo o consejo cuando lo necesite.

A la empresa Gerdau Diaco Planta Tuta especialmente al área de Ingeniería y proyectos, al Ingeniero Jorge Alirio Rojas, por haberme dado la oportunidad de aprender y conocer en esa maravillosa empresa y haberme brindado la confianza necesaria para realizar mi proyecto de grado.

Al Ingeniero José Luis Ealo, Ing. Raúl Sandoval, Albeiro Cárdenas, colaboradores del área de Mantenimiento, eléctricos, lubricadores de la empresa Gerdau Diaco por su paciencia, ayuda y colaboración en la ejecución de mi proyecto y haber elaborado un trabajo satisfactorio.

A la ingeniera Yenny Lara por ser mi apoyo durante mi pasantía en la empresa Gerdau Diaco planta Tuta por compartir sus conocimientos profesionales conmigo y por brindarme una gran amistad.

A la Facultad de Ingeniería electrónica de la universidad Santo Tomas por haber estado en este proceso conmigo y por el apoyo brindado por sus docentes durante toda la carrera.

A la oficina de Relaciones Internacionales de la universidad Santo Tomas por haberme dado la oportunidad de vivir una experiencia académica en otro país. A la Universidad Autónoma de Baja California Campus Ensenada México por haber recibido y permitir vivir esta experiencia durante un semestre académico.

Agradecimiento a todas las personas que estuvieron en el desarrollo de este trabajo y en el proceso de mi formación académica.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	19
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.1 DESCRIPCIÓN.....	20
1.2 FORMULACIÓN.....	21
2 OBJETIVOS.....	22
2.1 OBJETIVO GENERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3 JUSTIFICACIÓN	23
4 MARCO DE REFERENCIA	24
4.1 MARCO HISTORICO	24
4.1.1 Historia siderúrgicas de Colombia	24
4.1.2 Siderúrgica de Boyacá.....	25
4.2 MARCO CONCEPTUAL	26
4.2.1 Protección térmica de los circuitos.....	27
4.2.2 Protección magnetotérmico de un circuito	28
4.3 MARCO TEÓRICO	30
4.3.1 Definición del Acero	30
4.3.2 Sistema de Lubricación.	30

5	METODOLOGÍA.....	33
5.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	33
5.2	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	33
5.3	VARIABLE E INDICADORES	33
6	RESULTADOS	35
6.1	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	35
7	POTENCIA	37
7.1	PROTECCIONES DEL MOTOR.....	37
7.2	ARRANQUE DEL MOTOR	39
8	INSTRUMENTACIÓN	41
8.1	ESTACIÓN CENTRAL DE BOMBEO	41
8.1.1	Sensor de nivel.	42
8.1.2	Sensor de presión o válvula inversora VCIR-40.	44
8.2	CAJA DE LAMINACIÓN.....	45
8.2.1	Rodamientos.....	46
8.2.2	Lubricación con grasa	48
8.2.3	Tipo de rodamiento.	49
8.2.4	Distribuidores de grasa.....	51
9	CONTROL	53
9.1	MÉTODOS DE ESPECIFICACIÓN FUNCIONAL.	53
9.1.1	Esquema gráfico del funcionamiento.	53

9.2	GRAFCET.....	56
9.2.1	Grafcet de Nivel 1 o Funcional	56
9.2.2	Tabla asignación de variables.....	58
9.2.3	Grafcet Nivel 2 o tecnológico	60
9.3	PROGRAMACIÓN LÓGICA.	61
9.3.1	Programación Gráfica.	65
9.4	COMUNICACIÓN ENTRE PLC Y PC	69
10	IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	70
11	CAPACITACIONES	83
12	RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO DE LA ESTACION	
	CENTRAL DE BOMBEO	88
12.1	RECOMENDACIONES GENERALES.....	88
12.2	RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS DURANTE LA OPERACIÓN	89
13	CONCLUSIONES.....	90
14	RECOMENDACIONES.....	92
	GLOSARIO	93
	BIBLIOGRAFIA.....	95
	ANEXOS	98

LISTA DE IMAGENES

	Pág.
Imagen 1. Protecciones Eléctricas del Motor.....	29
Imagen 2. Central de bombeo de grasa ECB-DC-42	31
Imagen 3. División del sistema de control de lubricación	35
Imagen 4. Placa técnica del motor estación central de Bombeo	37
Imagen 5. Protección del motor de la estación central de bombeo de grasa.....	38
Imagen 6. Diagrama de fuerza y control del motor.	39
Imagen 7. Sistema distribución de doble línea.....	41
Imagen 8. Tipo de sensor de nivel switch eléctrico de flotante	42
Imagen 9. Partes del reservorio de grasa.....	42
Imagen 10. Sensor de nivel en la central de bombeo de grasa.....	43
Imagen 11. Partes válvula inversora VCIR-40	44
Imagen 12. Caja de laminación tren dos	46
Imagen 13. Ubicación de los rodamientos en la caja laminadora	46
Imagen 14. Dirección de carga de los rodamientos	49
Imagen 15. Rodamientos de cilindro de doble hilera tipo Radial	50

Imagen 16. Ubicación de los rodamientos en la caja de laminación.	50
Imagen 17. Distribuidores caja de laminación.....	51
Imagen 18. Ubicación distribuidor caja de laminación (parte trasera)	52
Imagen 19. Diseño Programación Manual.....	54
Imagen 20. Diseño de la programación del funcionamiento Automático de la central de bombeo de grasa.	55
Imagen 21. Grafcet Nivel 1 Sistema centralizado de grasa	57
Imagen 22. Grafcet Nivel 2 Sistema centralizado de grasa	61
Imagen 23. Programa Main sistema centralizado de grasa.	61
Imagen 24. Programa Manual sistema centralizado de grasa.	62
Imagen 25. Programa automático sistema centralizado de grasa.....	63
Imagen 26. Quick panel del sistema centralizado de grasa.....	65
Imagen 27. Imágenes del Symbol Factory.....	66
Imagen 28. Propiedades de Animación de imágenes copiadas en Proficy Machine Edition.....	66
Imagen 29. Herramienta para visualizar los tiempos y ciclos de los contadores del sistema centralizado de grasa	67
Imagen 30. Visualización botones de control OFF/ON	67

Imagen 31. Propiedades de Illuminated Push Button Tool centralizado	67
Imagen 32. Script de la fecha de lubricación en la Quick Panel	69
Imagen 33. Pulsador marcha/parada	70
Imagen 34. Interruptor subestación eléctrica tren continuo	70
Imagen 35. Llamado de las subrutinas MASTERT2	71
Imagen 36. Subrutina Manual	72
Imagen 37. Programa Automático	72
Imagen 38. Continuación programa Automático	74
Imagen 39. Menú principal Quick Panel tren continuo T2	74
Imagen 40. Sistema centralizado de grasa apagado / tiempo de espera ON	75
Imagen 41. Sistema centralizado de grasa encendido/ tiempo de lubricación ON	75
Imagen 42. Alarma ciclo encendida	76
Imagen 43. Quick Panel tren continuo tren dos.	77
Imagen 44. Interfaz gráfica sistema centralizado de grasa	77
Imagen 45. Pruebas de grasa aplicada.....	78
Imagen 46. Pruebas programa e interfaz grafica.....	79
Imagen 47. Pruebas pulsador manual.....	80

Imagen 48. Pruebas sensor de nivel	80
Imagen 49. Pruebas de alarmas del sistema.	81
Imagen 50. Cabina de control tren continuo.	82
Imagen 51. Listado asistentes capacitación	83
Imagen 52. Explicación metodos funcionales utilizados en la programación.	84
Imagen 53. Explicación interfaz gráfica sistema centralizado de grasa.....	85
Imagen 54. Sesion de preguntas realizadas en la capacitación.	85
Imagen 55. Colaboradores área de mantenimiento, ingenieria.	86
Imagen 56.Explicación funcionamiento estación central de Bombeo	87

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comparación sistema de lubricación de grasa (antiguo- nuevo).	33
Tabla 2. Valores protecciones del motor de la estación central de Bombeo.....	38
Tabla 3.Características Típicas de la Grasa.	49
Tabla 3.Variables de entrada PLC	59
Tabla 4. Etapas del programa PLC	59
Tabla 5. Acciones del programa del PLC	60
Tabla 6. Contadores y temporizadores del programa PLC	60
Tabla 7. Etapas en la Quick Panel del PLC.	60

ANEXOS

Pág.

ANEXO A Ruta tubería grasa cajas de laminación tren dos de la empresa Gerdau Diaco planta tuta 2015	99
ANEXO B Estación central de bombeo de grasa	102
ANEXO C Formato de planeación de movimiento de las cajas de laminación	104

RESUMEN

En este libro se presenta el trabajo realizado en la empresa Gerdau Diaco planta Tuta como proyecto final de grado. Este proyecto fue realizado de acuerdo a las necesidades de la empresa, con el fin de mejorar la calidad de lubricación de grasa en los rodamientos de las cajas de laminación del tren dos, para que su funcionamiento sea de manera manual o automática y así mismo evitar desperdicios del material.

Se inició por medio de un estudio técnico del equipo que se iba a implementar enfocado en su funcionamiento y en la parte mecánica, y se dio a conocer las generalidades del proyecto, el planteamiento del problema, justificación y objetivos para una adecuada realización, diseño y presentación de éste.

El siguiente paso fue visitar la planta con la finalidad de observar las condiciones físicas del lugar, donde se encuentra el equipo y poder conversar y conocer a mayor profundidad el proceso con los lubricadores acerca de la estación central de bombeo y el tipo de lubricación que se empleó. Posteriormente se investigó sobre las falencias que poseía el sistema anterior comparando con el sistema implementado para establecer pautas al momento de realizar la programación, ya que fue de gran importancia especificar el ciclo en que se presurizan las salidas del sistema.

De la misma manera se identificó e investigó por medio de manuales el funcionamiento y herramientas del software utilizado por el PLC PACSystems RX3i y el tipo de comunicación que se emplea para realizar una adecuada programación acorde a las necesidades presentadas por la empresa; Teniendo en cuenta que la programación lógica y la interfaz gráfica tuviera un lenguaje claro y fuera agradable visualmente al usuario. Adicionalmente se implementó la programación para el registro de la última fecha y hora en que el sistema lubricó a los rodamientos, así mismo las alarmas de nivel, protección térmica y alarma que indica si el ciclo de lubricación se realizó para evitar fallas en el sistema y poner en riesgo los rodamientos de los cilindros de las cajas de laminación.

Finalmente se desarrolló una capacitación sobre el sistema implementado a los operarios de lubricación, eléctricos, mecánicos del tren dos de laminación y al área de ingeniería, así mismo se solicitó una parada de mantenimiento del tren dos para realizar las pruebas del selector manual o automático manipulado directamente desde la touch o desde la caja eléctrica, que se encuentra ubicado cerca de la central de bombeo de grasa; Y poder ser manejado por los operarios en caso de emergencia enfocando principalmente en las alarmas del sistema y los parámetros ajustados en la programación. De igual manera se controló la cantidad de grasa que se estaba inyectando a los rodamientos el cual fue ajustado en los distribuidores.

PROLOGO

El presente documento es el resultado de un estudio juicioso de los sistemas de control electrónico y de regulación para un circuito de lubricación en cajas de Laminación de acero. Para su elaboración fue necesario que la autora desarrollará un seguimiento detenido de los trabajos de montaje y puesta en marcha de los equipos, así como un concienzudo estudio de su operación, teniendo, como guía básica los manuales e instructivos suministrados por la firma fabricante y la constante supervisión y colaboración de los Ingenieros y técnicos de Gerdau Diaco planta siderúrgica ubicada en el municipio de Tuta.

La aplicación de los conocimientos adquiridos durante los estudios adelantados en la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomas de Tunja; dieron los resultados esperados al ser aplicados, durante el desarrollo de la modalidad de trabajo de grado, denominada pasantía cumplida, por la autora María Camila Barrios Aguilar, quien incrementándolos con su estadía en la planta siderúrgica, logró culminar con éxito la labor encomendada, adicionando a labores de programación de PLC , calibración de equipos y aplicaciones electrónicas ,la divulgación de la actividad mediante academias con los colaboradores de la planta.

*Oscar Eduardo Umaña Méndez
Msc. Ingeniero Electrónico*

INTRODUCCIÓN

La empresa Gerdau Diaco, planta Tuta se encuentra ubicada en el departamento de Boyacá y es una de las principales plantas donde se llevan los procesos de: Acería, laminación, mantenimiento y logística.

El proceso de laminación consiste en modificar la sección de una barra de metal al pasar entre dos cilindros, obteniéndose un espesor menor, la palanquilla se hace pasar entre una serie de rodillos metálicos colocados en pares que lo aplastan hasta darle la forma y tamaño deseados. La distancia entre los rodillos va disminuyendo a medida que se reduce el espesor del acero, de igual manera debe reducir el tamaño de la cavidad de cada paso.

Las cajas de laminación al estar expuestas a realizar estos trabajos y a velocidades diferentes, es necesario implementar un sistema de lubricación para evitar el desgaste de las piezas de los cilindros y así crear una capa de lubricante entre ellas. De la misma forma se debe ajustar los distribuidores de las cajas para controlar la cantidad de grasa que necesita cada una, con la finalidad de aumentar la vida útil del equipo y evitar riesgos de sobre trabajo.

Una de las principales herramientas que permite aumentar la vida útil de estos equipos es la lubricación aplicada principalmente a los rodamientos de los cilindros, que si se garantiza una lubricación constante y a puntos difíciles se mejorará el funcionamiento de la caja de laminación. Por esta razón se deberá implementar un sistema de lubricación centralizado de grasa para que las 10 cajas de laminación trabajen de forma manual o automática y cuenten con un sistema de alarmas en caso que algo falle.

Se debe capacitar a los operarios acerca del nuevo sistema de lubricación centralizado para un mejor funcionamiento y mantenimiento del mismo, teniendo en cuenta las recomendaciones dadas tanto para el equipo como para la programación y así crear un sistema automatizado y confiable.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN

En la empresa GERDAU DIACO planta Tuta, en el proyecto mejoras del tren dos se requiere implementar un sistema de lubricación de grasa automático para las cajas de laminación por medio de la programación de un controlador lógico programable de referencia PACSystems RX3i con la finalidad de controlar el tiempo de parada y ejecución de la lubricación, teniendo en cuenta el tiempo en que dura el sistema en realizar un ciclo es decir presurizar las salidas de la central de bombeo de grasa, calculando el tiempo de espera o en que se encuentra la bomba OFF y el tiempo de guardia es decir el tiempo en que la bomba se encuentra ON, que es el tiempo en el cual la bomba lubricará las cajas de laminación del tren dos y permitirá que el sistema funcione de la manera adecuada garantizando siempre la lubricación en los rodamientos.

Así mismo es necesario implementar y diseñar una interfaz gráfica en una Quick Panel, donde se mostrarán los tiempos de ejecución de la bomba, tiempo de espera, número de ciclos, fecha de la última lubricación, alarma térmica, alarma de nivel y alarma de ciclos, un reset de alarma de ciclo, una marcha, un apagado, para así ser monitoreado el proceso por un operario en caso de emergencia o falla en el sistema.

El proyecto Mejoras del tren 2 tiene como objetivo aumentar la capacidad de producción del tren dos de 9000 toneladas a 12.000 toneladas para atender la demanda del mercado. La capacidad está definida con base al trabajo actual del laminador; reduciendo los tiempos de paradas programadas (cambio de perfil, puesta a punto), interrupciones, quiebre de ritmo y reduciendo las pérdidas metálicas (despunte, barras perdidas y producto no conforme) en el desbaste y el tren continuo.

El problema se enfoca en la necesidad de evitar pérdidas excesivas de grasa ya que este un sistema a pérdidas sin retorno y este material es desechado a la piscina de sedimentación del tren dos, el cual se encarga de almacenar las aguas residuales recolectas del tren laminador (desbaste y tren continuo) con el fin de que esta agua sea retornada a las cajas de laminación sin ninguna contaminación, porque provocaría graves consecuencias ya que la grasa es un material viscoso y difícil de diluir.

1.2 FORMULACIÓN

¿Es posible que la implementación de un nuevo sistema de lubricación de grasa para el tren dos de laminación pueda beneficiar el funcionamiento y la vida útil de las cajas de laminación así mismo que ventajas presentaría con respecto al sistema anterior utilizado?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y programar un sistema de control de lubricación centralizado para las cajas de laminación que cuente con una interfaz gráfica haciendo uso del software Proficy Machine Edition para que el sistema de lubricación sea constante y así evitar realizar paradas de mantenimiento en el tren dos de laminación en la empresa Gerdau Diaco planta Tuta.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una verificación de la parte mecánica que integra el sistema de lubricación centralizado por medio de planos de la tubería distribuida al tren dos de laminación, planos eléctricos, visita a la planta, manual de los equipos utilizados con la finalidad de entender su funcionamiento y conocer el sistema que se requiere implementar.
- Determinar las protecciones eléctricas requeridas para la puesta en marcha del sistema de lubricación de grasa según especificaciones técnicas considerando la referencia del motor, el tiempo de trabajo de los equipos, para poder determinar los valores exactos y precisos para la implementación de las protecciones eléctrica.
- Realizar un GRAFECT de los pasos a desarrollar en el proceso de programación del sistema de lubricación para ejecutar la lógica del programa de acuerdo a las señales recibidas de la estación central de bombeo de grasa con el fin de desarrollarlo de manera adecuada y requerida por la empresa.
- Realizar la programación en lenguaje Ladder del sistema de lubricación centralizado de grasa por medio del software Proficy Machine para automatizar y controlar de forma (automático/manual) la cantidad de grasa distribuida de forma constante a las cajas de laminación.
- Implementar y diseñar la interfaz gráfica de los comandos de marcha, parada, parada de emergencia, modo manual o modo automático para la Quick Panel por medio del software Proficy Machine Edition y poner en marcha el sistema de lubricación del tren 2 de laminación de la planta Tuta.

3 JUSTIFICACIÓN

Debido a la necesidad de implementar un sistema de control de lubricación centralizada de grasa para las cajas de laminación, requiere la empresa Gerdau Diaco planta Tuta realizar una programación en un PLC para controlar el tiempo de lubricación que se empleará en cada caja teniendo en cuenta que este sistema deberá ser automático y de la misma manera permita una operación manual en caso de emergencia. Este sistema deberá lubricar las 10 cajas de laminación con un único sistema de distribución centralizada.

Este proyecto se realiza con la finalidad de beneficiar y facilitar el proceso de lubricación de los rodamientos de los cilindros de las cajas de laminación del proyecto mejoras del tren dos; Evitando fallas y desgaste en las partes en movimiento. La lubricación será periódica y aumentará la vida útil del equipo, con esto se logrará lubricar en los puntos de difícil alcance, evitando las paradas no programadas por mantenimientos correctivos; Con el fin de aumentar los tiempos de producción del tren dos laminador y aumentar el factor económico para la empresa.

Este trabajo ayudará a evitar la contaminación de las aguas residuales que son utilizadas para la refrigeración de las cajas de laminación ya que este sistema es a pérdida de grasa y no retorna la grasa, entonces todo este material es depositado en la piscina de sedimentación y por esta razón es importante garantizar la lubricación en tiempos precisos e impedir desperdicios de grasa.

4 MARCO DE REFERENCIA

4.1 MARCO HISTORICO

Gerdau es líder en la producción de aceros largos en el continente americano una de las principales proveedoras de aceros largos especiales del mundo. Con más de 45 mil colaboradores y operaciones industriales en 14 países en los continentes americano, europeo y asiático las que suman una capacidad instalada superior a 25 millones de toneladas de acero. Es la más grande recicladora de Latinoamérica y transforma anualmente millones de toneladas de chatarra de acero. Con más de 130 mil accionistas, Gerdau esta listada en las bolsas de valores de Sao Paulo, Nueva York y Madrid.

4.1.1 Historia siderúrgicas de Colombia

En Colombia la industria siderúrgica nace en los comienzos del siglo veinte con el descubrimiento de los primeros yacimientos de mineral de hierro en 1923 en la región de Pacho, ubicada en el departamento de Cundinamarca.

Posteriormente fueron naciendo poco a poco otras ferrerías en el Departamento de Antioquia (Amaga) y Boyacá (Samacá), que no tuvieron el mismo éxito y que duraron más poco.

En **1938**, un 5 de agosto se construye la empresa siderúrgica S.A., conocida más adelante como Siderúrgica de Medellín S.A. empresa actualmente adquirida por Diaco S.A. Durante los comienzos de los **40's** se fija en Colombia el propósito de empujar la industria siderúrgica y explotar los yacimientos encontrados confirmando la existencia del mineral de hierro en la región de Boyacá. Se hallaron igualmente por esa época importantes depósitos de caliza y carbón. La hacienda Belencito fue escogida para el montaje de la Planta por su cercanía tanto a los yacimientos de mineral de hierro, carbón y caliza como a las ciudades de Sogamoso y Duitama.

En **1947**, un grupo de empresarios liderados por el ingeniero Daniel Jaramillo funda Siderúrgica del Muña S.A. ubicada en la sabana de Bogotá. La empresa comienza su labor productiva como un taller artesanal fabricando pequeñas piezas de fundición gris, bronce y aluminio. Desde **1986** hace parte de Diaco S.A.

En **1954**, se inaugura Acerías Paz de río en Boyacá, caracterizada por producir acero a partir del mineral de hierro (hermatita), gracias a que esta zona es rica en este mineral. Esta, a diferencia de otras siderurgias colombianas denominadas semi-integradas por el uso de chatarra como materia prima. En 2007 el grupo brasilero Votorantin adquirió el 52% de las acciones de esta compañía.

En el año **1972** se crea la compañía conocida hasta **1997** como Distribuidora de Aceros Colombianos DIACO LTDA. Su objetivo fue operar como mayorista no solamente de aceros sino de todos los materiales para la construcción tales como cemento, griferías, enchapados, tubería y otros. La distribuidora compraba la producción de las Siderúrgicas y a su vez la vendía a los pequeños distribuidores y ferreterías. DIACO LTDA, luego de varias fusiones con otras siderurgias tomaría el nombre de DIACO S.A. Esta, hace parte del grupo Gerdau, mayor productor de acero largo en América¹.

Las 6 siderúrgicas de Colombia son:

1. Paz del Rio – Votorantim Siderurgia
2. Aceros Diaco- Gerdau
3. Siderúrgica Nacional SIDENAL S.A
4. Hornos Nacionales S.A (HORNASA)
5. Aceros Ferrasa
6. ACESCO

4.1.2 Siderúrgica de Boyacá

Siderúrgica de Boyacá, planta Tuta, fue fundada el 12 de mayo de 1961, fruto de la unión de industriales vascos y boyacenses.

Un año más tarde se inició en el país la producción de angulares, térs, canales U, perfil Z y cuadrados. En 1965 montó el segundo tren para la producción de redondos corrugados y en 1974 inició la elaboración de acero en horno de arco eléctrico.

A partir de esta fecha cuenta con importantes avances tecnológicos como la máquina de colada continua, una cizalla de chatarra, instalación del Afino en horno cuchara, horno OBT (Offset Botton Topping) o sistema mejorado de perfil oval para colada por el fondo libre de escoria, de 40 toneladas de capacidad, sistema de producción en Slitting (hilo dividido) para barras de baja sección.

De igual forma, para asegurar las propiedades mecánicas en las barras corrugadas sismo resistentes, cuenta con el proceso de termo tratamiento.

¹ Mercado de Acero - Colombia [En línea] 20 de septiembre de 2015 Disponible en: <http://macecol.jimdo.com/sector-siderurgico-1/historia/>

En 1997 entró en funcionamiento un nuevo transformador para el horno OBT de 43 MVA de capacidad y junto con tres quemadores, lanzas e inyectoras de oxígeno para postcombustión permitieron elevar la productividad de 25 a 40 toneladas por hora.

Esto logró aumentar la producción de la acería a 300 mil toneladas por año, las cuales dependiendo de la demanda se entregan a través de las plantas de laminación de Tuta y Muña.

Esta empresa cuenta con laboratorio para el análisis de materia prima e insumos utilizados en la fabricación de las diferentes calidades de acero, al igual que el de metrología para calibrar equipos de medición empleados en los procesos de producción.

También posee el espectrómetro de emisión atómica y la máquina universal de ensayos.

Con el fin de proteger el medio ambiente, la planta cuenta con el depurador de humos, que recoge las emisiones de los hornos a través de ductos refrigerados, los enfría por intercambio de calor con aire y los pasa por un sistema de mangas filtrantes que retiene las partículas sólidas y permite verter al aire un gas limpio.

Esta compañía genera un total de 250 empleos directos y 700 indirectos, mediante la demanda de diferentes servicios necesarios para la actividad.

En la actualidad ofrece una amplia gama de productos para el sector de la construcción y la industria, así como ángulos desde 19 hasta 38 milímetros según NTC 1920 y desde una y media hasta 3 pulgadas según NTC 1985 grado 50; canales de 75 y 100 milímetros según NTC 1920, te de 1/8 por 1 pulgada según NTC 1920, redondos lisos hasta 1 pulgada y redondos corrugados sismo resistentes hasta de 1 y 1/4 de pulgada, según NTC 161 y 2289.

A través de las plantas de Muña, Caribe y Heliacero es posible ofrecer al mercado una amplia gama de productos, desde alambrones, barras, perfiles y transformados, para completar una oferta total de 480.000 toneladas anuales².

4.2 MARCO CONCEPTUAL

Las protecciones para motores existen en distintas formas ya que hay una gran variedad de diseños y se puede hacer en forma individual o en distintas combinaciones. Los fundamentos básicos de la protección de motores eléctricos, establecen que se debe permitir operar por encima, pero sin exceder demasiado sus límites térmicos y mecánico, para sobrecargas y condiciones de operación anormales, proporcionando la máxima sensibilidad para fallas.

² Noticia EL TIEMPO. Siderúrgica Boyacá [En línea] 22 de Septiembre de 2015 Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-878629>

En el caso de motores de arriba de 600V, se establece que cada motor se debe proteger contra sobrecargas peligrosas y fallas en el arranque, por medio de un dispositivo térmico que sea sensible a la corriente. Si la sobre corrientes es por falla, se deben usar fusibles o interruptores con la capacidad adecuada³.

A causa de la gran cantidad de tipos de motores y de la variedad de aplicaciones para los que son requeridos por la industria, sus protecciones precisan un detallado estudio de las características de funcionamiento del motor. Antes de proceder con la elección de la protección se deben conocer las intensidades y tiempos en condiciones de arranque, también influye el tamaño de la máquina y la naturaleza de la carga a que se acopla⁴.

Las averías de los motores pueden ser por fallos en el aislamiento de los conductores, defectos a tierra, cortocircuitos entre espiras o cortocircuito en el bobinado, son debido a una tensión excesiva o también a la contaminación por humedad, aceite, grasa, polvo o productos químicos.

El porcentaje aproximado de cada una de estas causas individuales es de:

- Sobrecarga 30%
- Daños de aislamiento 20%
- Fallos de fases 14%
- Daños en cojinetes 13%
- Envejecimiento 10%
- Daños en el rotor 5%
- Otros 8%⁵

4.2.1 Protección térmica de los circuitos

³ Harper Enríquez Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales.[En línea] Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=w7HcrKdI4wQC&pg=PA347&dq=QUE+SON+LAS+protecciones+termicas+para+motor+es&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj729m4uuuKAhWKsh4KHQJUBN0Q6AEIHAB#v=onepage&q=QUE%20SON%20LAS%20protecciones%20termicas%20para%20motores&f=false>

⁴ Montane Paulino Protecciones en las instalaciones eléctricas: evolución y perspectivas. [En línea] Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=jlMNbBfi4LUC&pg=PA359&dq=que+son+las+protecciones+termicas+para+motores&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjH7sG7wujKAhXBGB4KHWBuAAYQ6AEIJjAC#v=onepage&q=que%20son%20las%20protecciones%20termicas%20para%20motores&f=false>

⁵ Fundamentos de protección de motores. Rockwell Automation. [En línea] 08 de febrero de 2016. Disponible en: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/icg-wp001_-es-p.pdf

De acuerdo con las normas aplicables, todos los fabricantes de motores garantizan que las partes críticas de la máquina permanecen dentro del rango de temperaturas permisibles durante la operación en las condiciones especificadas y que las sobrecargas de corta duración no dañan el motor.

El dispositivo de protección del motor, por un lado, ha de permitir la plena utilización de éste y, por tanto, el funcionamiento eficaz de dicho motor, y, por otro lado, ha de ser capaz de reaccionar lo suficientemente rápido en caso de sobrecarga.

Un relé térmico es un aparato diseñado para la protección de motores contra sobrecargas, fallo de alguna fase y diferencias de carga entre fases.

El relé térmico actúa en el circuito de mando, con dos contactos auxiliares en el circuito de potencia, a través de sus contactos principales. Es importante calcular la corriente nominal del motor antes de calcular el valor de la protección térmica como se muestra en la ecuación [2].

$$I_n = \frac{P}{V * \cos \phi * \sqrt{3}} \quad [1]$$

$$P_{termica} = I_n * F_s \quad [2]$$

I_n = Corriente nominal

P = Potencia

V = voltaje

$\cos \phi$ = Coeficiente de rendimiento del motor

F_s = Factor de Servicio o seguridad

Estos datos son proporcionados por la placa características o técnica del motor Imagen 4, donde nos muestra que el motor trabaja con una potencia de $P= 750W$ un voltaje de $V= 440 V$, el coeficiente de rendimiento del motor es de $\cos \phi = 0.74$ y el factor de seguridad es de $F_s= 1.0$ lo cual indica que el motor es capaz de entregar 100% de carga continua bajo condiciones usuales de servicio sin que el aumento de temperatura exceda su valor máximo permisible. Y con estos datos se puede calcular el valor de la protección térmica del motor como se muestra el resultado en la Tabla 2.

4.2.2 Protección magneto térmico de un circuito

Estos dispositivos se emplean para la protección de circuitos eléctricos, tanto contra cortocircuitos, como contra sobrecargas, en sustitución de los fusibles, ya que tienen la ventaja que no hay que reponerlos; cuando desconectan el circuito por una sobrecarga o un cortocircuito, pueden ser rearmados de nuevo y sigue funcionando.

Está compuesto por dos dispositivos de control diferente: el relé magnético y el relé térmico. Estos dos elementos están conectados en serie con el circuito a proteger por lo que toda la corriente pasa por ambos⁶.

Se calcula el valor de la protección por mediante la siguiente ecuación [3].

$$I_p = C * I_n \quad [3]$$

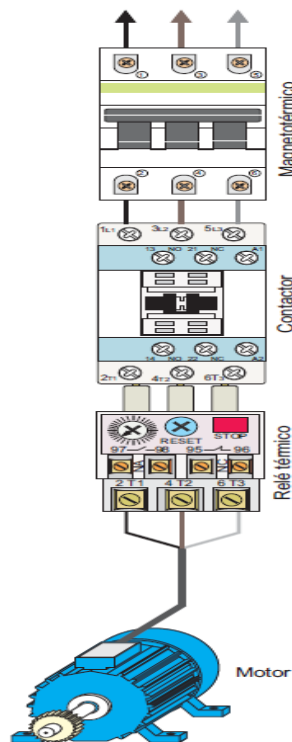
I_p = Corriente de protección

C = Constante de protección la cual se toma en el rango de 2 a 3.

I_n = Corriente nominal o plena carga⁷.

Teniendo en cuenta la corriente nominal y la constante de protección el cual se tomó en 2,5, se obtiene la corriente de protección que pasa por el relé térmico y magnético como se muestra el resultado en la Tabla 2. La instalación adecuada de las protecciones del motor se realiza de acuerdo a la Imagen 1.

Imagen 1. Protecciones Eléctricas del Motor



⁶ MARTIN Javier, MARTIN Francisco. Apuntes de electricidad aplicada a los buques Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=0JkIfMbdTnwC&pg=PA271&dq=interruptor+magnetotermico&hl=es&sa=X&ved=0CBkQ6AEwADgKahUKEwjAwPm4monJAhXIS5AKHbbZCUC#v=onepage&q=interruptor%20magnetotermico&f=false>

⁷Apuntes de máquinas eléctricas. Disponible en: http://ramonmar.mex.tl/850627_CALCULO-DE-FUSIBLES-Y-PROTECCION.html

4.3 MARCO TEÓRICO

4.3.1 Definición del Acero

Según la norma UNE 36-004, el acero puede definirse como:

"Material en el que el hierro es predominante y cuyo contenido en carbono es, generalmente, inferior al 2%, conteniendo además otros elementos en diversas proporciones. Aunque un limitado número de aceros puede tener contenidos en carbono superiores al 2% este es el límite habitual que separa el acero de la fundición".⁸

4.3.2 Sistema de Lubricación.

La lubricación en los rodamientos tiene la función –igual que en los cojinetes de deslizamiento– de evitar o de reducir el contacto metálico entre las superficies de rodadura y de deslizamiento, es decir, mantener bajos el rozamiento y el desgaste⁹.

Un sistema de lubricación centralizada suministra constantemente y a ciertos intervalos lubricante a los cojinetes, con la máquina trabajando y todos estos últimos en movimiento.¹⁰

VENTAJAS:

- Mayor disponibilidad de la máquina
- Vida útil de los cojinetes cuatro veces superior
- Reducción drástica de costos por mantenimiento y reparaciones
- Reducción de costosos tiempos muertos de la máquina y de personal
- Ahorro de lubricante de hasta un 40%

⁸ UNE 36 004 92 Definición y clasificación de los tipos de aceros (UNE-EN 10020:2001) Fecha Edición: 2001-02-28

⁹ Lubricación de rodamientos. FAG Sales Europe Iberia – España. Disponible en: http://www.schaeffler.com/remotemedien/media/_shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/publication/downloads_18/wl_81115_4_es_es.pdf

¹⁰ Sistema de lubricación centralizada para máquinas agrícolas. Disponible en: <http://www.ilclube.com/wp-content/uploads/ILC-Lube-Lubrication-Farm-machinery-ES.pdf>

- Protección del medio ambiente

4.3.2.1 Estación de Central de Bombeo

Las Estaciones Centrales ECB-DC-42 se utilizan para suministrar lubricantes (grasas y aceites) en instalaciones de industrias siderúrgicas, cementeras, aceiteras, etc., en donde las condiciones de trabajo son extremas y se requiere de alta resistencia al ataque del medio ambiente. En la Imagen 2 se presenta físicamente la estación central de bombeo instalada en el tren continuo del tren dos de laminación de la empresa Gerdau Diaco planta Tuta.

La Central de Lubricación ECB-DC-42 cuenta con una unidad de bombeo de doble pistón BCEDJ4, accionada mediante un motor eléctrico y una reducción de sinfín-corona. El conjunto posee también una válvula limitadora de presión (alivio), filtro de recarga y un depósito de 100 kg para grasa o de 115 litros para aceite (dependiendo del modelo), brindando a la central una alta autonomía de funcionamiento.

Estas centrales de lubricación pueden utilizarse tanto en sistemas de distribución de tipo progresivo, como en doble línea o en simple línea. La capacidad del depósito no limita a la central dado que puede utilizarse en conjunto con una bomba de relleno, la cual recuperará el nivel de lubricante en dicho depósito en forma automática¹¹.

Imagen 2. Central de bombeo de grasa ECB-DC-42



Fuente: BERTORA, S. (2011) ECB-DC-42 Manual de instrucciones ESTACIÓN CENTRAL DE BOMBEO MODELO ECB-DC-42 MARCA SKF.

¹¹ BERTORA, S. (2011) ECB-DC-42 Manual de instrucciones ESTACIÓN CENTRAL DE BOMBEO MODELO ECB-DC-42 MARCA SKF

4.3.2.2 Descripción general de la bomba

La bomba BCE-DJ4 es de tipo de pistones, accionada mediante un conjunto de motor eléctrico y reductor de sinfín-corona, que a través de un mecanismo alternativo de biela-manivela, transmite la potencia aportada por el motor hacia dichos pistones. Los pistones se mueven alternadamente succionando el lubricante desde el reservorio (pistón de succión) e impulsándolo hacia la línea de salida de la bomba (pistón de presión).

El motor se acopla al reductor y este es conectado a la bomba DJ4 a través de un acople de giro unidireccional. Esto evita que la bomba gire en sentido inverso y dañe el mecanismo interno de biela-manivela¹². Ver Anexo C

¹² BERTORA, S. (2011) ECB-DC-42 *Manual de instrucciones ESTACIÓN CENTRAL DE BOMBEO MODELO ECB-DC-42 MARCA SKF*

5 METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo propuesto es modalidad pasantía que se realiza en la empresa GERDAU-DIACO planta Tuta en el área de Ingeniería, con énfasis en la parte de automatización industrial y electrónica encaminando en el proyecto MEJORAS DEL TREN DOS que se desarrolla en la empresa.

Para el desarrollo del proyecto se requiere un trabajo de campo que se basa en la observación directa de las instalaciones del equipo, reuniones con los lubricadores, personal de producción, de mantenimiento para resolver dudas y aclarar cuestionamientos relacionados con el tema para determinar en conjunto los parámetros, sugerencias y variables a utilizar.

Contando con la colaboración y acompañamiento previo de los ingenieros directos y contratistas de la empresa para lograr realizar programación y puesta en marcha del sistema de lubricación centralizado de las cajas de laminación.

5.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es descriptivo y de campo pues nos permite detallar y observar el comportamiento del sistema así mismo interpretar y solucionar un problema o una necesidad en un momento determinado. El cual implica tener como fuente de información los colaboradores del tren dos y de la empresa Gerdau Diaco planta Tuta, con un enfoque industrial práctico-teórico y un alcance mecánico, electrónico y eléctrico aplicado al tren dos de laminación.

5.3 VARIABLE E INDICADORES

Se realizó una comparación entre el sistema antiguo y el sistema a implementar ya que es de gran importancia conocer las ventajas que este presentaría a futuro al igual que las falencias. También se identifica los puntos críticos como la implementación de las alarmas del nuevo sistema de lubricación centralizado como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Comparación sistema de lubricación de grasa (antiguo- nuevo).

SISTEMA DE LUBRICACION MANUAL (ANTIGUO)	SISTEMA DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADO (IMPLEMENTAR)
Se realizan paradas programadas del tren de laminación para lubricar los rodamientos de las cajas de laminación. Actividad realizada por los lubricadores.	El sistema lubricará automáticamente sin realizar parada del tren y será constante.

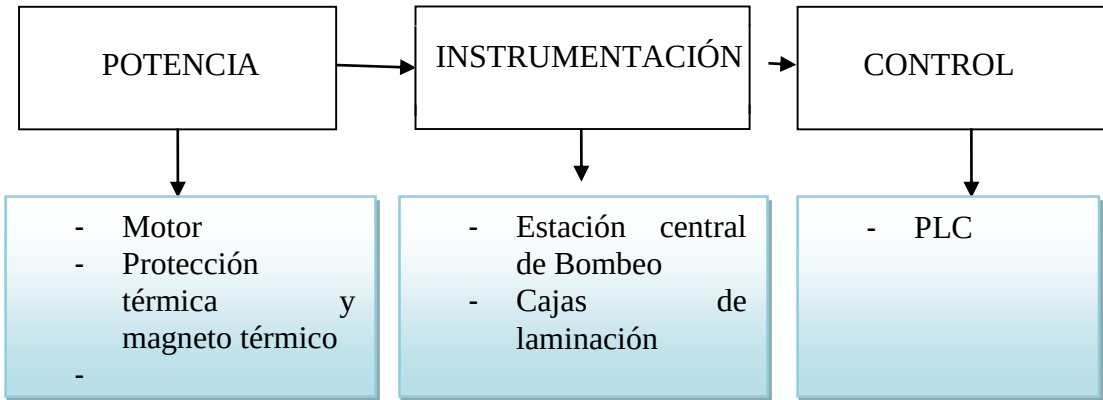
El tiempo implementado en la lubricación se realiza cada 3 días con duración de 1 hora.	El tiempo en que se lubricará depende de la presurización de las salidas aproximadamente es de 2 minutos cada 3 horas.
Se aplica la grasa a cada rodamiento sin tener una cantidad precisa solo hasta que salga grasa en el rodamiento.	Se ajustará la cantidad de grasa inyectada a los rodamientos por medio de los distribuidores.
No cuenta con sistema de alarmas, porque la lubricación es manual.	Cuenta con un sistema de alarmas para identificar falta de lubricación , disparo de la protección térmica, falta de lubricante en el deposito
Se tienen que realizar 3 lubricaciones a la semana.	No se realizan paradas programadas a la semana, se eliminará la actividad de lubricación de las cajas de laminación.
Se afecta los tiempos de producción.	No se afecta los tiempos de producción.
Tiene un alto consumo de grasa porque existen desperdicios de los rodamientos.	Se consume menos cantidad de grasa utilizada para la lubricación al mes, porque se evitara los desperdicios.

Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, colaboradores Gerdau Diaco, 2015.

6 RESULTADOS

En el proceso de diseño y programación del sistema de control de lubricación centralizado se tuvieron en cuenta una serie de parámetros como la ubicación de la estación central de bombeo, las protecciones del motor y el software de programación para así realizar el proceso correcto mediante etapas como se muestra en la imagen 3.

Imagen 3. División del sistema de control de lubricación



Fuente: BARRIOS, A. María Camila, año 2015.

6.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La recolección de información para realizar el estudio técnico del proyecto y la implementación del sistema de control de lubricación centralizado se hizo mediante la utilización de los planos del ruteo de las tuberías de grasa del tren continuo, planos mecánicos del equipo y el manual técnico del equipo.

También se adquirió información suministrada por la empresa proveedora del equipo, los lubricadores, operarios de taller y guías del tren dos, colaboradores del área de ingeniería, mantenimiento, eléctricos y colaboradores en general del tren dos de la planta Tuta.

Planos de las tuberías. Por medio de los planos de ruteo de las tuberías de grasa realizados en la ingeniería del proyecto se logró identificar los puntos de lubricación en las cajas de laminación y el sistema de doble línea que se utiliza para la lubricación del sistema. Ver anexo A

Manuales técnicos y planos Mecánicos de la Estación central de bombeo. Se realizó un estudio sobre los planos de funcionamiento de la estación central y sus componentes internamente. Ver anexo B

Fuentes de Información. Contacto y dialogo directo con el personal encargado del sistema de control de lubricación centralizado y los proveedores del equipo.

Recursos suministrados por SKF (*Svenska Kullagerfabriken AB*) empresa sueca dedicada al diseño y provisión de rodamientos, sellos, sistemas de lubricación, productos y sistemas para mantenimiento, productos mecatrónicos, productos para transmisión de potencia quienes proporcionaron la información técnica y el funcionamiento ideal del equipo.

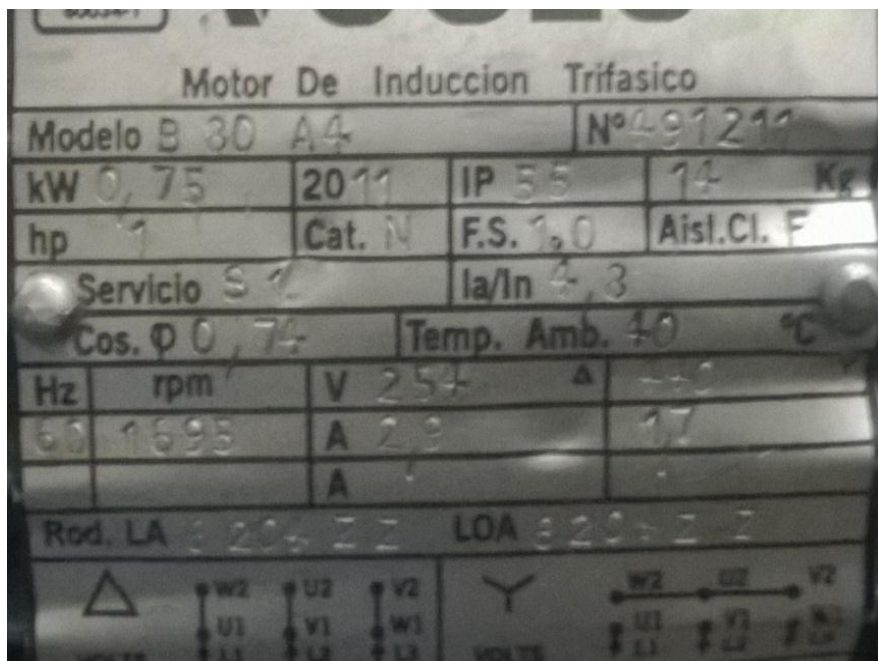
Información suministrada por el personal de Diaco encargados de la parte de lubricación, eléctrica, mecánica y taller de guías.

Acceso a la ingeniería del proyecto MEJORAS DEL TREN DOS

7 POTENCIA

En el sector industrial principalmente enfocado a la producción del acero es de gran importancia proteger esencialmente a los trabajadores a los equipos y maquinas utilizadas de sobrecargas y sobretensiones. Ya que estos se encuentran expuestos a largas jornadas de trabajo y a temperaturas elevadas. Por esta razón es importante utilizar las protecciones térmicas y magnéticas para los circuitos y evitar que estén expuestos a fallas y a daños graves que afecten la producción o puedan ocasionar accidentes a los colaboradores de la empresa. En la imagen 4 se observa la placa de características del motor de la estación central de bombeo donde muestra las especificaciones en las que trabaja el motor, el voltaje, la corriente, los rpm, la fuerza de trabajo, la frecuencia entre otros.

Imagen 4. Placa técnica del motor estación central de Bombeo



Motor De Induccion Trifasico			
Modelo B 30 A4		Nº 491211	
kW 0,75	2011	IP 55	14 Kg
hp 1	Cat. N	F.S. 1,0	Aisl.Cl. F
Servicio S1		Ia/In 4,3	
Cos. ϕ 0,74		Temp. Amb. 40 °C	
Hz	rpm	V 254	Δ
60	1695	A 2,9	17
		A	
Rod. LA 3 205 22		LOA 3 205 22	
			
W2	U2	V2	
U1	V1	W1	
L1	L2	L3	

Fuente: BARRIOS, A. María Camila, visita Estación central de bombeo tren dos, año 2015.

7.1 PROTECCIONES DEL MOTOR

Las protecciones eléctricas del motor se instalan para salvaguardar la vida y seguridad laboral de los colaboradores ante cualquier accidente de trabajo que se pueda presentar, también se instalan para proteger al equipo de sobre intensidades o sobrecargas que se presenten durante su funcionamiento, el cual se encuentra alimentado a 440 V y es de suma importancia mantener en buen estado todas las partes que integran al sistema.

Para calcular los valores de las protecciones un parámetro importantes es la corriente nominal que fluye por el motor, esta corriente depende del voltaje, la potencia, el coeficiente de

rendimiento que se encuentran en la placa técnica del motor y así encontrar los valores cercanos y comerciales de las protecciones. Como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores protecciones del motor de la estación central de Bombeo.

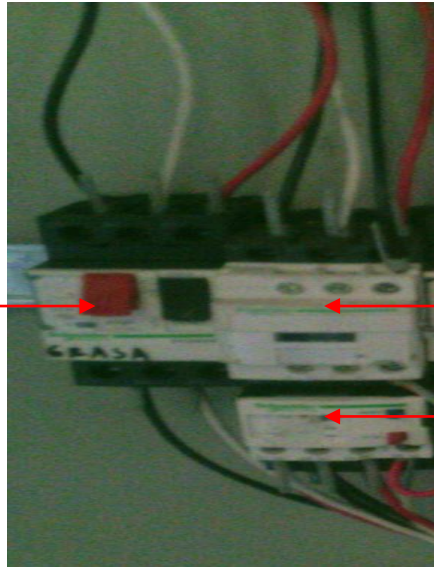
PROTECCION	ECUACIÓN	VALOR
TÉRMICA	$In = \frac{P}{V * \cos \phi * \sqrt{3}}$ $P_{termica} = In * Fs$	P= 750W V= 440 V COS ϕ =0.74 Fs= 1.0 $In = \frac{750W}{440V * 0.74 * \sqrt{3}}$ $In = 1.33 A$ $P_{termica} = In * Fs$ $P_{termica} = 1.33 A$
MAGNETOTÉRMICO	$Ip = C * In$	In= 1.32 A C= 2.5 $Ip = C * In$ $Ip = 2.5 * 1.33A$ $Ip = 3.32 A$

Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, 2015.

En la imagen 5 se muestran las conexiones del sistema de protección eléctrica del motor de la estación central de bombeo, donde se puede observar la protección térmica, el contactor y la protección magneto térmica, esta instalación se encuentra en el gabinete de protecciones eléctricas de la subestación del tren continuo del tren dos.

Imagen 5. Protección del motor de la estación central de bombeo de grasa

Protección
magneto térmica



Contactor

Protección
térmica

Fuente: BARRIOS, A. MARIA CAMILA, visita Subestación tren dos, año 2015.

7.2 ARRANQUE DEL MOTOR

El motor hace un arranque directo en configuración estrella a un voltaje de 440 V y una corriente nominal 1.7 A. En la Imagen 6 se puede observar el diagrama de fuerza y control del motor donde se visualiza el funcionamiento esquemático de la protección del motor.

En el diagrama de fuerza la protección térmica es un contacto normalmente cerrado, en caso que falle la protección el circuito se abre y no se encenderá el motor. Lo mismo sucede con la protección magneto térmica y por consiguiente no se alimenta las 3 fases. En el diagrama de control el registro de Marcha del PLC es un contacto normalmente abierto el cual solo alimenta al PLC cuando se da marcha al sistema.

El diagrama de control está alimentado independientemente por otro devanado del transformador a 220 V.

Imagen 6. Diagrama de fuerza y control del motor.

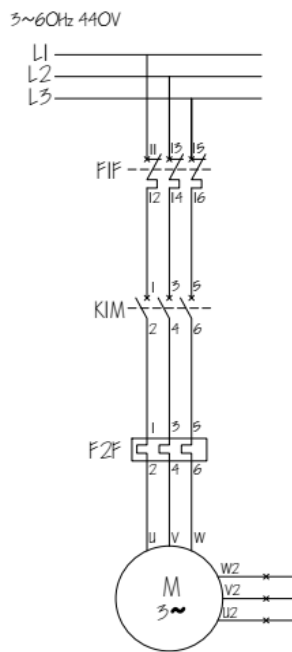


DIAGRAMA DE FUERZA

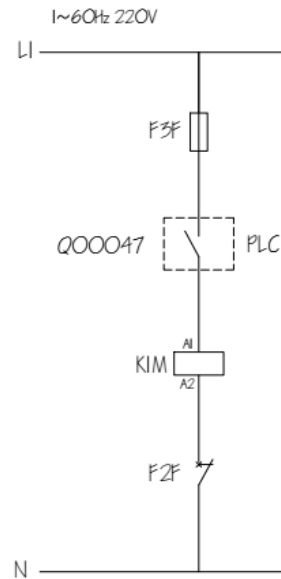


DIAGRAMA DE CONTROL

Fuente: BARRIOS, A. MARIA CAMILA. AUTOCAD, año 2015

F1F: Protección magneto térmica

KIM: Contactor de comando

F2F: Relé térmico

F3F: Fusible de protección contra circuito del circuito de control

Q00047: Registro marcha PLC

8 INSTRUMENTACIÓN

La instrumentación industrial es de gran importancia para realizar la transformación de variables físicas a señales eléctricas. Entre esas variables físicas medibles podemos encontrar la temperatura, presión, caudal, nivel, velocidad entre otras que son captadas por un sensor capaz de transformarla en una señal eléctrica para luego ser controlada.

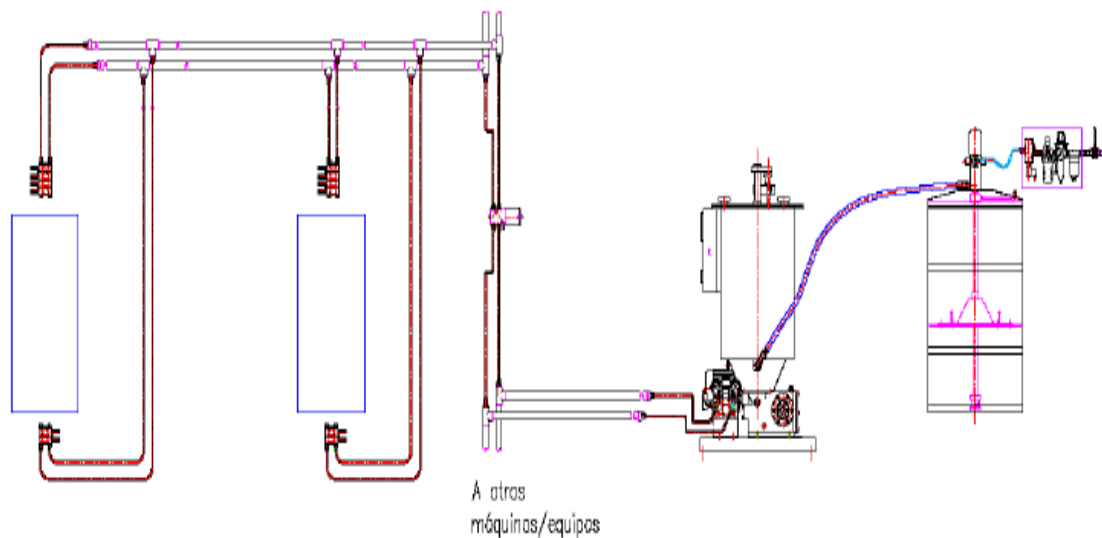
Cuando se controla un sistema es de gran importancia conocer el funcionamiento mecánico para poder identificar las variables con que cuenta el sistema, y lograr el objetivo final de todo proceso. Por esta razón el enfoque principal es la estación central de bombeo de grasa ya que de aquí se parte para obtener las señales eléctricas deseadas y así ser controlados desde el PLC.

8.1 ESTACIÓN CENTRAL DE BOMBEO

La estación central de bombeo es la encargada de realizar la distribución de grasa a las 10 cajas de laminación del tren dos. Las variables físicas que se pueden medir en el sistema son las de nivel, presión.

La estación central de bombeo tiene un sistema distribución de doble línea el cual facilita el llenado de las salidas y de ahí se ramifica a las 10 cajas de laminación; Cada caja cuenta con un distribuidor y este lubricará a 10 puntos ubicados en los rodamientos, en la Imagen 7 se observa un sistema de distribución de doble línea donde las salidas de la estación central de bombeo están conectadas a dos tuberías que lleva a cada distribuidor de cada caja de laminación.

Imagen 7. Sistema distribución de doble línea.



Fuente: BERTORA, S. (2011) ECB-DC-42 Manual de instrucciones ESTACIÓN CENTRAL DE BOMBEO MODELO ECB-DC-42 MARCA SKF

8.1.1 Sensor de nivel.

El sensor de nivel con el que cuenta la estación central de bombeo es de tipo switch eléctrico de flotante como se presenta en la Imagen 8, es el encargado de medir la cantidad de lubricante que se encuentra en el tanque. El sensor de nivel se compone de tres partes principales; la placa de empuje, el vástago de accionamiento y el microswitch como se muestra en la Imagen 10. El funcionamiento del sistema de monitoreo de nivel es el siguiente:

Imagen 8. Tipo de sensor de nivel switch eléctrico de flotante

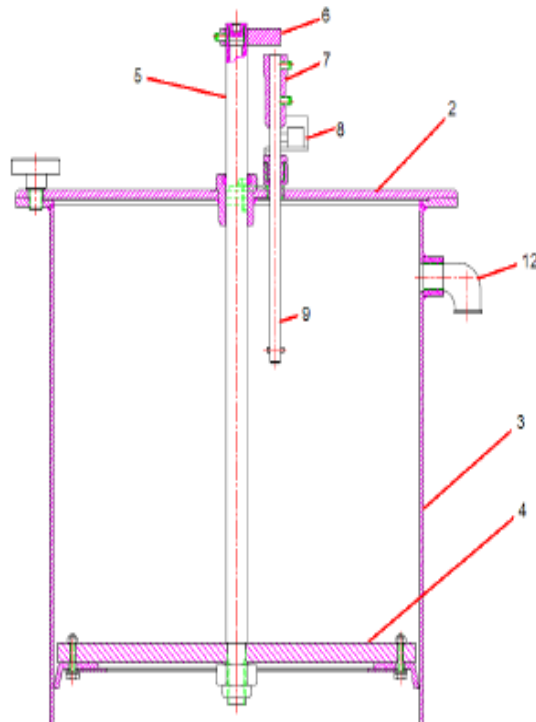


Fuente: BERTORA, S. (2011) ECB-DC-42 Manual de instrucciones ESTACIÓN CENTRAL DE BOMBEO MODELO ECB-DC-42 MARCA SKF

A medida que se vacía el reservorio, el plato barre-grasa (4) acompaña la disminución del nivel, haciendo que en su mínimo la placa (6) empuje el vástago (9) hacia abajo y accione mediante su buje (7) el microswitch (8). El micro quedará accionado hasta que, por efecto del relleno, el plato llegue al nivel superior del reservorio, empujando hacia arriba el vástago (9) y desactivando el microswitch (8)¹³, como se muestra en la Imagen 9.

Imagen 9. Partes del reservorio de grasa.

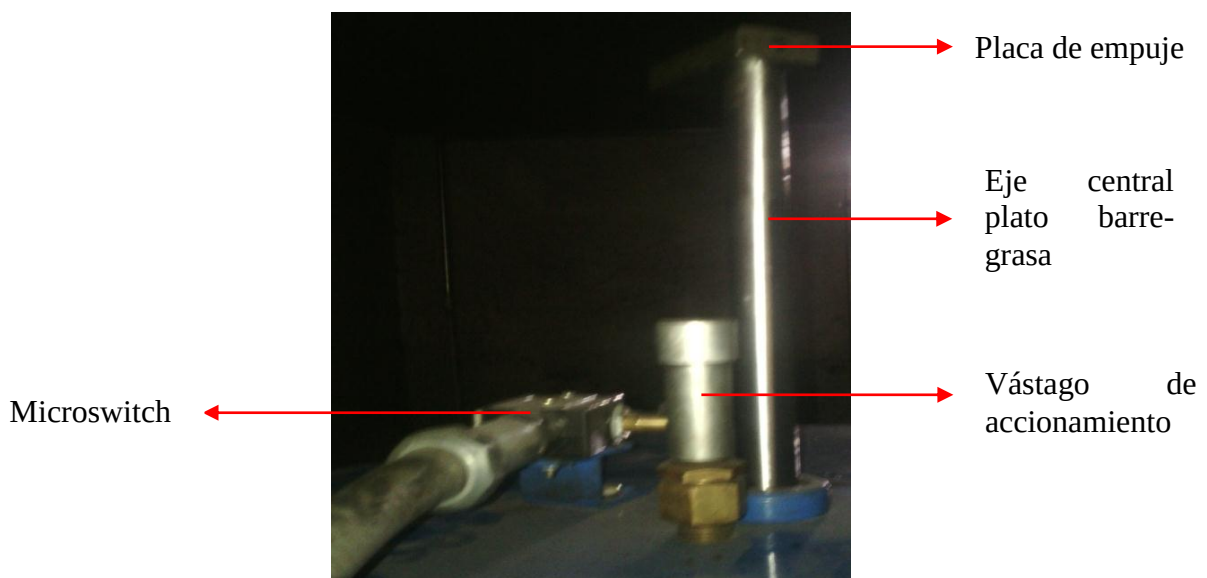
¹³ BERTORA, S. (2011) ECB-DC-42 Manual de instrucciones ESTACIÓN CENTRAL DE BOMBEO MODELO ECB-DC-42 MARCA SKF



Fuente: BERTORA, S. (2011) ECB-DC-42 Manual de instrucciones ESTACIÓN CENTRAL DE BOMBEO MODELO ECB-DC-42 MARCA SKF

Para identificar si el reservorio está sin lubricante o el nivel está bajo el eje central del plato barre-grasa (5) empieza a bajar igualmente que la placa barre grasa, por consiguiente se debe recargar el reservorio hasta que el eje central se encuentre totalmente arriba y el microswitch este accionado. En la imagen 10 se observan las partes del sensor de nivel y se puede ver que el reservorio tiene un nivel bajo de lubricante.

Imagen 10. Sensor de nivel en la central de bombeo de grasa.

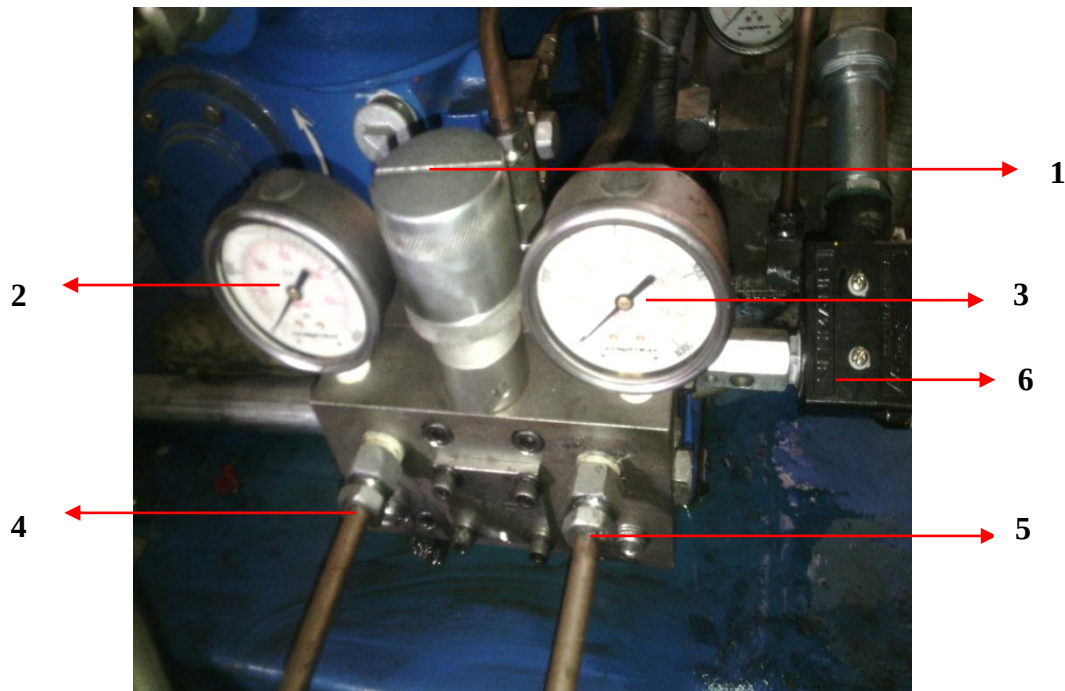


8.1.2 Sensor de presión o válvula inversora VCIR-40.

Las bombas BCE-DJ4 descritas son utilizadas para abastecer lubricantes a una red de distribución Doble Línea.

En los sistemas Doble Línea es necesario incorporar la válvula inversora al conjunto, que se encargará de direccionar la presurización y el alivio alternativamente en ambas líneas del sistema de distribución. Esta válvula es accionada hidráulicamente y normalmente se encuentra montada en la descarga de la bomba. En la imagen 11 se muestra las partes de la válvula inversora así mismo los presostatos que son de gran importante al momento de medir la presión de llenado de las salidas del sistema.

Imagen 11. Partes válvula inversora VCIR-40



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Visita estación central de bombeo tren dos, año 2015.

- 1- Tornillo de ajuste de presión de cambio
- 2- Manómetro Línea 1
- 3- Manómetro Línea 2
- 4- Salida a Línea 1
- 5- Salida a Línea 2
- 6- Indicador de ciclos y microswitch

Al encenderse la bomba comienza a alimentar lubricante a través de la válvula inversora a la línea 1. La grasa se acumulará en la línea principal desplazando el lubricante hacia las ramas secundarias y luego a los distribuidores de doble línea. Estos distribuidores actuarán dosificando las cantidades determinadas a cada caja de laminación dependiendo su esfuerzo de trabajo.

La presión entonces comenzará a incrementarse hasta llegar a 150 bares, dado que el lubricante bombeado hacia la línea no tiene por dónde escurrir. Esta presión subirá hasta alcanzar el valor prefijado en la VCIR-40, la que se activará en ese momento cambiando su configuración interna mediante el movimiento de su pistón de comando y re direccionará la presión de la bomba enviando ahora hacia la Línea 2. La presión de la Línea 1 automáticamente comienza a bajar ya que la VCIR-40 conectará dicha Línea directo al tanque, aliviando la presión y permitiendo un pequeño desplazamiento de lubricante hacia el reservorio. La presión en Línea 2 comenzará a subir a medida que se transmita la alimentación de la bomba hacia la línea principal y luego a las secundarias y los dosificadores. Ahora estos dosificadores de Doble Línea se accionarán en dirección opuesta, dosificando la grasa (o el aceite) hacia otro conjunto de puntos.

Una vez que todos los puntos han sido alimentados se produce el cierre hidráulico en la Línea 2, lo que resulta en un incremento posterior de la presión. Dicha presión se incrementará hasta llegar al mismo valor prefijado en la VCIR-40, la que se accionará otra vez cambiando su configuración ahora en sentido inverso. Enviará la presión de la bomba hacia la Línea 1 (la cual se encontraba descargando a tanque) y aliviará la presión en la Línea 2. Esta actividad de la VCIR-40 se desarrolla constantemente mientras la bomba siga alimentando lubricante.

Los sistemas de lubricación en Doble Línea normalmente tienen ciclos definidos de presurización en donde ambas líneas son presurizadas una vez por ciclo. De esta manera, la ECB-DC42 alimentará lubricante a través de la VCIR-40 hacia la Línea 1 y luego hacia la Línea 2 y luego se detendrá, dejando transcurrir el tiempo de espera fijado para el ciclo de lubricación para presurizar nuevamente ambas líneas.¹⁴

8.2 CAJA DE LAMINACIÓN.

Se denomina caja de laminación al conjunto de rodillos comandados para la entrada y salida del material, dispuestos sucesivamente para obtener un determinado perfil Imagen 12.

Los rodillos al estar en constante movimiento y rozamiento con los diferentes partes de la caja, necesitan una lubricación adecuada para un mejor funcionamiento y desgaste de las partes. La selección del lubricante depende fundamentalmente de las condiciones de funcionamiento, es decir el margen de temperaturas y velocidades, así como la influencia del entorno.¹⁵

¹⁴ BERTORA, S. (2011) ECB-DC-42 *Manual de instrucciones ESTACIÓN CENTRAL DE BOMBEO MODELO ECB-DC-42 MARCA SKF*

¹⁵ Catálogo General SKF. (2008)

Imagen 12. Caja de laminación tren dos



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Visita taller de guías tren 2, año 2015

8.2.1 Rodamientos

El rodamiento es un elemento normalizado que consta de dos aros concéntricos con caminos de rodadura, en la mayoría de los casos esféricos, sobre los que se desplazan unos cuerpos rodantes, bolas o rodillos, cuya finalidad es el permitir la movilidad de la parte giratoria respecto de la fija y evitar el desgaste de la pieza fija.¹⁶

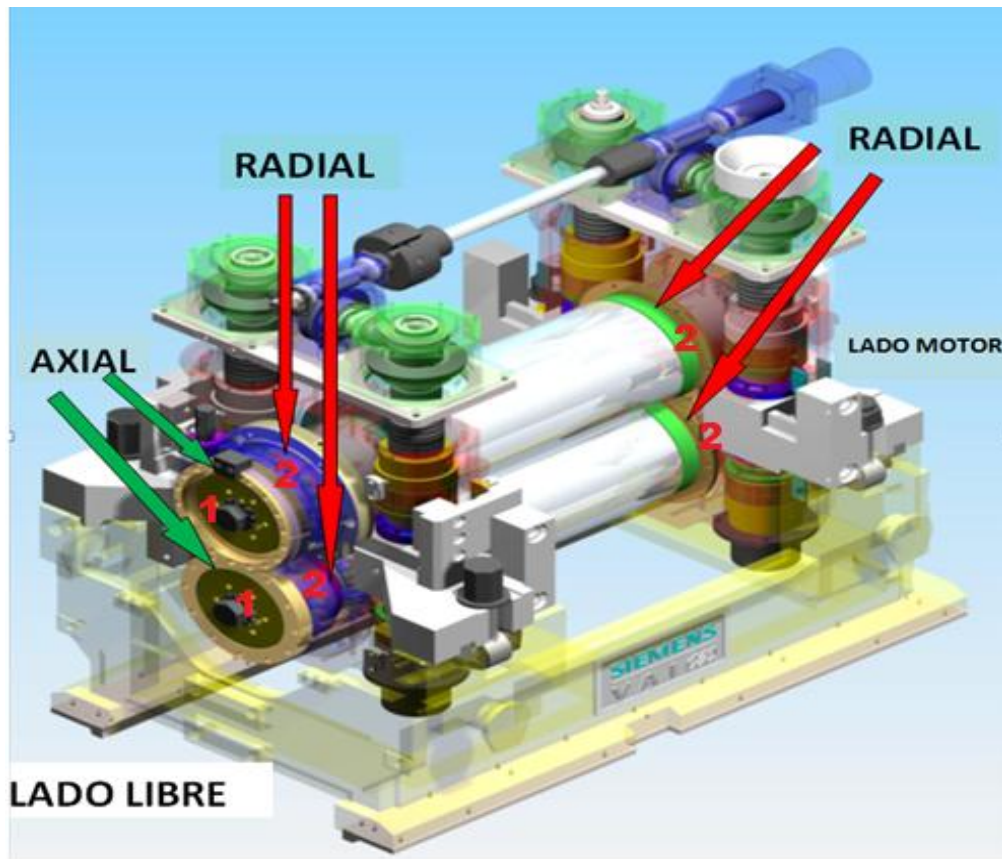
Para que los rodamientos funcionen de un modo fiable, deben estar adecuadamente lubricados con el fin de evitar el contacto metálico directo entre los elementos rodantes, los caminos de rodadura y las jaulas. El lubricante también evita el desgaste y protege las superficies contra la corrosión. La temperatura de funcionamiento más favorable se obtiene cuando el rodamiento contiene la cantidad mínima de lubricante necesaria para proporcionar una lubricación fiable.¹⁷

En las cajas de laminación se ubican ocho rodamientos radiales perpendiculares al eje y dos axiales ubicados paralelo al eje de la siguiente manera que se presenta en la Imagen 13:

Imagen 13. Ubicación de los rodamientos en la caja laminadora

¹⁶ Apuntes de diseño de máquinas. Tema 7. Rodamientos Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=KEyDAMa_0ngC&pg=PA171&dq=rodamientos&hl=es&sa=X&ved=0CDIQ6AEwA2oVChMIltGu07z3yAIVy4WQCh09YweZ#v=onepage&q=rodamientos&f=false

¹⁷ Catálogo general SKF (2008)



Fuente: Manual siemens Visita taller de guías, área laminación tren dos, año 2015

Los rodamientos implementados en las cajas de laminación del tren dos especialmente son fabricados al trabajo al que están expuestos los cilindros y cada caja de laminación, ya que sus condiciones de trabajo manejan altas temperaturas. Estos rodamientos presentan las siguientes características:

- **Tipo:** Rodamiento de rodillos cilíndricos
- **Referencia Rodamiento:**
- **Marca:** RKB Bearing Industries
- **Referencia rodamiento**

CAJA 436: R314190

CAJA 445: R314553

- **Vida del rodamiento:** Aproximadamente 120.000 toneladas
- **Velocidad**

CAJA 436: 3,2 metros hasta 8 metros

CAJA 445: 1 metros hasta 3,5 metros

- **Temperatura del rodamiento:** 75 ° C (aprox)
- **Puntos de lubricación:** 8 puntos de lubricación y dos axiales
- **Posiciones del rodamiento:** 4 Posiciones de cambio (I, II, III, IV)

8.2.2 Lubricación con grasa

Las grasas lubricantes consisten en un aceite mineral o sintético combinado con un espesante. La ventaja de la grasa con respecto al aceite, es que es más fácil de retener en la disposición de rodamientos, particularmente con ejes inclinados o verticales, y también ayuda a obturar la disposición contra los contaminantes, la humedad o el agua.

Una cantidad excesiva de grasa provoca un rápido aumento de temperatura en el interior del rodamiento, particularmente cuando éste funciona a altas velocidades. Por regla general, solamente el rodamiento debe quedar completamente lleno de grasa en el momento de la puesta en marcha, mientras que el espacio libre que queda en el alojamiento deba ser parcialmente cubierto. Antes de que el rodamiento funcione a altas velocidades, se debe permitir que el exceso de grasa en el rodamiento se asiente o se elimine durante un periodo de rodaje.

Al elegir una grasa, los factores más importantes a tener en cuenta son la consistencia, el margen de temperatura de funcionamiento, la viscosidad del aceite base, las propiedades antioxidantes y la capacidad de carga.

El tipo de grasa utilizada para la lubricación de los rodamientos es **Shell Albida Grease EP 2** y tiene las siguientes características presenten en la Tabla 3¹⁸.

¹⁸ Ficha técnica del producto Shell Albida Grease EP 2

Tabla 3. Características Típicas de la Grasa.

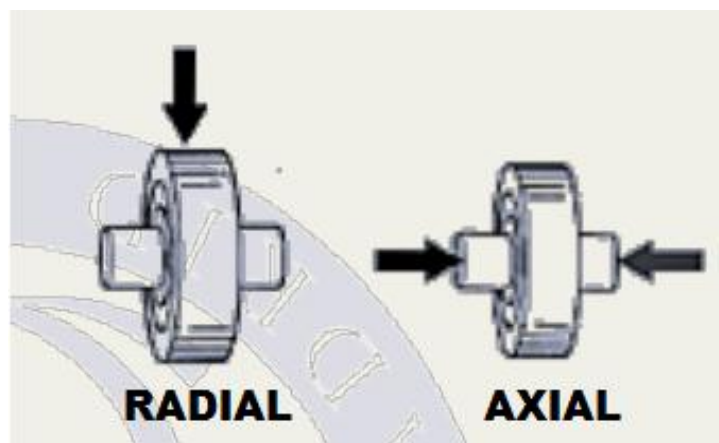
Consistencia NLGI	2
Color	Café oscuro
Jabón Espesante	Complejo de Litio
Aceite Base	Mineral
Viscosidad del aceite base	a 40°C 220 cSt a 100°C 19 cSt
Rango de Temperatura	-20°C a +150 °c
Penetración Trabajada a 25°C 0,1 mm	280
Resistencia al agua	☆☆☆

Fuente: Ficha técnica del producto Shell Albida Grease EP 2

8.2.3 Tipo de rodamiento.

Los rodamientos se clasifican de acuerdo a la dirección de la carga, se utilizan dos tipos de rodamiento radial y axial para realizar el movimiento de los cilindros de las cajas de laminación como se muestran en la Imagen 14. Los elementos rodantes son de tipo rodillo cilíndrico.

Imagen 144. Dirección de carga de los rodamientos



Fuente: http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/diseno-mecanico-1/material_clase/ocw_rodamientos1

Los rodamientos que se utilizan en las pistas de los cilindros son de rodillo cilindro de doble hilera tipo radial, el cual son destinados para soportar cargas pesadas. Estos rodamientos tienen una configuración especial ya que los rodillos que se utilizan van intercalados en tamaño para proteger la pista del cilindro y mejorar la lubricación (Imagen 15). También los rodamientos de rodillos cilíndricos de doble hilera son rodamientos libres. Apropriados para el apoyo radial de los husillos principales de máquinas - herramientas. Son desarmables, lo que facilita el montaje y el desmontaje. Su adaptabilidad angular es baja¹⁹.

Los rodamientos radiales se utilizan para el movimiento de la carga vertical que se ejerce cuando pasa el material por los cilindros y los rodamientos axiales son para el desplazamiento horizontal de los rodillos de la caja de laminación.

Imagen 15. Rodamientos de cilindro de doble hilera tipo Radial

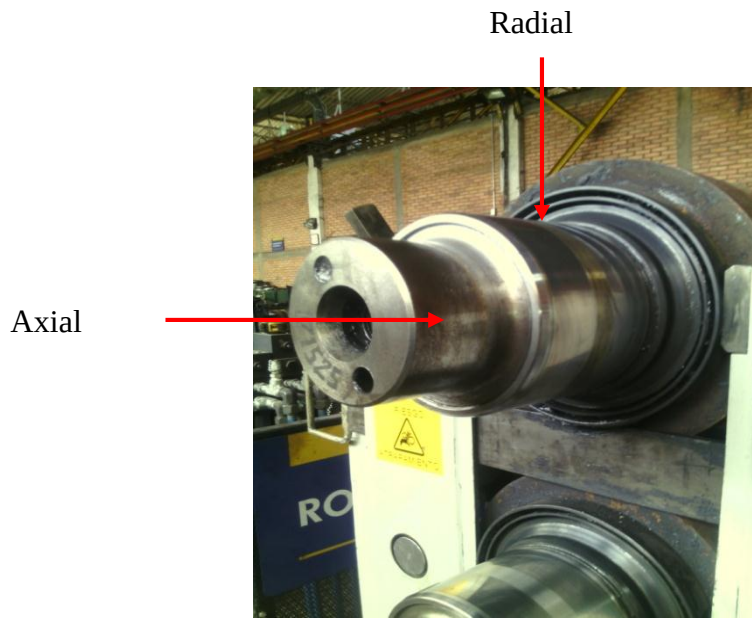


Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Rodamiento tren 2, año 2015

Los rodamientos se ubican dependiendo de la carga, como se observa en la Imagen 16 los rodamientos tipo radial están ubicados en la parte final del cilindro de la caja de laminación y los rodamientos de tipo axial se encuentran en la parte trasera de la caja de laminación al final donde se conecta el motor reductor y motor. El rodamiento radial lo que hace es lubricar el cuerpo del cilindro y proteger cada parte evitando el desgaste y el rodamiento axial lo que hace es lubricar las parte final del cilindro para cuando se va a realiza algún movimientos horizontales en el cilindro.

Imagen 16. Ubicación de los rodamientos en la caja de laminación.

¹⁹ Rodamientos para carga radial. Ducasse Comercial. Disponible en: <http://www.ducasse.cl/productos/rodamientos/rodamientos-carga-radial>



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Ubicación caja de laminación tren 2, año 2015.

8.2.4 Distribuidores de grasa.

Son los encargados de suministrar y distribuir la cantidad de grasa suficiente a cada caja de laminación. Su funcionamiento es mecánico ya que al estar conformado por 4 pistones estos son llenados a presión que viene de la tubería del sistema de lubricación centralizado de grasa y el distribuidor cumple la función de repartirlo a los 8 puntos de lubricación que se encuentran en la caja de laminación, como se presenta en la Imagen 17.

Estos distribuidores tienen que ser calibrados en cada caja de laminación, ya que cada una tiene velocidades diferentes y cada vez que se hace mantenimiento se cambian las primeras cuatro cajas entre ellas y las 6 cajas siguientes de igual manera. Entonces la presión con la que llega la grasa en la caja 11 no es igual a la que llega a la caja 2 por consiguiente los distribuidores tienen una configuración diferente para cada caja.

Imagen 177. Distribuidores caja de laminación



Fuente: Autor, BARRIOS, A. María Camila, visita taller de guías tren dos, año 2015

Los distribuidores se encuentran ubicados en la parte trasera de la caja donde se conecta el reductor y motor, y salen 10 tuberías de color naranja del distribuidor para lubricar los 8 rodamientos radiales y los 2 axiales (Imagen 18).

Imagen 188. Ubicación distribuidor caja de laminación (parte trasera)



Fuente: Autor, BARRIOS A. MARIA CAMILA, visita taller de guías tren dos, año 2015.

9 CONTROL

La Automatización Industrial se hace posible mediante los Sistemas de Control, que son los equipos e instrumentos (lo físico), que combinados con procedimientos mentales o algorítmicos (lo inteligente) trabajan en torno a propósitos previamente establecidos (lo deseado).

Las funciones principales de un Sistema de Control son la observación del proceso y sus variables a automatizar, el acondicionamiento de las variables y parámetros observados, el procesamiento de esta información y su comparación con lo deseado y, posteriormente, la acción de corrección de los elementos terminales para conseguir lo deseado.

En esta etapa se tiene la información para poder llevar a cabo una secuencia de pasos, siendo el sistema de mando PLC. Para realizar el diseño e implementación de la programación se hizo uso de los métodos de especificación funcional y un estudio detallado del funcionamiento de la estación central de bombeo, teniendo en cuenta el ciclo que debe hacer el sistema.

9.1 MÉTODOS DE ESPECIFICACIÓN FUNCIONAL.

Los sistemas de producción automatizados constan de 2 partes fundamentales: una de ellas es la parte de control que es la encargada de sugerir las órdenes para que el automatismo tome decisiones y la parte operativa se compone de los elementos que convierten las órdenes y decisiones en las acciones necesarias para el funcionamiento del equipo.

9.1.1 Esquema gráfico del funcionamiento.

El primer paso que se debe realizar es el esquema gráfico del funcionamiento de la central de bombeo para lubricar a las cajas de laminación enfocada en los tiempos de lubricación y en las alarmas. Y se cuentan con las siguientes variables:

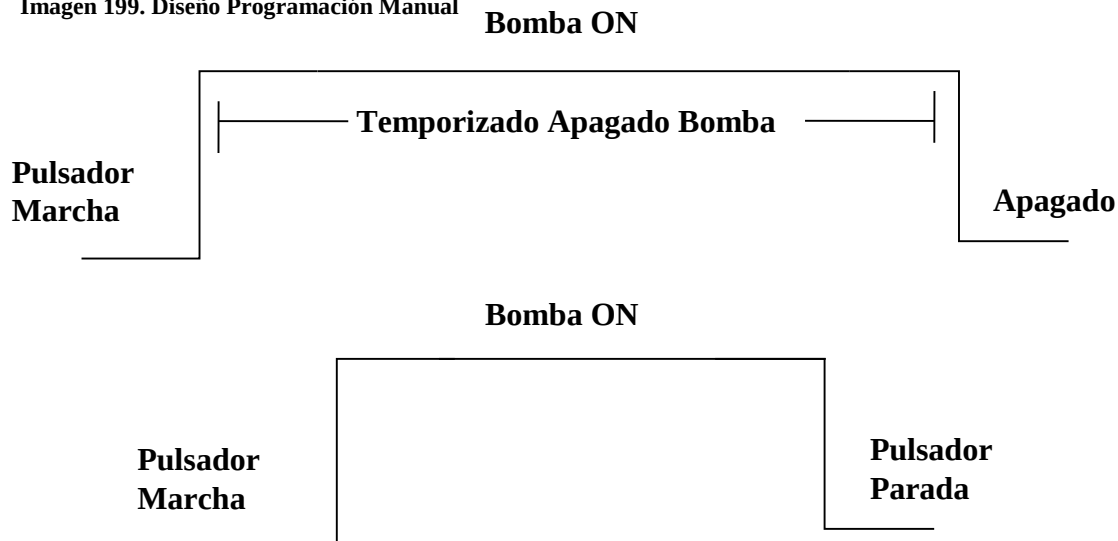
- Pulsador: Señal de encendido y/o apagado de la Bomba
- Temporizador Apagado: Tiempo que transcurre 12 Segundos y apaga la bomba automáticamente.
- M1: Tiempo de guardia o tiempo de lubricación
- M2: Tiempo de espera
- M00027: Finalización tiempo de lubricación o de guardia

- **TEMPORIZADOR:** Tiempo para sonar la alarma después de terminar el tiempo de guardia.

Funcionamiento Manual

La bomba se energiza con el pulso o flanco de subida que es originado del pulsador marcha y al mismo tiempo se activa el temporizador de 120 segundos, en caso de que en este tiempo no se oprima de nuevo el pulsador de apagado, esta se apagará automáticamente al finalizar los 120 segundos y se des energizará la bomba. Como se presenta en la Imagen 19.

Imagen 199. Diseño Programación Manual



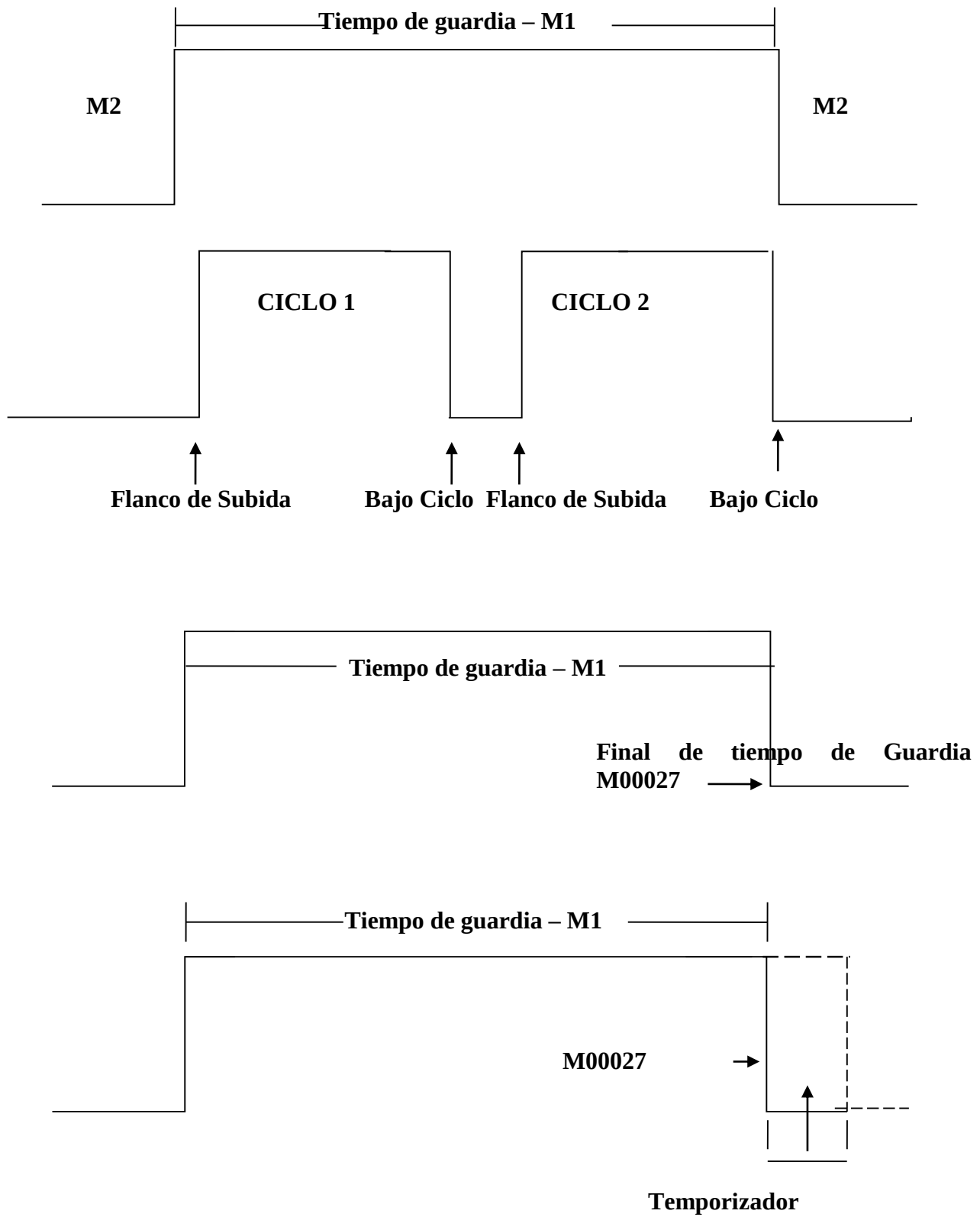
Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, 2015

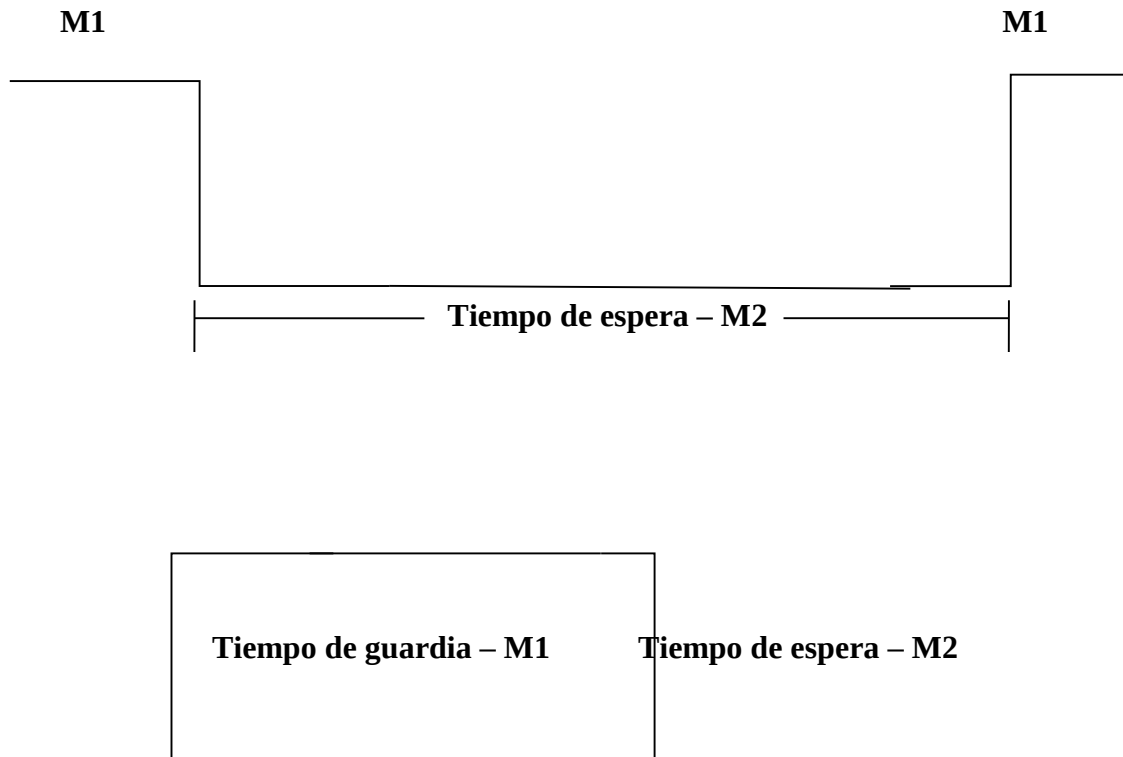
Funcionamiento Automático

Al energizar la bomba se activa automáticamente el tiempo de guardia o tiempo de lubricación, al estar activo este tiempo se debe recibir el pulso de la válvula inversora. Cuando se reciben las señales de flanco de subida y flanco de bajada y la presión de las dos salidas están en el punto calibrado se des energiza la bomba.

Cuando se detecta la señal baja del final del tiempo de guardia (M00027) y se ha cumplido los dos ciclos para la lubricación, se activa un temporizador para que pueda terminar el proceso de llenado y no se active la alarma, de lo contrario se activa la alarma y se detiene la bomba y los tiempos siguen activos para evitar perder la próxima lubricación. Luego de terminar el proceso de llenado satisfactoriamente comenzará al tiempo de espera. Una vez culminado el tiempo de espera el PLC enviará una señal energizando el contactor correspondiente a la bomba y se volverá a realizar el proceso. Como se describe en la Imagen 20.

Imagen 200. Diseño de la programación del funcionamiento Automático de la central de bombeo de grasa.





Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, 2015

9.2 GRAFCET

Es un diagrama funcional que describe los procesos a automatizar, teniendo en cuenta las acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones. Para la realización del grafcet es de gran importancia definir las etapas y acciones del proyecto para identificar fácilmente el proceso que se va a realizar.

9.2.1 Grafcet de Nivel 1 o Funcional

Descripción

Como primera etapa el equipo se encuentra en reposo una condición para continuar con la transición es que ninguna de las alarmas este activa, luego se elige una secuencia entre las dos ya sea manual o automático.

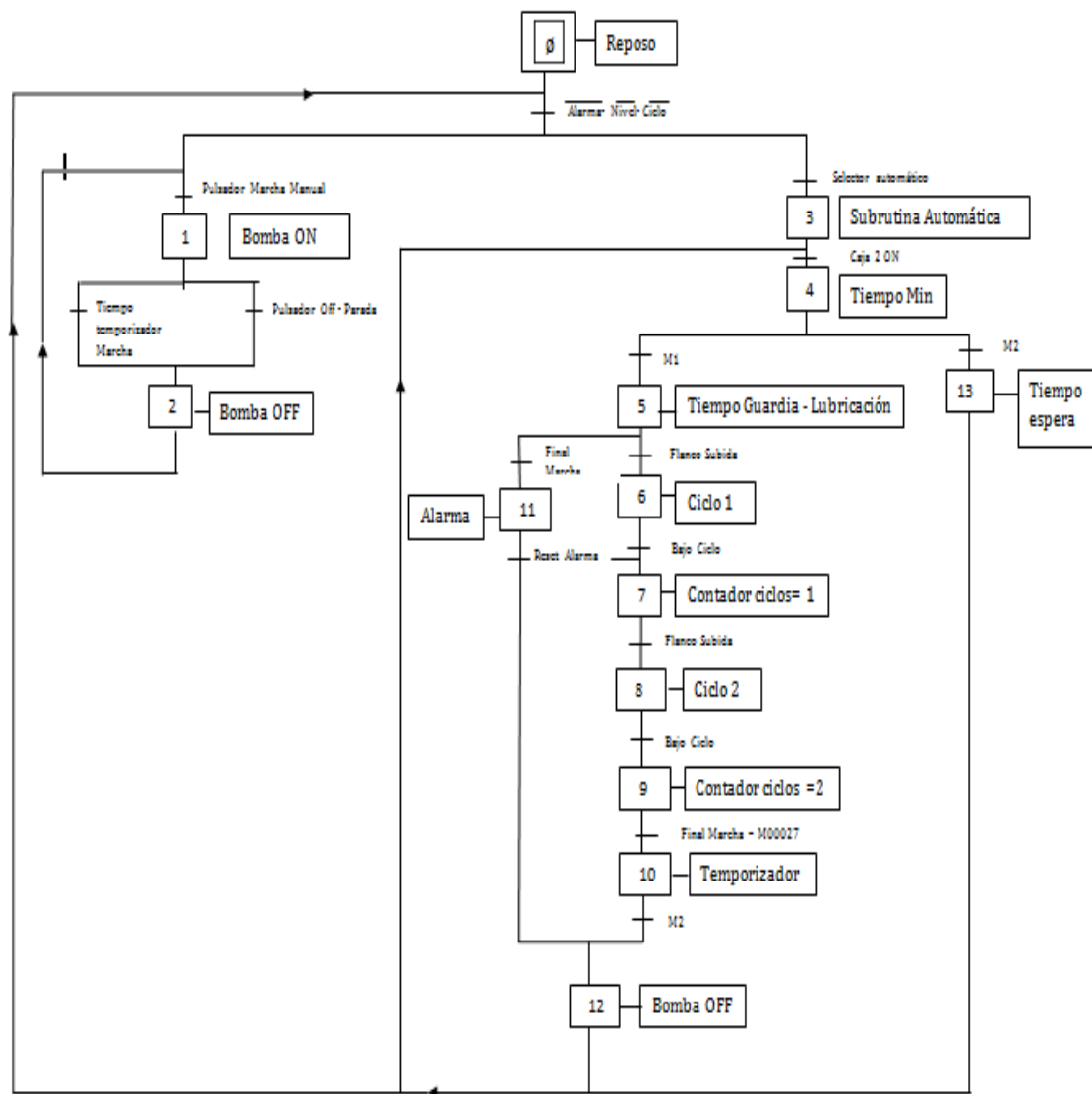
Al seleccionar manual la bomba se enciende oprimiendo el pulsador de marcha manual, este inmediatamente activa un temporizador con un tiempo determinado de apagado o hasta que se vuelva a oprimir el off de la marcha la bomba se apagara.

Al seleccionar automático este entra a la subrutina Automático grasa del programa Master del tren dos en el PLC, este verifica que la caja 2 este encendida. Luego se activa una variable Tiempo Min que es la encargada de activar ya sea el tiempo de espera o el tiempo de guardia es decir, guarda el tiempo en caso de que la caja 2 se haya apagado por algún momento. Inmediatamente se elige una secuencia M1 (encendida) o M2 (apagada).

Si se activa M1 este empieza el conteo del tiempo de guardia y se empieza a llenar las salidas del sistema, si se detecta en un flanco de subida significa que está realizando un ciclo y luego se realiza un flanco de bajada, el contador de ciclos nos muestra que se ha realizado 1 ciclo completo; Luego se detecta otro flanco de subida y otro flanco de bajada se muestra en el contador de ciclos que se realizó 2 ciclos completos y se activa un temporizador de 120 segundos para evitar que suene la alarma de ciclo y se apaga la bomba enseguida empieza el conteo del tiempo en espera. Si en dado caso no se detecta los dos ciclos es decir los flancos de subida y bajada la alarma de ciclo se activa y solo se puede apagar dando reset alarma pero si continuo con la falla volverá a sonar.

Si se activa M2 este comenzará el conteo del tiempo de espera y al terminar regresa a la transición de verificar si la caja 2 está encendida. Y si el proceso se cumplió correctamente vuelve a la transición de la etapa de reposo y se debe cumplir que ninguna de las alarmas esté activa como se presenta en la Imagen 21.

Imagen 211. Grafcet Nivel 1 Sistema centralizado de grasa



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, 2015

9.2.2 Tabla asignación de variables

Para realizar la asignación de variables es de gran importancia verificar los registros libres que se encuentran en el programa MASTER del tren dos, así mismo se deben utilizar las mismas variables de la caja 2 y de la alarma en general para evitar fallas de llamado de registros o variables diferentes. Como también es importante asignarle registros de memorias a la interfaz gráfica Quick Panel, para corroborar que los datos visualizados sean verdaderos estos registros de memorias deben estar en paralelo con el registro de entrada o salida correspondiente a la variable. A continuación se muestra las variables de entrada del PLC (Tabla 3), las etapas del programa (Tabla 4), las acciones del programa del PLC (Tabla 5), los contadores o temporizadores del programa (Tabla 6) y los registros de las etapas de la Quick Panel (Tabla 7).

Las variables de entrada del PLC se asignaron de acuerdo a los sensores que están presentes en la estación central de bombeo, es decir todo lo que el programa toma como instrucciones de entrada nuevas, como se presenta en la Tabla 3.

Tabla 4. Variables de entrada PLC

VARIABLES ENTRADAS	PLC ENTRADAS
Nivel bajo del tanque	I00109
Protección térmica	I00110
Detector del ciclo – Flanco Subida	I00108
Reset Alarma Ciclo	I00107
Pulsador Marcha Manual	I00121

Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, 2015

Es importante definir las etapas o el proceso que se desea que el proyecto realice, es decir la realización del ciclo de lubricación, los tiempos de encendido y apagado de la bomba y principalmente las alarmas de ciclo, estos registros se tomaron como memorias del PLC para ejecutar las funciones e instrucciones programadas para poder modificarlas y controlar el proceso esto se hizo debido a que no habían registros libres, como se describen en la Tabla 4.

Tabla 5. Etapas del programa PLC

ETAPAS	MEMORIAS PLC
M1 – Tiempo de guardia- Bomba ON	M002010
M2 – Tiempo de espera – Bomba OFF	M002013
Tiempo_ min – Tiempo Contador	M002016
Bajo ciclo – Flanco de Bajada	M002019
Final Marcha – Flanco de bajada M1	M002043
M0027- Detector de flanco bajada en marcha	M002023
Marcha Manual	M00050
Alarma No ciclo de lubricación	M02955
Alarma más de 2 ciclos	M02957
Salida alarma nivel – térmica	M02954
Apagado Manual	M00053

Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, 2015

Las acciones del programa se definieron de acuerdo a los registros de salida que ya existían en el Master del tren dos solo se tomó 3 acciones principales que la caja 2 este encendida, la sirena general de la alarma y la marcha, ya que un excelente funcionamiento del sistema como se presenta en la Tabla 5.

Tabla 6. Acciones del programa del PLC

ACCIONES	SALIDAS
Caja 2 encendida	Q00013
Alarma – Sirena	Q00043
Marcha – Bomba ON	Q00047

Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, 2015

Y por último se tuvieron en cuenta todos los contadores de tiempo, los temporizadores que son utilizados en el programa, para un óptimo funcionamiento como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 7. Contadores y temporizadores del programa PLC

Contadores / Temporizadores	Registro
Contador Tiempo de Espera	R002523
Contador Tiempo de Guardia o lubricación	R002526
Contador Número de Ciclos	R002529
Temporizador después de los ciclos	R002532
Temporizador apagado bomba manual	R000120

Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, 2015

Quick Panel

Al momento de crear las etapas de la interfaz gráfica se identificó que las únicas entradas fundamentales son el botón de marcha, el botón de parada y el reset de alarma para apagar la alarma de ciclo en caso de que suene. Ya que los otras entradas son de visualización de las variables del programa. Se presentan las etapas en la Tabla 7.

Tabla 8. Etapas en la Quick Panel del PLC.

ETAPAS	REGISTROS PLC
Marcha	M002026
Parada	M002029
Reset alarma	R002032

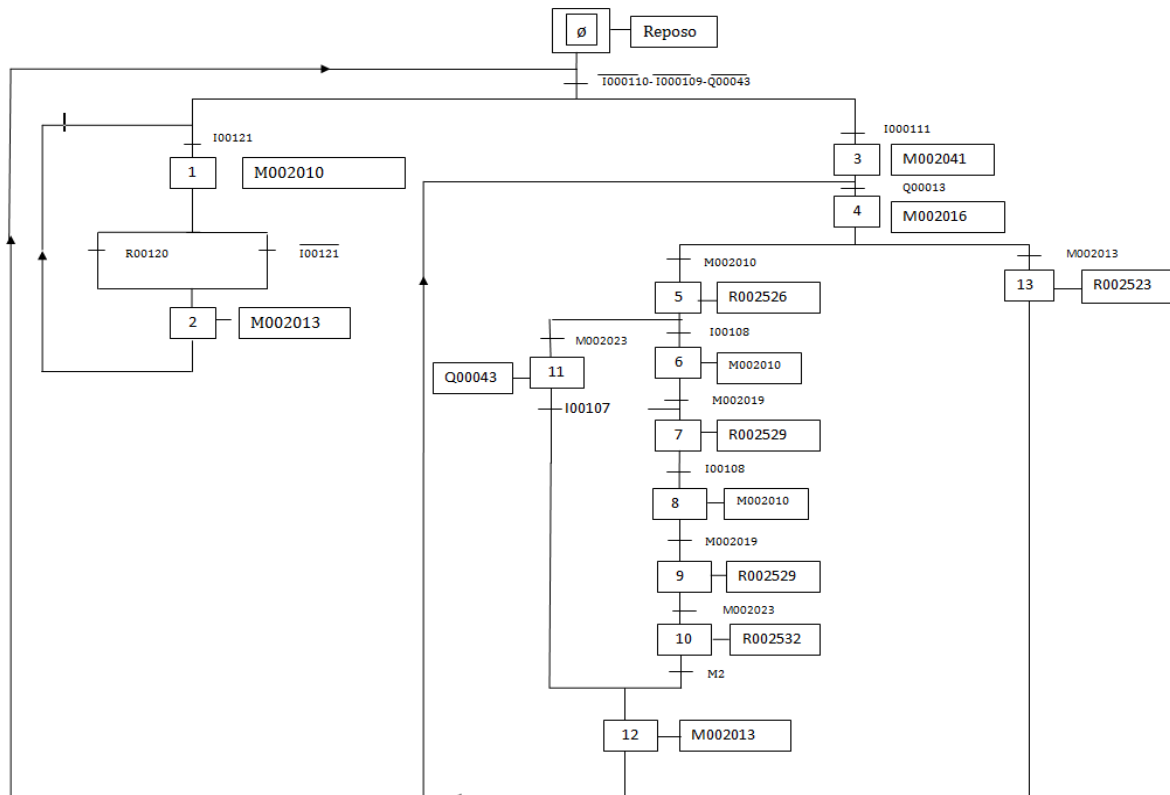
Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, 2015

9.2.3 Grafcet Nivel 2 o tecnológico

El grafcet de Nivel 2 o tecnológico nos muestra el mismo procedimiento del grafcet de nivel 1 o funcional con la diferencia que en este no se utilizan palabras solo nos muestra las registros de entrada, salida o memorias que se utilizaron en el PLC. Esto facilita el proceso de verificación de

registros de la programación del PLC, y facilita la comunicación y entendimiento entre los colaboradores encargados de la parte de automatización y el programa, como se muestra en la Imagen 22.

Imagen 222. Grafcet Nivel 2 Sistema centralizado de grasa



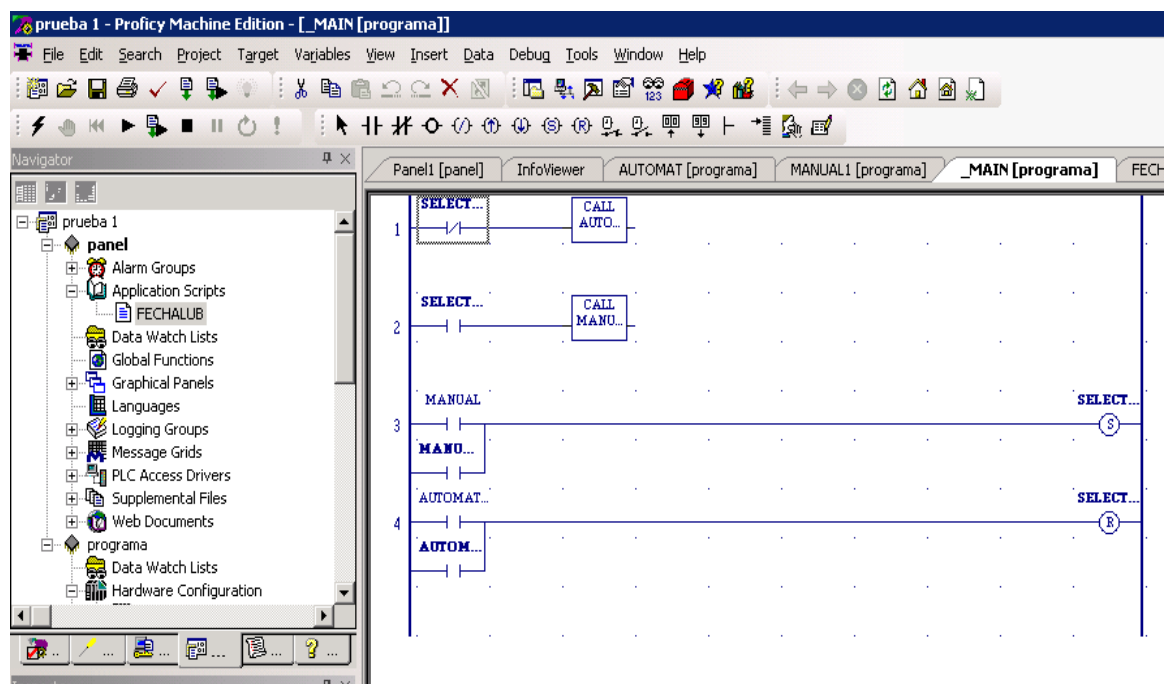
Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, 2015

9.3 PROGRAMACIÓN LÓGICA.

Se realizó la programación en el software *PROFICY MACHINE EDITION* utilizado para los PLC GEFanuc. La programación se realizó el lenguaje ladder.

- **Main:** Es donde se inicia el control del programa y el llamado de las subrutinas manual y automático. En este paso se selecciona la forma en que se desea que funcione el sistema de lubricación centralizado por medio del selector como se presenta en la Imagen 23.

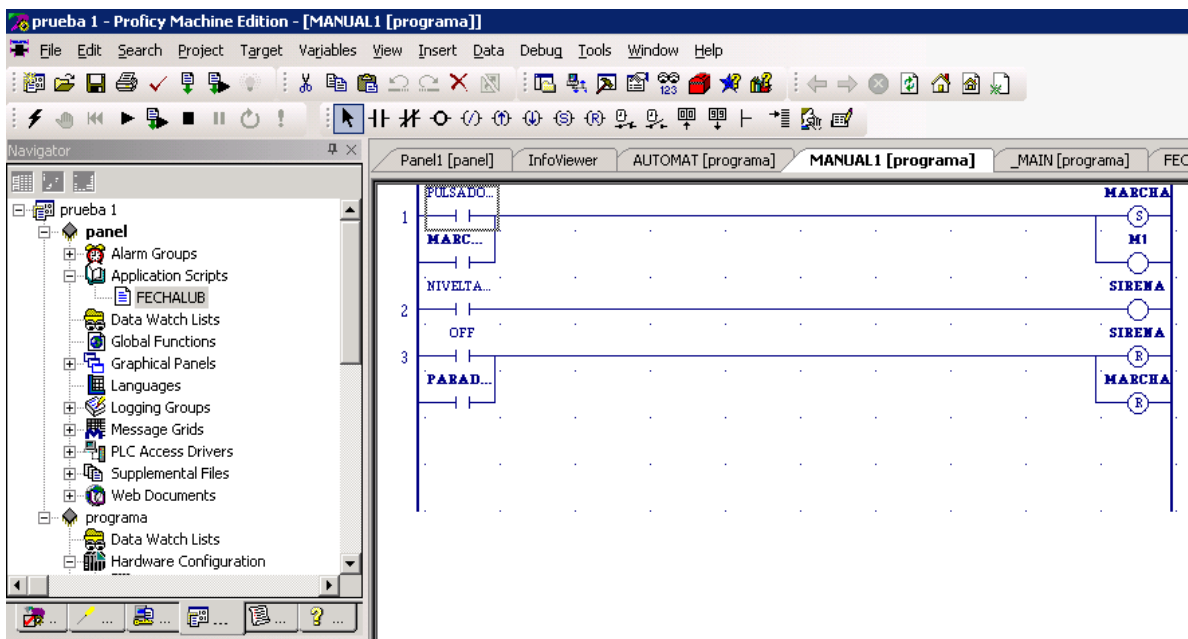
Imagen 233. Programa Main sistema centralizado de grasa.



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, 2015

- **Manual** Al estar en la subrutina manual, se activa la marcha por medio de un pulsador y solo se detendrá hasta que se oprima el pulsador de parada o el tanque se quede sin lubricante. En este caso sonará la sirena indicando el nivel bajo del tanque. El programa manual se muestra en la Imagen 24.

Imagen 244. Programa Manual sistema centralizado de grasa.



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, 2015

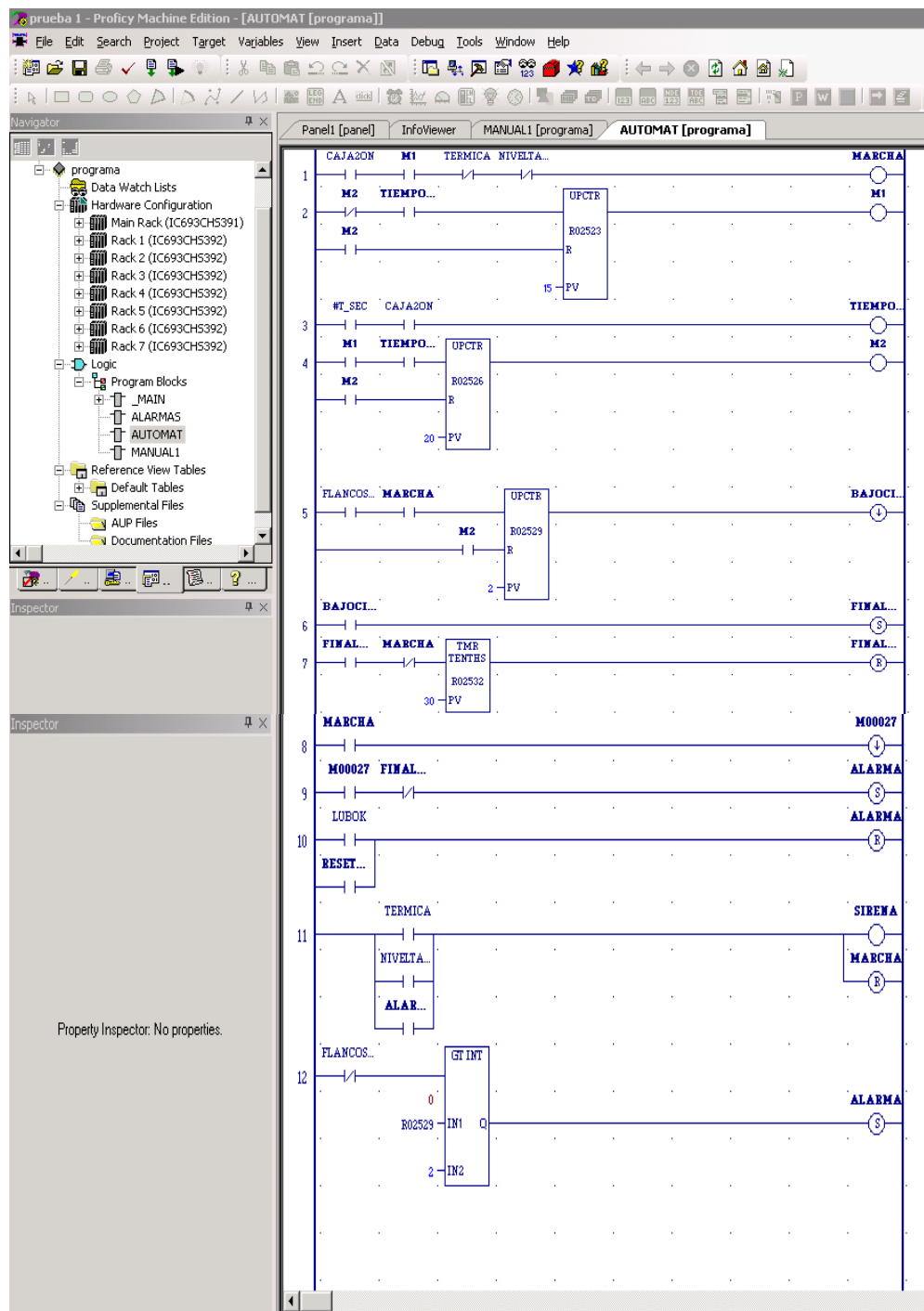
- **Automático** Al estar en la subrutina automático, debe estar la caja 2 encendida y las alarmas térmica y nivel apagadas para que se active la bomba y empiece el conteo del tiempo de lubricación o el tiempo de espera. Cuando el tiempo de lubricación esta encendido y la bomba está encendida se deben detectar dos flancos de subida y dos flancos de bajada para asegurar el llenado de las dos salidas ya que en cada salida se realiza un ciclo. Si se detecta más de dos ciclos suena la alarma, porque significa que existe algún problema.

Si no se detecta los flancos de subida o bajada y se finaliza el tiempo de lubricación se activará la alarma de ciclo. Al oprimir el reset la alarma se apagará mientras se soluciona el problema sino se ha solucionado el problema está volverá a sonar cuando se encuentre la bomba activa. Cuando las alarmas se activan inmediatamente la bomba se detiene, pero los tiempos siguen activos para evitar la pérdida del tiempo y así asegurar una lubricación.

Los tiempos de espera y lubricación se hacen por medio de contadores que cumplen con la función de incrementar y así se efectúa una comparación de este registro con el registro del valor consigna; Cuando el contenido del registro de cuenta es igual al contenido del registro del valor consigna, el bit asociado pasa al estado 1 o al estado 0²⁰, como se muestra el programa en la Imagen 25.

Imagen 255. Programa automático sistema centralizado de grasa.

²⁰ Sánchez, V.A (2001). Automatización Industrial Moderna. Madrid: RA-MA Editorial.

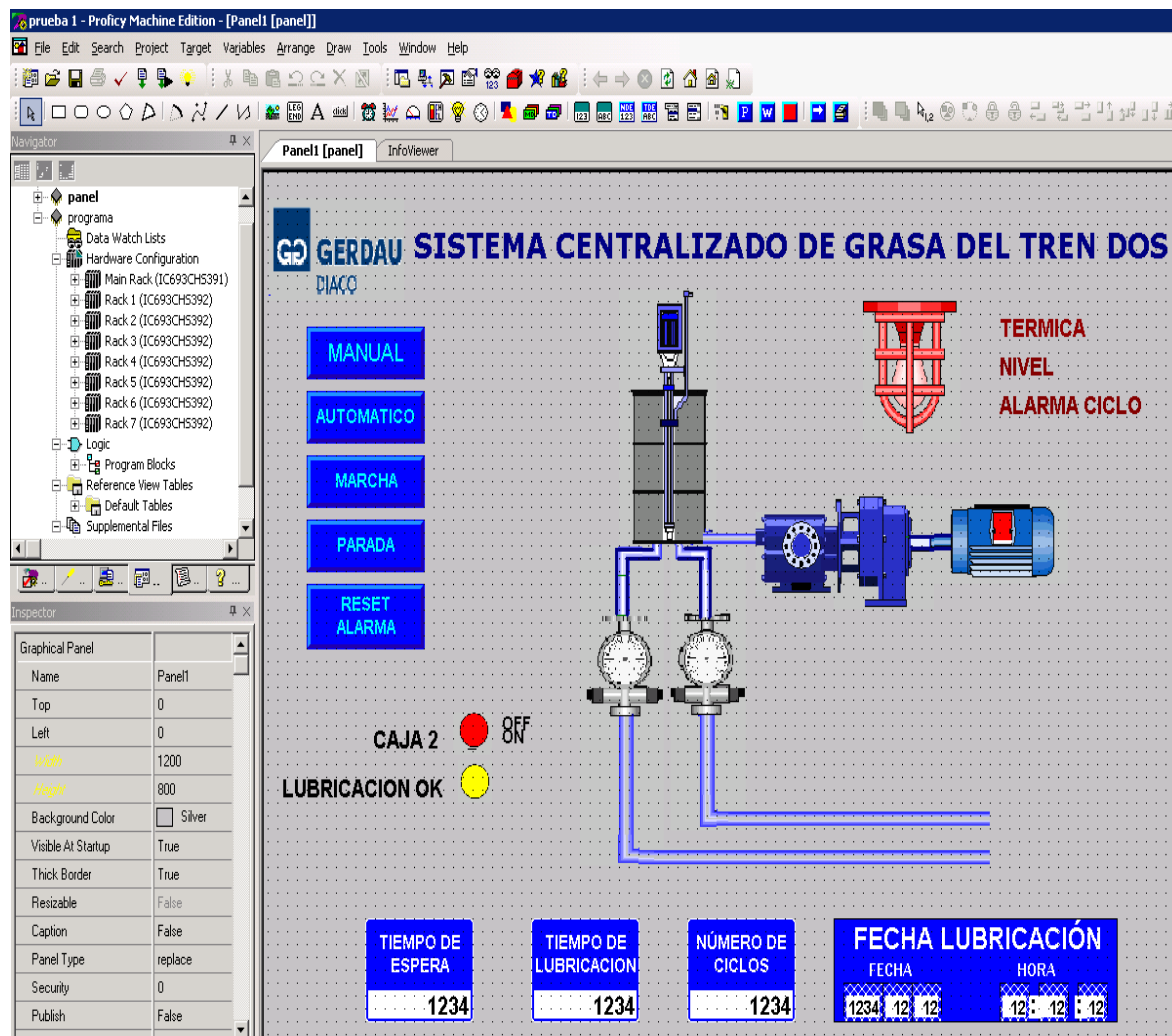


Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, 2015

- **Quick Panel** En la pantalla táctil se encuentra los botones selectores de manual, automático, marcha, parada y reset alarma para tener el control del sistema. También tiene los indicadores de caja 2 de laminación encendida y lubricación OK para saber si se está lubricando el sistema.

Se visualiza el tiempo de espera, tiempo de lubricación y el número de ciclos que realiza el sistema así como la última fecha en que lubricó. De la misma manera existe una imagen de sirena y muestra el nombre de la alarma que está activa. Cuando la alarma de nivel se activa se muestra en el grafico el tanque sin lubricante y cuando el motor está apagado el centro se encuentra de color rojo y si esta encendido de color verde. La interfaz gráfica de la Quick Panel se muestra en la Imagen 26.

Imagen 266. Quick panel del sistema centralizado de grasa.



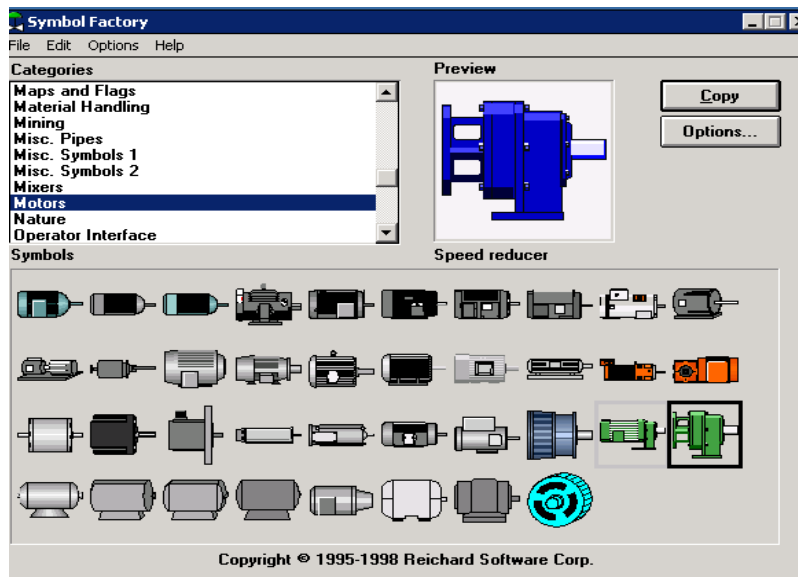
Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, 2015

9.3.1 Programación Gráfica.

En el software Proficy Machine Edition al crear el programa inmediatamente se subdivide en dos opciones: Panel y programa. En la opción de panel se muestran todas las aplicaciones que se pueden desarrollar. En la opción Graphical Panels con clic izquierdo se crea un nuevo panel, en esta opción empezamos a diseñar nuestra pantalla táctil.

- **Imágenes.** Las imágenes fueron extraídas de un programa llamado *Symbol Factory Wxp*, como se muestra en la Imagen 27 en este programa se encuentra una gran variedad de categorías y figuras industriales permitiendo la visualización previa de la imagen. cambiando el color de la figura, la rotación de la imagen entre otros.

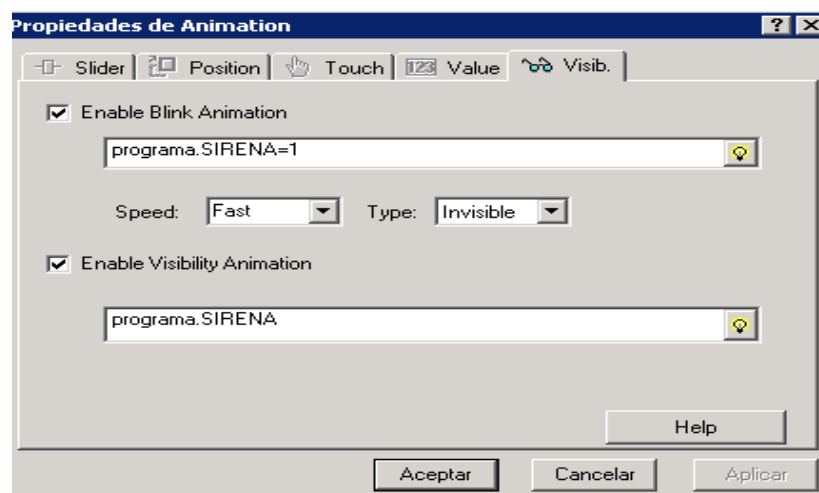
Imagen 277. Imágenes del Symbol Factory.



Fuente: *Symbol Factory* versión 1.3

Al copiar las imágenes en el panel creado del programa sistema centralizado de grasa se cambian las propiedades de animación de cada una como se observa en la Imagen 28, el cual permite habilitar la opción de parpadeo de la imagen cuando está encendida con la condición =1 (1 encendido y 0 apagado) y la opción de habilitar visibilidad de la animación cuando se está ejecutando esa parte del programa que se desea. También se puede modificar o habilitar opciones como la posición, la touch, los valores y el deslizamiento de la imagen.

Imagen 288. Propiedades de Animación de imágenes copiadas en Proficy Machine Edition



- **Contadores.** Para la visualización del tiempo de lubricación, tiempo de espera y el contador de ciclos se utilizó la herramienta *Numeric Data Entry Tool* y se le asigna la dirección del registro que se utilizó en la programación de la lógica. Como se muestran en la Imagen 29 los indicadores de los tiempos de espera y lubricación y el contador de ciclos.

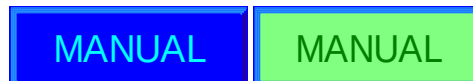
Imagen 299. Herramienta para visualizar los tiempos y ciclos de los contadores del sistema centralizado de grasa

TIEMPO DE ESPERA	TIEMPO DE LUBRICACION	NÚMERO DE CICLOS
1234	1234	1234

Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, 2015 Proficy Machine Edition

- **Pulsadores.** Para visualizar los botones de control del sistema se utilizó la herramienta *Illuminated Push Button Tool* ubicada en la barra de herramientas. Su función es que cuando se presione el botón ilumine con luz verde y este estado sea momentáneo. Se hace coloca la dirección de registro que se utilizó y se realice un enclavamiento con el programa, como se ilustra en la Imagen 30.

Imagen 300. Visualización botones de control OFF/ON



Fuente: Proficy Machine Edition Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, 2015.

En cada illuminated push button se pueden modificar el estado y la acción en las propiedades, es decir se puede cambiar si siempre se quiere que este encendida la luz del botón o que si este apagada y si la acción es momentánea o permanente, también se observa la dirección del registro, en donde se encuentra almacenada la variable, el nombre y datos generales como se puede observar en la Imagen 31.

Imagen 311. Propiedades de Illuminated Push Button Tool centralizado

Inspector	
ILPB	
Name	ILPB1583
Button Variable	programa.MANUALPANEL
Variable [programa]	
Name	MANUALPANEL
Description	MANUALPANEL
Publish	False
Array Dimension 1	0
Data Source	GE FANUC PLC
Ref Address	%M02035
Data Type	BOOL
Current Value	Off
Initial Value	Off
Default Display Form	On / Off
Retentive	False
Initial Force State	Not Forced
Current Force State	Not Forced
Light Variable	programa.MANUALPANEL
Variable [programa]	
Name	MANUALPANEL
Description	MANUALPANEL
Publish	False
Array Dimension 1	0
Data Source	GE FANUC PLC
Ref Address	%M02035
Data Type	BOOL
Current Value	Off
Initial Value	Off
Default Display Form	On / Off
Retentive	False
Initial Force State	Not Forced
Current Force State	Not Forced
States	State OFF
Action	Momentary
Key Assignment	None

Fuente: Proficy Machine Edition

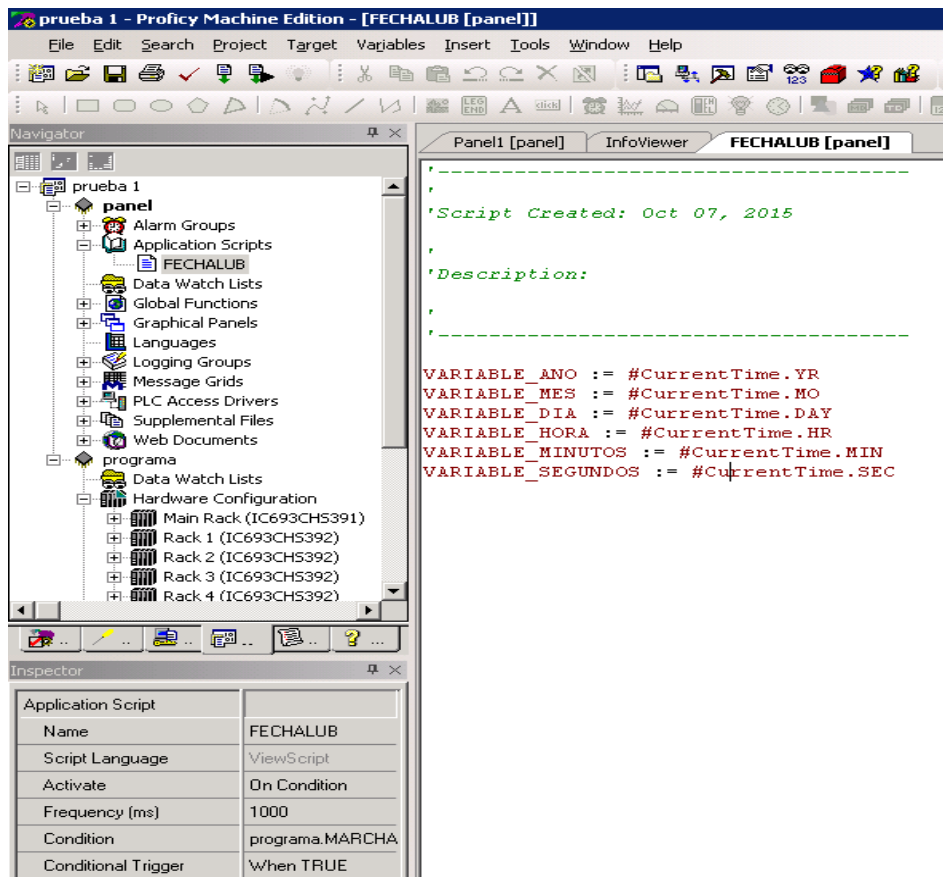
- **Script** El script se utilizó para programar la fecha de la última lubricación indicando año, mes, día, hora, minutos y segundos. Esta aplicación nos permite visualizar en tiempo real la hora en que lubricó el sistema, es decir cuando el tiempo de guardia y la bomba están activos. El programa que se carga al script es el de marcha. Al crear Script se coloca activación con condición para que solo se active o registre cuando la marcha este activa.

El script se crea mediante la creación de un nuevo ViewScript donde se active sobre una condición que en este caso sea la marcha del sistema cuando la bomba está encendida registre la nueva fecha de lubricación. Se deben crear las nuevas variable que en este caso sería la VARIABLE_ANO, MES, DIA, HORA, MINUTOS, SEGUNDOS y mediante el comando #CurrentTime. PV registrara el nuevo dato de fecha como se observa en la Imagen 32.

Las variables creadas son DINT y el formato para programar los datos de la fecha después del comando son:

- Año: .YR
- Mes: .MO
- Día: .DAY
- Hora: .HR
- Minutos: .MIN
- Segundos: .SEC
- Milisegundos: .MS

Imagen 322. Script de la fecha de lubricación en la Quick Panel



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, 2015

9.4 COMUNICACIÓN ENTRE PLC Y PC

La comunicación se realiza por medio del bus de campo Ethernet. Desde el cuarto TI se hace la conexión por medio de fibra óptica a todas las áreas de la planta y en cada área se encuentra un Access point para que se pueda acceder inalámbricamente a la red de la empresa. En particular en el tren 2 y tren 3 hay un concentrador de señales de los equipos utilizados en esa área, y estas conexiones se realizan por medio de cable UTP y Ethernet. En el cuarto del PLC hay un switch donde llegan todas las señales y este se integra por medio de un solo cable al concentrador y este al Access point para que la información pueda ser transmitida por red wifi.

10 IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Luego de realizar la programación se implementó y se cargó la programación del PLC del sistema de lubricación centralizado de grasa en el tren dos de laminación planta tuta. Primero se procedió a instalar el pulsador de marcha y parada el cual cumple con la función de ser utilizada manualmente y así mismo ser manipulada directamente por los lubricadores en caso de emergencia o para hacer pruebas en las cajas de laminación. El pulsador se encuentra al lado derecho de la bomba, al ser pulsado una vez se encenderá la bomba del motor y al pulsarlo dos veces se apagará como se visualiza en la Imagen 33.

Imagen 333. Pulsador marcha/parada



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Tren 2 de laminación, 2015.

En la subestación eléctrica donde se encuentran los PLC que controlan el tren continuo del tren dos se colocó un interruptor donde se pueda manipular el sistema si se quiere apagar el sistema o que funcione manual o automático, pero se dejó en automático por precaución por que algún colaborador se le puede olvidar cambiarla y dejarla en manual y las cajas de laminación estarían sin lubricante que eso sería bastante grave. Entonces siempre estará en la opción de automático, para evitar esas fallas como se presenta en la Imagen 34.

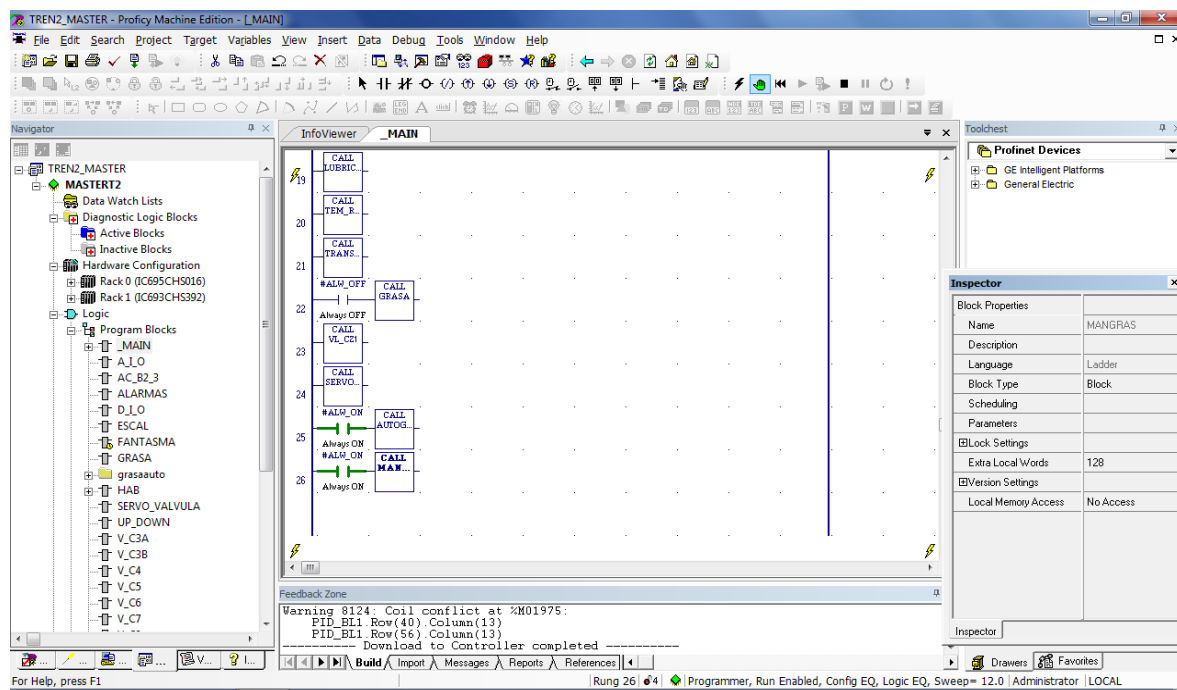
Imagen 344. Interruptor subestación eléctrica tren continuo



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Subestación eléctrica tren continuo tren dos, 2015.

Para cargar el programa primero fue importante llamar las subrutinas de manual en el Main principal del PLC *MASTER DEL TREN 2* con la condición de que siempre estén activas como se muestra en la Imagen 35.

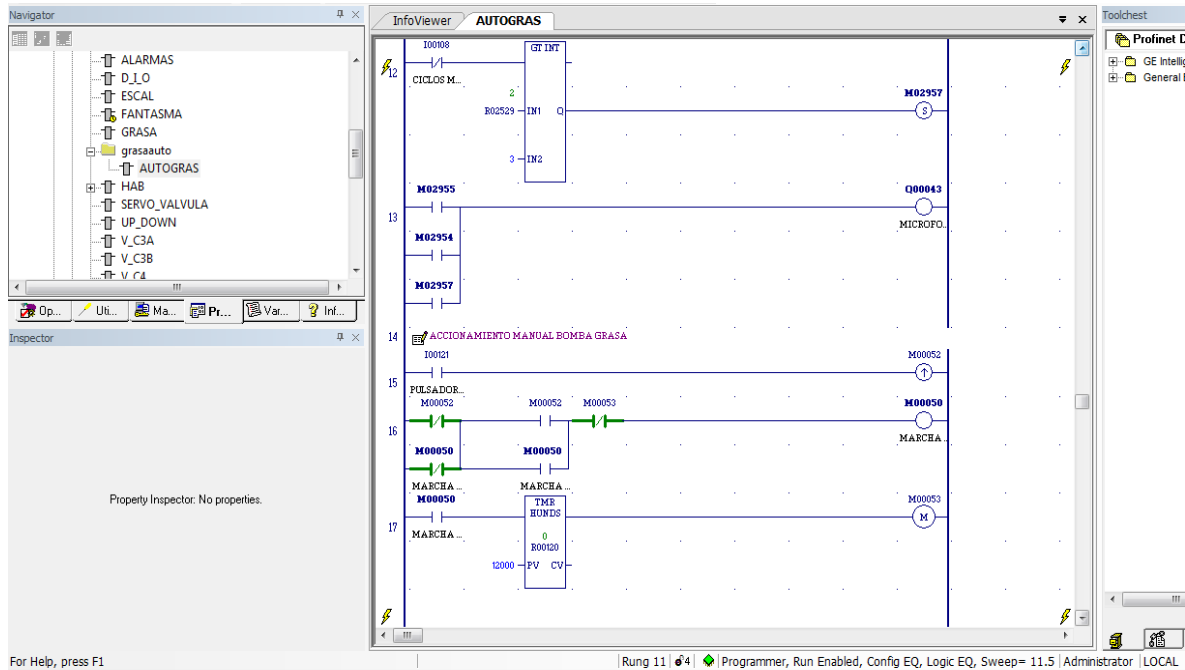
Imagen 355. Llamado de las subrutinas MASTERT2



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Tren 2 de laminación, 2015.

En la subrutina manual se incluyó la programación de encendido y apagado con el mismo pulsador la bomba de la central y el cual cuenta con un temporizador de apagado de 2 minutos en caso de emergencia que se quede encendida y evitar desperdicios del lubricante, la programación de la subrutina Manual se observa en la Imagen 36.

Imagen 366. Subrutina Manual



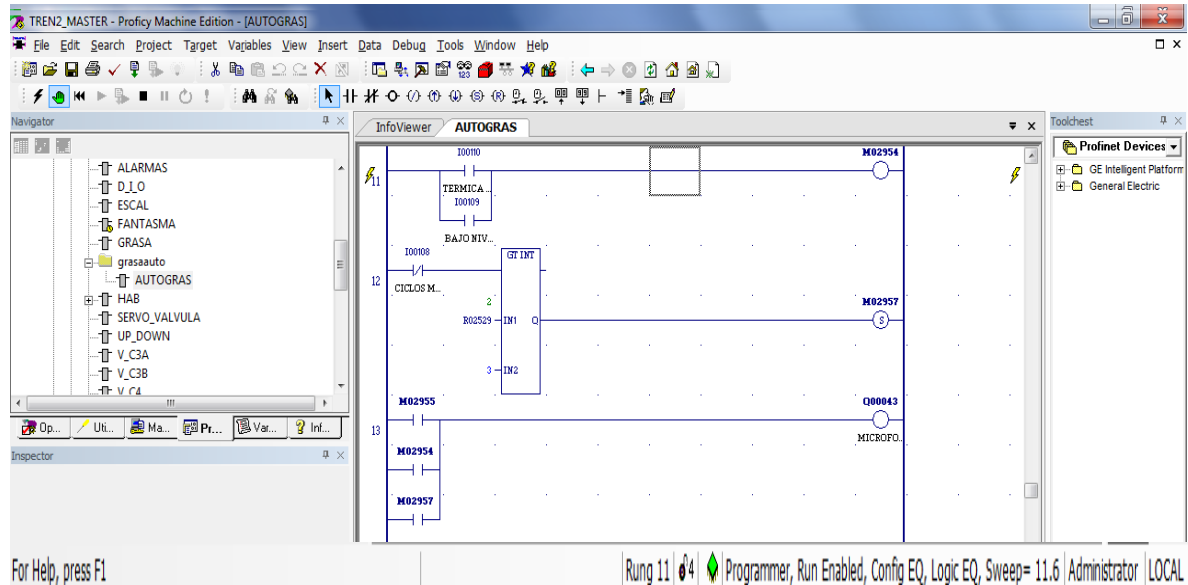
Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Tren 2 de laminación, 2015.

En la subrutina automática es llamada AUTOGRAS en el programa del PLC MASTER T2 , se tiene como condición principal para que la bomba de lubricación arranque en automático la caja 2 debe estar encendida y todas las alarmas deben encontrarse apagadas y se activaran los tiempos de espera y lubricación; Se comprueba que el sistema está en línea y se observa los tiempos de los contadores que igualmente son visualizados en la panel, el programa automático del sistema centralizado de grasa del tren dos se presenta en la Imagen 37 y 38.

Imagen 377. Programa Automático



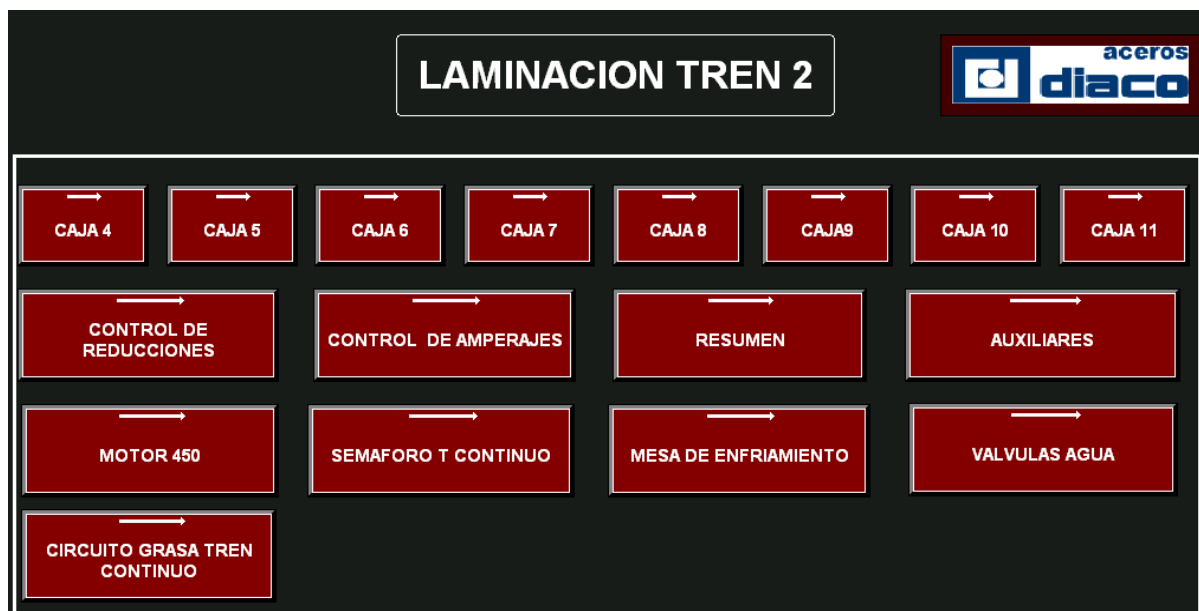
Imagen 388. Continuación programa Automático



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Tren 2 de laminación, 2015.

Luego de tener el programa automático y manual en el PLC MASTER del tren dos se procedió a cargar la interfaz gráfica a la pantalla de la Quick Panel del tren continuo del T2, añadiendo una ventana adicional al menú con el nombre de *circuito grasa tren continuo*, al oprimir en esta ventana encontramos el diseño de la panel del sistema, como se muestra en la Imagen 39.

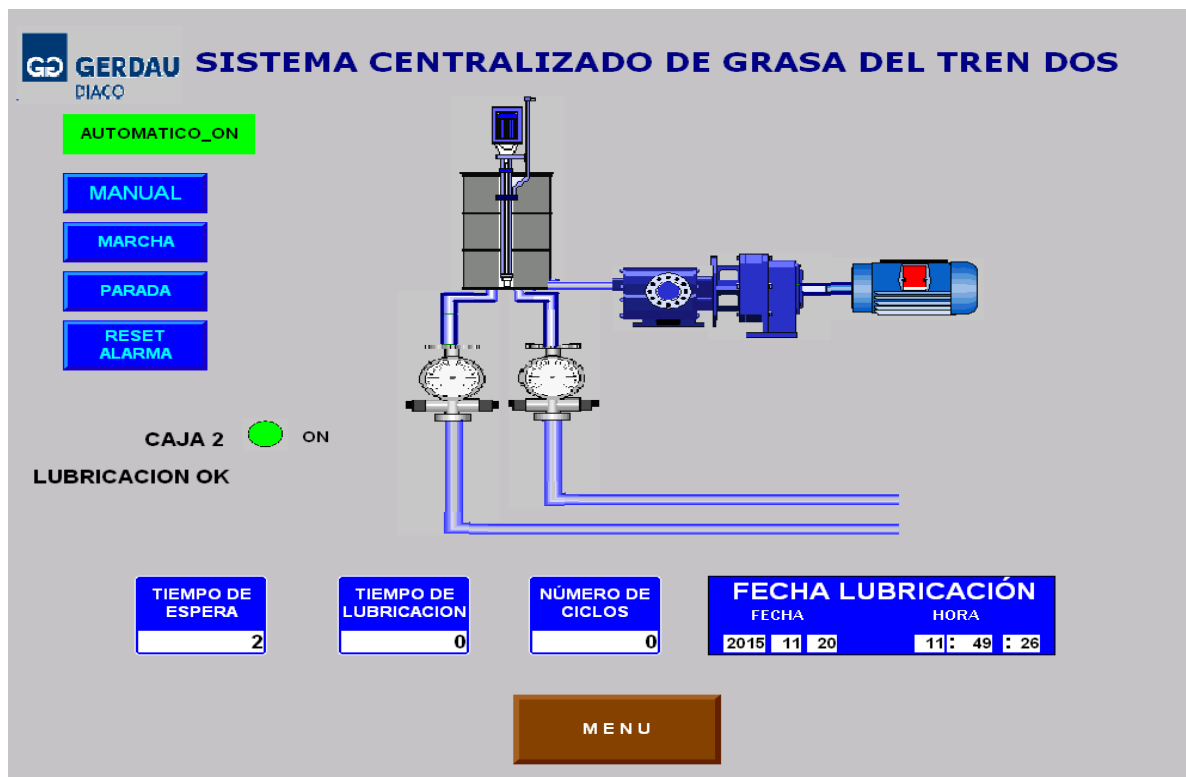
Imagen 399. Menú principal Quick Panel tren continuo T2



Fuente: Cabina tren continuo tren dos, 2015.

En la pantalla del sistema centralizado de grasa se puede observar que el sistema está trabajando en automático, que la caja 2 está encendida, que el tiempo de espera esta activo, el tiempo de lubricación se encuentra apagado, que no se ha detectado ningún ciclo porque el contador se reinicia cuando termina el conteo de tiempo de guardia, se muestra la última fecha de lubricación, que la bomba se encuentra apagada y que no tiene ninguna alarma activa también se visualiza el botón para regresar al menú principal. Este proceso se visualiza en la Imagen 40.

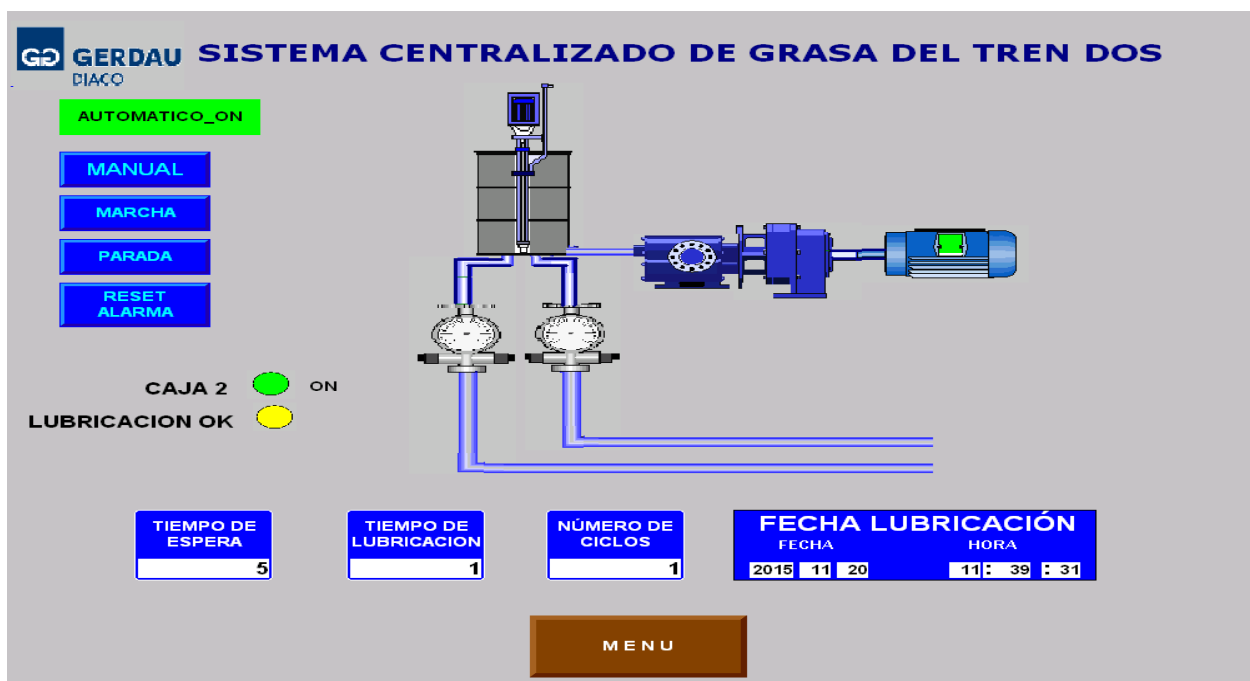
Imagen 400. Sistema centralizado de grasa apagado / tiempo de espera ON



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Tren 2 de laminación, 2015.

En la imagen 41 se observa que la caja 2 está encendida, está trabajando en automático, se está lubricando el sistema, que ha realizado 1 ciclo, la fecha de la lubricación, también nos indica que el motor esta encendido por consiguiente en ese momento se está lubricando el sistema correctamente ya que ninguna de las alarmas están activas.

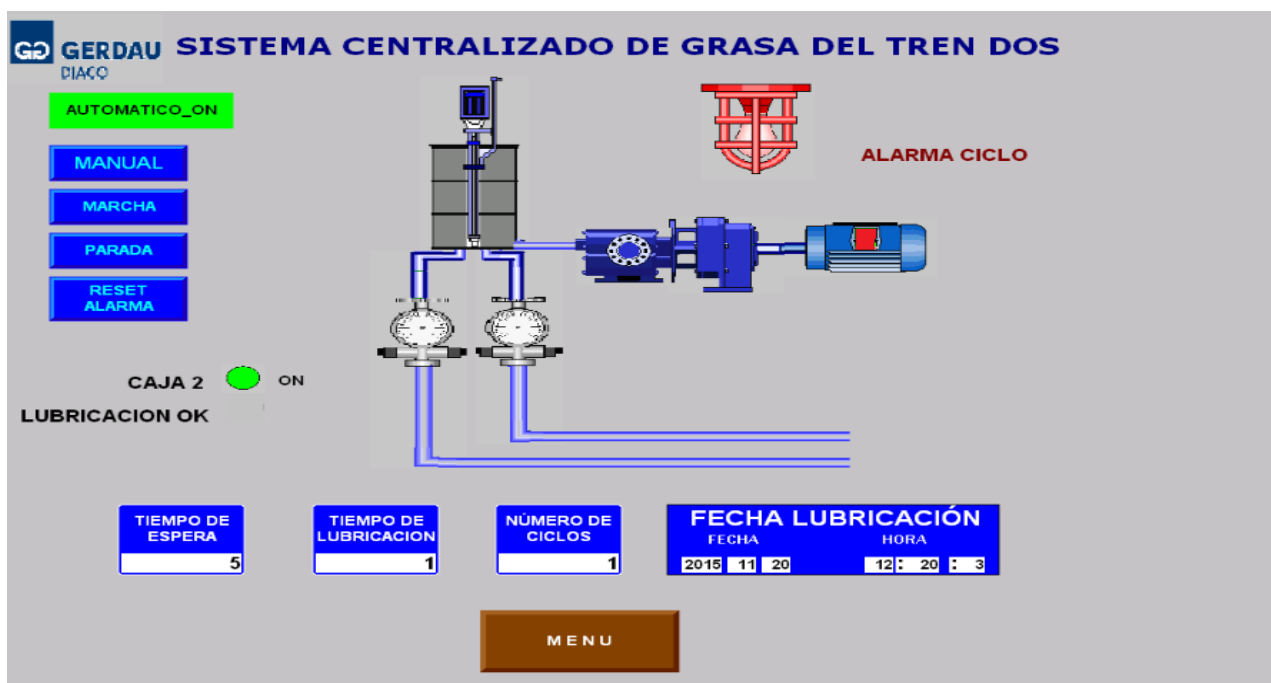
Imagen 411. Sistema centralizado de grasa encendido/ tiempo de lubricación ON



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Tren 2 de laminación, 2015.

En las pruebas realizadas se comprobó la sirena y la indicación de la alarma de ciclo en la pantalla, porque el sistema solo realizó un ciclo en un minuto ya que tiene que realizar 2 ciclos y ya se había acabado el tiempo de lubricación. El tiempo fue medido por cronometro en el cual se llena las dos salidas del sistema. Al sonar la alarma de ciclo la bomba se apaga automáticamente, como se representa en la Imagen 42.

Imagen 422. Alarma ciclo encendida



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Tren 2 de laminación, 2015.

Se visualiza la Quick Panel en la cabina del tren continuo del tren dos como se observa en la Imagen 43, donde los operarios pueden acceder a ella y monitorear el sistema de lubricación así mismo puede hacer un control del tiempo, las alarmas y el sistema en general.

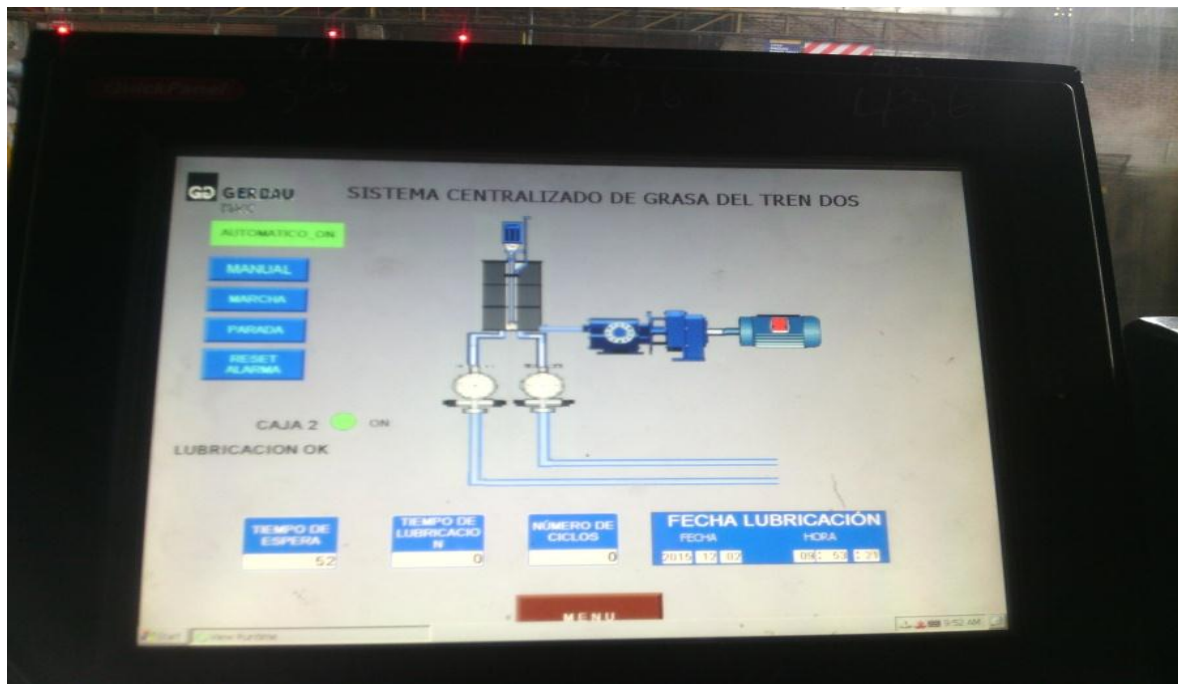
Imagen 433. Quick Panel tren continuo tren dos.



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Cabina del tren continuo del tren 2 de laminación, 2015.

En la Imagen 44 se observa en detalle el funcionamiento de la interfaz gráfica y se observa que el sistema se encuentra en tiempo de espera por consiguiente el tiempo de lubricación y el número de ciclos se encuentran en 0. Se visualiza que el motor tiene el indicador rojo es decir se encuentra apagado, también se muestra que el indicador de la caja 2 se encuentra en verde por lo tanto está encendida y el sistema está trabajando de manera automática.

Imagen 444. Interfaz gráfica sistema centralizado de grasa



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Cabina del tren continuo del tren 2 de laminación, 2015.

Para realizar las pruebas correctamente y garantizar que la grasa aplicada era la necesaria sin desperdiciarla se limpiaron los rodamientos de las cajas de laminación del tren dos y se supone que en un turno de 8 horas el sistema debe lubricar 4 veces y se observó que el programa estaba funcionando de la manera correcta y no se desperdició la grasa que es el objetivo del proyecto. Se hicieron las pruebas pertinentes con ayuda del personal del área eléctrica y los lubricadores de la planta Tuta como se muestra en la Imagen 45.

Imagen 455. Pruebas de grasa aplicada



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Cajas de laminación del tren continuo del tren 2 de laminación, 2015.

Luego se realizaron las pruebas con el programa automático y manual para asegurar que se estuviera realizando el proceso correcto, se utilizó un computador con acceso al software Proficy Machine Edition para verificar línea a línea de la programación y al mismo tiempo se verificó en otro computador con acceso a la interfaz gráfica del software View Runtime como se presenta en la Imagen 46.

Imagen 466. Pruebas programa e interfaz grafica



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Estación central de bombeo tren continuo tren dos, 2015.

Se realizaron las pruebas con el pulsador manual y se pudo escuchar que el motor se detiene cuando se oprime dos veces y se enciende cuando se oprime una vez. Estas pruebas se realizaron con la ayuda del personal eléctrico como se muestra en la Imagen 47 y se le hizo entrega del sistema a los lubricadores, mostrándoles el funcionamiento del pulsador manual y de la estación central de bombeo de acuerdo a las especificaciones de funcionamiento del proveedor.

Imagen 477. Pruebas pulsador manual



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Estación central de bombeo tren continuo tren dos, 2015.

Se comprobó que el reservorio estaba lleno por medio del sensor de nivel como se muestra en la Imagen 48 ya que la placa de empuje estaba completamente arriba y el plato barre grasa de igual manera. Se hizo esta inspección para evitar fallas en el sistema y que de pronto la bomba estuviera siendo expuesta a un arranque sin lubricante. Estas pruebas se hicieron como recomendaciones generales de los fabricantes de la estación central de bombeo.

Imagen 488. Pruebas sensor de nivel



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Estación central de bombeo tren continuo tren dos, 2015

Luego de realizar las pruebas con el sensor de nivel con la ayuda de los colaboradores de la parte eléctrica y los lubricadores se empezó a forzar las alarmas a 1 en el MAIN del programa de lubricación de grasa automática el cual se conectaron a la sirena principal del tren dos de laminación. Con el objetivo de probar que las alarmas del sistema estaban funcionando correctamente y que en la interfaz gráfica se mostrará el indicador de alarma que estaba fallando como se observa en la imagen 49.

Imagen 499. Pruebas de alarmas del sistema.



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Estación central de bombeo tren continuo tren dos, 2015.

Luego como prueba final de la implementación del sistema centralizado de grasa del tren dos de las cajas de laminación y haciendo todas las pruebas pertinentes con los dos computadores tanto con el programa como con la interfaz gráfica se accede a la cabina de control del tren continuo del tren dos, para realizar las mismas pruebas pero ya con la Quick panel para así evitar fallas en el sistema, igual se forzaron las alarmas en el programa para visualizarlas en caso de emergencia, como se muestra en la Imagen 50.

Se logró que el sistema se instalara correctamente en el tren dos de laminación y se inspeccionó el sistema durante 15 días para comprobar que el sistema brindara las condiciones deseadas, y los ciclos de lubricación fueran exactos así mismo que la alarma de ciclos no se activará para que los colaboradores encargados de la estación central de bombeo estuvieran satisfechos del proyecto entregado.

Imagen 500. Cabina de control tren continuo.



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Estación central de bombeo tren continuo tren dos, 2015.

11 CAPACITACIONES

Se realizó una capacitación a los colaboradores encargados de la Lubricación y la cabina del tren continuo del tren 2, con la finalidad de presentarles el proyecto y el funcionamiento del programa con sus respectivas funciones en la Quick panel.

Se contó con la asistencia de los lubricadores, eléctricos, mantenimiento, operadores del tren dos de laminación, analista de automatización, el jefe de ingeniería de la empresa Gerda Diaco Tuta y docentes de la Universidad Santo Tomás. En la Imagen 51 se presenta el listado de asistentes a la capacitación el día 03 de diciembre de 2015 en la empresa Gerda Diaco planta tuta.

Imagen 511. Listado asistentes capacitación

GERDAU DIACO		LISTADO DE ASISTENCIA				FORMATO: DTU-FOR-RHD-001				
MARQUE CON UNA X SEGÚN CORRESPONDA:		CAPACITACIÓN: ☒		COMITÉ: _____	REUNIÓN: _____	SOCIALIZACIÓN: _____				
TEMA: SISTEMA DE CONTROL DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADO DE LAS CASAS DE LAMINACIÓN		HORA INICIAL: 11:00		HORA FINAL: 12:00 PM						
RESPONSABLE (Capacitación/Comité/Reunión/Socialización):		MARIA CAMILA BARRIOS AGUILAR								
LUGAR: INGENIERIA		FECHA: (DD / MM / AA) 03 / 12 / 2015								
No.	Código SAP	Nombre Completo	Cargo	Firma	En caso de CAPACITACIÓN realice evaluación del evento, marcando con una X					
					0	25	50	75	100	
1	6005	Edgar A Becerra R	Op tren laminacion.	[Firma]						
2	1026	HUGO MOSICA	LUBRICADOR	[Firma]						
3	1225	Mario Alberto Roldano	Analista automatización	[Firma]						
4	2174	Pedro Manuel Araya Ch	Centro predictivo	[Firma]						
5	561	Paul Andrey Sandoval G	Ingeniero Mantenimiento	[Firma]						
6	1503	Jorge Carlos Suarez A	Lubricador	[Firma]						
7		OSCAR VILLALBA	DOCENTE USTA TUNJA	[Firma]						
8		William Alvarez C	DOCENTE USTA TUNJA	[Firma]						
9	1995	Jorge A. Ochoa P	Op Tren Laminacion	[Firma]						
10		Jorge Aurelio Torres I	JEFE INGENIERIA	[Firma]						
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
REGISTRE EN EL SIGUIENTE ESPACIO OBSERVACIONES SOBRE EL EVENTO (INSTRUCTOR, CONTENIDO, INSTALACIONES)										
Firma del Responsable:		[Firma: Camila Barrios]								
		Fecha: 16/02/2015		VERSION: 1.0		Página 1 de 1				

Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Listado de asistentes capacitación sistema centralizado de grasa, GERDAU Diaco planta tuta, área Ingeniería, 2015.

Durante la capacitación se hizo una introducción a la parte mecánica de la estación central de bombeo, la lógica de funcionamiento del programa, la programación en ladder y la pantalla gráfica. Fue importante mostrar y visualizar los métodos específicos funcionales utilizados en la programación y la lógica que se tuvo en cuenta al momento de diseñar el sistema como se observa en la Imagen 52.

Imagen 522. Explicación metodos funcionales utilizados en la programación.



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Capacitación sistema centralizado de grasa, GERDAU Diaco planta tuta, área Ingeniería, 2015.

Se mostró el diseño de la interfaz gráfica a los asistentes de la capacitación, indicando el funcionamiento y las variables que se van a visualizar en el programa, así mismo las alarmas en el momento en que suenen y que se debe hacer en caso de emergencia, como se presenta en la Imagen 53.

Imagen 533. Explicación interfaz gráfica sistema centralizado de grasa.



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Capacitación sistema centralizado de grasa, GERDAU Diaco planta tuta, área Ingeniería, 2015

De acuerdo al fabricante y personal encargado de la lubricación de las cajas de laminación la presión calibrada en los presostatos es de 150 bares, esta presión se estableció con el fabricante para que el lubricante (grasa) llegara a la caja 2 que es la caja de laminación más lejana a la estación central de bombeo y por consiguiente la grasa debe recorrer toda la tubería para llegar al distribuidor o dosificador de la caja 2, se debe tener en cuenta las velocidades de cada caja de laminación para calibrarlos. En la capacitación los operarios hicieron algunas preguntas que no eran claras como la presión ajustada, se hizo la aclaración y se evidencia como se muestra en la Imagen 54.

Imagen 544. Sesión de preguntas realizadas en la capacitación.



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Capacitación sistema centralizado de grasa, GERDAU Diaco planta tuta, área Ingeniería, 2015.

En la capacitación estuvieron presentes como se observa en la Imagen 55 de izquierda a derecha están: El Ing. Pedro Acero (Ingeniero Industrial) encargado del mantenimiento predictivo, en seguida el Ing. Jorge Rojas (ingeniero Electromecánico), jefe de Ingeniería, el Ing. Raúl Sandoval (Ingeniero electrónico) ingeniero de mantenimiento, Fabio Cuchia colaborador encargado de la parte eléctrica y automatización y por último el señor Juan Carlos Suarez encargado de la parte de lubricación del tren dos.

Para la realización del proyecto y cumplimiento de los objetivos las personas nombradas anteriormente realizaron un aporte a la implementación de mi trabajo de grado desde su punto de vista del cargo en el que se desempeñan en la empresa, aportando conocimientos generales y específicos acerca del mantenimiento de los equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos de la empresa.

Imagen 555. Colaboradores área de mantenimiento, ingeniería.



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Capacitación sistema centralizado de grasa, GERDAU Diaco planta tuta, área Ingeniería, 2015.

Se hizo una explicación general sobre la estación central de bombeo enfatizando en la parte mecánica más importante del sistema que son el sensor de nivel, el reservorio, la válvula inversora y las salidas del sistema. Como se presenta en la Imagen 56.

Imagen 566.Explicación funcionamiento estación central de Bombeo



Fuente: Autor, BARRIOS A, MARIA CAMILA, Capacitación sistema centralizado de grasa, GERDAU Diaco planta tuta, área Ingeniería, 2015.

12 RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO DE LA ESTACION CENTRAL DE BOMBEO

Los dispositivos o equipos industriales al trabajar en condiciones físicas y ambientales tan extremas están expuestos a un alto índice de contaminación por esta razón necesitan de acciones oportunas, continuas y permanentes con el fin de prolongar la vida útil y asegurar su correcto funcionamiento. Estas acciones deben estar dirigidas a prever y asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de los equipos industriales.

12.1 RECOMENDACIONES GENERALES

- **Mantener el depósito lleno.** Una unidad de bombeo operando con el depósito vacío, bombeará aire al sistema causando dificultades operativas a éste, que se manifestará como una falla de lubricación al no operar la válvula inversora, y por lo tanto el microswitch indicador de ciclo. El aire también podría llegar a causar cavitaciones en el elemento bombeante, con el consiguiente daño de pistones.
- **Usar lubricante limpio.** La inclusión de partículas extrañas en la recarga de los depósitos puede provocar la obturación (colapsado) de los filtros de carga de los mismos (en aquellos depósitos que los posean) o de los filtros en la aspiración de las unidades de bombeo. Además del peligro que implica que partículas que no sean retenidas por estos filtros, impidan el deslizamiento del pistón dentro de la camisa de la unidad bombeante, produciéndose un desgaste prematuro, excoriaciones o el trabado de los mismos en el peor de los casos.

Estas partículas o impurezas pueden ser también trasladadas al sistema, provocando obturaciones en los filtros de línea con el consiguiente colapsado y con el peligro de que ocurra en los distribuidores el mismo efecto que en la unidad de bombeo o por último también en los elementos de maquina a lubricar. Es necesario entonces controlar y limpiar regularmente el filtro de llenado de las estaciones centrales de bombeo (aquellas que las posean), los niples o accesorios de carga y los filtros de línea.

- **Inspeccionar visualmente el sistema.** Esta es una tarea de rutina en el momento que los equipos estén en funcionamiento, es importante revisar y observar las tuberías y mangueras evaluando el estado de cada una, las conexiones generales observando si existe alguna fuga, elementos de máquinas a lubricar entre ellos los cojinetes, rodamientos e inspeccionar las condiciones de lubricación si es excesiva o escasa, y los distribuidores²¹.

²¹ BERTORA, S. (2011) ECB-DC-42 Manual de instrucciones ESTACIÓN CENTRAL DE BOMBEO MODELO ECB-DC42 MARCA SKF.

12.2 RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS DURANTE LA OPERACIÓN

- Se debe verificar que ninguna de las alarmas se encuentre encendida porque no encenderá la bomba, y se debe inspeccionar el sistema de manera inmediata.
- No oprimir el pulsador manual mientras el sistema esté realizando el ciclo de llenado de las salidas.
- Evitar manipular el equipo como la bomba, el sensor de nivel, los presostatos cuando este encendido el motor.

13 CONCLUSIONES

- Se logró diseñar el sistema de lubricación centralizado de grasa para las cajas de laminación por medio de métodos de especificación funcional de acuerdo a las necesidades de la empresa y las recomendaciones dadas por la empresa proveedora del equipo, y se programó el código mediante lenguaje ladder en el software Proficy Machine Edition teniendo en cuenta las alarmas del sistema y los tiempos de lubricación y de espera.
- Se entendió y se conoció el funcionamiento de la parte mecánica de la estación central de bombeo de grasa por medio de los planos de ruteo de las tuberías de grasa, el manual técnico del equipo, planos mecánicos de las cajas de laminación, visitas técnicas a la planta en compañía de personal a cargo del sistema, conocimientos generales y técnicos de la lubricación utilizada en la empresa Gerdau Diaco proporciona por diferentes áreas de la planta.
- Se calculó los valores exactos de las protecciones eléctricas del sistema de lubricación centralizado por medio de la corriente nominal del motor, haciendo uso de las especificaciones técnicas encontradas en la placa del motor, así mismo se identificó la configuración del arranque del motor, concluyendo que es de gran importancia la instalación de las protecciones eléctricas para proteger la vida de las personas y evitar poner en riesgo a los equipos, porque al momento de implementar un equipo nuevo se debe realizar bajo normativa.
- Se realizó un grafcet de nivel 1 o funcional, grafcet de nivel 2 o tecnológico y se definieron las variables que se utilizaron en el diseño de la programación , para ejecutar la lógica del programa correcta y obtener un resultado próspero y exitoso respondiendo a las necesidades solicitadas por el usuario y la empresa
- Se conoció y se interpretó la lógica de programación que utiliza el software Proficy Machine Edition ya que es un software aplicado a los PLC marca GE Fanuc, y se programó mediante lenguaje ladder concluyendo que los PLC GE Fanuc tiene una lógica de programación más directa ya que no se necesita demasiadas líneas de programación para realizar un proceso.
- Se diseñó e instaló una interfaz gráfica en la cabina del tren continuo del tren dos donde puede ser controlado el funcionamiento del sistema ya sea de modo manual o automático, donde se visualizan las alarmas que están activas, los tiempos de lubricación y espera, la fecha de la última lubricación, los indicadores si la caja 2 está encendida, si el motor esta encendido y si se está realizando la lubricación correcta.
- Se logró disminuir en una semana el desperdicio de grasa porque se comprobó que el sistema realiza la presurización de las salidas en 1 minuto y cumple con 2 ciclos, por lo tanto se está inyectando la grasa necesaria para los rodamientos en comparación con el sistema de lubricación antiguo.
- Se implementó e instaló un pulsador manual al lado de la estación central de bombeo para que pueda ser manipulado por los lubricadores en caso de que necesiten hacer mantenimiento o

comprobar que la grasa está llegando correctamente a las cajas de laminación y se esté lubricando, cuando el sistema se encuentra en tiempo de espera.

14 RECOMENDACIONES

- Se debe estar atento cuando el sistema de lubricación de grasa este trabajando en forma manual, la bomba se activará con la marcha y se detendrá hasta que se quede sin lubricante en el depósito. Y se activara la alarma de nivel o falta de lubricante.
- El reset alarma solo apagará la **alarma ciclo**, pero se volverá a activar en el tiempo de guardia si no detecta nuevamente los ciclos de lubricación respectivos. Las otras alarmas solo se detendrán hasta que se solucione el problema.
- Cuando el sistema de lubricación entra en estado de alarma la bomba de lubricación se detiene por completo.
- Para que el sistema trabaje de forma automática es necesario que la caja 2 de laminación esté encendida de lo contrario no se encenderá la bomba.
- Se debe realizar capacitaciones a todos los operarios encargados del área de lubricación sobre el funcionamiento y manejo del programa haciendo énfasis en su correcta comprensión e interpretación para garantizar la adecuada aplicación y se eviten o minimicen los riesgos de pérdida de grasa y se expongan los equipos a sobreesfuerzos, se sugiere que se haga una revisión técnica a la estación central de bombeo 2 veces al mes para evitar que de pronto las salidas del sistema se encuentren obstruidas por algún tipo de material de la grasa y no se esté asegurando la lubricación de los rodamientos.
- Se recomienda estar atento a los distribuidores que se encuentran en las cajas de laminación y realizarles un mantenimiento periódico cuando se haga los mantenimientos a las cajas de laminación.

GLOSARIO

RODAMIENTO: La función principal es reducir la fricción y sostener las partes rotatorias que están en contacto con partes estáticas, de cualquier tipo de mecanismo.

GRASA: Una grasa lubricante es un material semifluido forado por un agente espesante, un aceite base y normalmente, una serie de aditivos. Las grasas poseen coeficientes de fricción más bajos que los aceites que se utilizan en su propia fabricación, por lo que se consume menos energía con grasa que con aceites.

PRESION: Se define presión como la cantidad de fuerza que se ejerce sobre una unidad de área de alguna sustancia, se expresa mediante la ecuación:

$$P = \frac{F}{A}$$

LUBRICACION DE LOS RODAMIENTOS: Los rodamientos deben lubricarse para evitar el contacto metálico directo entre elementos rodantes, los caminos de rodadura y jaulas, y también para proteger al rodamiento contra la oxidación, corrosión y el desgaste.

Un lubricante debe reducir el coeficiente de fricción y de este modo reducir la cantidad de calor que genera (el desgaste). [2]

RELUBRICACIÓN: Un adecuado re engrase periódico asegura que rodamientos, y otros elementos móviles, posean en todo momento la cantidad de grasa suficiente, protegiéndolos contra los efectos de la corrosión y el desgaste.

Al realizar la re lubricación, la grasa se debe introducir lentamente en el rodamiento en funcionamiento hasta que salga grasa nueva de la obturación. Evite ejercer una presión excesiva, ya que podría dañar las obturaciones

CENTRAL DE BOMBEO DE GRASA: Las Estaciones Centrales ECB-DC-42 se utilizan para suministrar lubricantes (grasas y aceites) en instalaciones de industrias siderúrgicas, cementeras, aceiteras, etc. En donde las condiciones de trabajo son extremas y se requiere de alta resistencia al ataque del medio ambiente.

La Central de Lubricación ECB-DC-42 cuenta con una unidad de bombeo de doble pistón BCEDJ4, accionada mediante un motor eléctrico y una reducción de sinfín-corona. El conjunto posee también una válvula limitadora de presión (alivio), filtro de recarga y un depósito de 100 Kg para grasa o de 115 litros para aceite (dependiendo del modelo), brindando a la central una alta autonomía de funcionamiento.

PROTECCION TERMICA DE UN MOTOR: Asegura la protección de las personas y equipos sean cuales sean los excesos de corriente encontrados (sobretensión, cortocircuito o temperatura)

RELES TERMICOS: Los relés cumplen con la función de protección térmica del motor contra sobrecargas y van asociados a un contactor que es el que realiza la apertura del circuito de potencia. Puesto que protegen solamente contra sobrecargas, los relés térmicos deben complementarse con una protección contra cortocircuitos.

MANOMETRO: Instrumento que sirve para medir la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Muchos de los aparatos empleados para la medida de presiones utilizan la presión atmosférica como nivel de referencia y miden la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor presión manométrica.

TIEMPO DE ESPERA: Es el tiempo de intervalo entre lubricación y lubricación (el tiempo en que la bomba permanece apagada).

TIEMPO DE LUBRICACIÓN: Es el tiempo de vigilia en el cual una vez energiza la bomba, deberá recibir el pulso de la válvula inversora. Este tiempo dependerá de la cantidad de puntos a lubricar y de la longitud de la tubería.

CANTIDAD DE CICLOS REALIZADOS: Muestra la cantidad de ciclos realizados desde la puesta en marcha del equipo es decir durante el tiempo de lubricación.

FALLA DE LUBRICACIÓN: Se dispara cuando no se recibe la señal de un ciclo realizado durante el tiempo de lubricación en cada salida.

FALTA DE LUBRICANTE: Se dispara cuando la bomba no tiene lubricante, el cual indica que el reservorio necesita ser rellenado o que el lubricante tiene un nivel bajo.

PROTECCIÓN TERMICA: Se dispara cuando el protector térmico del motor se activa (se abre) por una sobre carga del motor, cuando el valor de la temperatura del motor se eleva.

COLABORADOR: Persona que trabaja en la empresa Gerdau Diaco bajo una misma misión y objetivo por el bienestar común de la empresa.

BIBLIOGRAFIA

Sistemas de Lubricación [En línea] 28 de agosto de 2015 Disponible en: <http://www.skf.com/cl/products/lubrication-solutions/lubrication-systems/index.html>

Sistemas de Lubricación centralizada [En línea] 31 de agosto de 2015 Disponible en: http://www.ilclube.com/wp-content/uploads/ILC-SISTEMAS-DE-LUBRICACION-CENTRALIZADA_SISTEMAS-DE-LUBRICACION-PROGRESIV_2014.pdf

Sistemas centro-matic de lubricación automática [En línea] 31 de agosto de 2015 Disponible en: <http://www.rivi.net/productos/linea-simple-centromatic/linea-simple-centromatic.pdf>

QuickPanel View Operator interface for machine OEMs and industrial applications [En línea] 02 de septiembre de 2015 Disponible en: <http://www.geautomation.com/products/quickpanel-view>

GONZALEZ, D. (2015). Mantenimiento de sistemas de refrigeración de los motores térmicos. Madrid, España: Ediciones Paraninfo S.A.

BERTORA, S. (2011) ECB-DC-42 Manual de instrucciones ESTACIÓN CENTRAL DE BOMBEO MODELO ECB-DC-42 MARCA SKF.

GE Consumer & Industrial. Automatismos y Control Comunicaciones Automatas Programables.

Nuestra Historia [En Línea] 20 de septiembre de 2015 Disponible en: <http://www.gerdau.com>

Mercado de Acero - Colombia [En línea] 20 de septiembre de 2015 Disponible en: <http://macecol.jimdo.com/sector-siderurgico-1/historia/>

Noticia EL TIEMPO. Siderúrgica Boyacá [En línea] 22 de septiembre de 2015 Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-878629>

Perfil de la empresa [En línea] 22 de septiembre de 2015 Disponible en: <https://www.gerdau.com.co/SOBREGERDAU/Perfildelaempresa.aspx>

PARRA, Lina & SÁNCHEZ Diana (2010) Análisis de la valorización de escorias negras como material agregado para concreto en el marco de la gestión ambiental de la siderúrgica Diaco. Municipio Tuta Boyacá. (Tesis de Pregrado) Universidad de la Salle, BOGOTÁ

GROOVER, Mikell P., “Fundamentos de manufactura moderna”, McGrawHill, 3ra edición, México, 2007

Lubricación de Rodamientos. [En línea] Editorial FAG Sales Europe Iberia – España. Disponible en:

http://www.schaeffler.com/remotemedien/media/_shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/publication/downloads_18/wl_81115_4_es_es.pdf

MARTIN Javier, MARTIN Francisco. Apuntes de electricidad aplicada a los buques [En línea] 30 de septiembre de 2015 Disponible en:

<https://books.google.com.co/books?id=0JkIfMbDTnwC&pg=PA271&dq=interruptor+magnetotermico&hl=es&sa=X&ved=0CBkQ6AEwADgKahUKEwjAwPm4monJAhXIS5AKHbbZCUc#v=onepage&q=interruptor%20magnetotermico&f=false>

Automatismos industriales [En línea] 30 de septiembre de 2015 Disponible en: <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.rele.termico.pdf>

Apuntes de máquinas eléctricas. [En línea] 1 de octubre de 2015 Disponible en: http://ramonmar.mex.tl/850627_CALCULO-DE-FUSIBLES-Y-PROTECION.html

UNE 36 004 92 Definición y clasificación de los tipos de aceros (**UNE-EN 10020:2001**) Fecha Edición: 2001-02-28

Sistema de lubricación centralizada para máquinas agrícolas. [En línea] 5 de octubre de 2015 Disponible en: <http://www.ilclube.com/wp-content/uploads/ILC-Lube-Lubrication-Farm-machinery-ES.pdf>

Protecciones eléctricas [En línea] 16 de noviembre de 2015 Pág. 13. Disponible en: https://www.uclm.es/area/ing_rural/Instalaciones/Protecciones.pdf

Apuntes de diseño de máquinas. Tema 7.Rodamientos [En línea] 13 de noviembre de 2015 Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=KEyDAMa_0ngC&pg=PA171&dq=rodamientos&hl=es&sa=X&ved=0CDIQ6AEwA2oVChMIltGu07z3yAIVy4WQCh09YweZ#v=onepage&q=rodamientos&f=false

Principios básicos grasas lubricantes, Estíbaliz Aranzabe, Adolfo Málaga [En línea] 25 de noviembre de 2015 Disponible en: http://lubrication-management.com/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/Principios_basicos_grasas_lubricantes_ES.pdf

Rodamientos, Cap. 6- DPTO. INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES, 2004 V. Badiola [En línea] 25 de noviembre de 2015 Disponible en: http://www.imac.unavarra.es/web_imac/pages/docencia/asignaturas/DyCDM/DyCDM_Cap6.pdf

Rodamientos para carga radial. Ducasse Comercial página empresa [En línea] 25 de noviembre de 2015 Disponible en: <http://www.ducasse.cl/productos/rodamientos/rodamientos-carga-radial>

Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales. Harper Enríquez [En línea] 07 de febrero de 2016 Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=w7HcrKdI4wQC&pg=PA347&dq=QUE+SON+LAS+protecciones+termicas+para+motores&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj729m4uuJKAhWKsh4KHQJUBN0Q6AEIHzAB#v=onepage&q=QUE%20SON%20LAS%20protecciones%20termicas%20para%20motores&f=false>

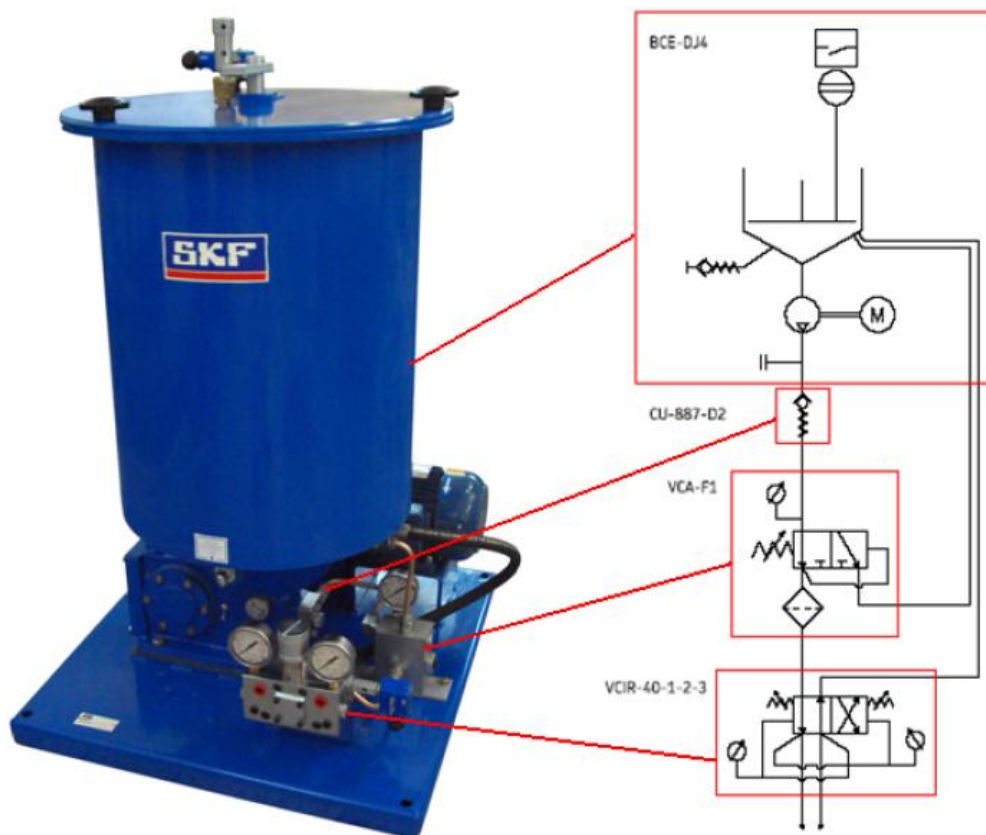
Protecciones en las instalaciones eléctricas: evolución y perspectivas. Montane Paulino [En línea] 08 de febrero de 2016 Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=jlMNbBfi4LUC&pg=PA359&dq=que+son+las+protecciones+termicas+para+motores&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjH7sG7wujKAhXBGB4KHWBuAAyQ6AEIJjAC#v=onepage&q=que%20son%20las%20protecciones%20termicas%20para%20motores&f=false>

Fundamentos de protección de motores. Rockwell Automation. [En línea] 08 de febrero de 2016. Disponible en: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/icg-wp001_-es-p.pdf

ANEXOS

ANEXO A
RUTA TUBERIA GRASA CAJAS DE
LAMINACIÓN TREN DOS DE LA EMPRESA
GERDAU DIACO PLANTA TUTA
2015

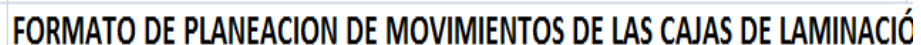
ANEXO B
ESTACIÓN CENTRAL DE BOMBEO DE
GRASA



Lubricante		Aceites o grasa hasta grado NLGI 2
Presión de trabajo		Máxima: 250 bar
Presión de alivio		Regulable (Max 210 bar)
Bomba BCE-J4	Motor 50 Hz	CAUDAL 462 cm^3/min MOTOR 1 HP - 220/380 v. - 50 Hz - 1420 rpm
	Motor 60 Hz	CAUDAL 563 cm^3/min MOTOR 1 HP - 440 V. - 60 Hz - 1730 rpm
Capacidad de Deposito		DEP. DGL-50 = 100 Kg (Grasa) DEP. DAL -115 = 115 Lt (Aceite)

Tabla 8. Especificaciones generales estándar Bomba BCE-DJ4 **Fuente:** BERTORA, S. (2011) ECB-DC-42 Manual de instrucciones ESTACIÓN CENTRAL DE BOMBEO MODELO ECB-DC-42 MARCA SKF pag, 12.

ANEXO C
FORMATO DE PLANEACIÓN DE
MOVIMIENTO DE LAS CAJAS DE
LAMINACIÓN

105