

IMPLEMENTACIÓN DE RESTITUCIÓN DEL MOTOR DE DC DE BOBINADORA
DE SALIDA EN EL LAMINADOR DE ACESCO S.A.S.

SAIR JOSE CALDERA GARCIA
JUAN GABRIEL CERVERA LEON

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2018

IMPLEMENTACIÓN DE RESTITUCIÓN DEL MOTOR DE DC DE BOBINADORA
DE SALIDA EN EL LAMINADOR DE ACESCO S.A.S.

SAIR JOSE CALDERA GARCIA
JUAN GABRIEL CERVERA LEON

Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: HERNANDO NIETO
Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2018

AGRADECIMIENTOS

A mi señor Jesucristo quien me dio la fortaleza, sabiduría, entereza, disciplina y valentía para superar de la mejor manera cada situación difícil en mi vida.

A mi Esposa e Hijos por brindarme su amor y cariño comtamente, por su ayuda incondicional y sus buenos consejos.

A mis padres por su buen ejemplo, por su apoyo infinito y por mostrarme el camino hacia la superación personal y profesional.

A mis hermanos por brindarme su tiempo y su hombro en los momentos difíciles.

A mis compañeros de trabajo quienes me apoyaron indirectamente en nuestra jornada laboral día a día.

A mis compañeros de especialización y amigos quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas.

A resto de familiares que de una u otra manera me apoyaron y lograron que este sueño se haga realidad.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	18
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO ACESCO	19
1.1.1 Líneas de Galvanización en Continuo (LGC1 Y LGC 2)..	22
1.1.2 Línea de Pintura en Continuo (LPC)..	22
1.1.3 Líneas de Formación de Paneles (PAN1, PAN2, PAN3, PAN4 Y PAN5).	23
1.1.4 Líneas de Corrugado..	23
1.1.5 Línea de corte longitudinal 1 (LCL01, <i>Slitter</i>). Este proceso intermedio	23
1.1.6 Líneas de Perfiles (PER01 y PER02)..	24
1.1.7 Perpintado (PER PINT)..	24
1.1.8 Líneas de Tuberías (TUB01 y TUB03)..	24
1.2 PROCESO DE LAMINACIÓN EN FRÍO DE ACESCO	24
1.2.1 Introducción al proceso de laminación en frío.....	24
1.2.2 Línea de decapado..	26
1.2.3 Laminador Cuarto Reversible..	27
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	29
1.4 OBJETIVOS	30
1.4.1 Objetivo General	30
1.4.2 Objetivos Específicos.....	30
1.5 JUSTIFICACIÓN	31
2. MARCO TEÓRICO	32
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	33
2.1.1 Laminación en caliente del acero.....	33
2.1.2 Laminación en frío del acero.....	34
2.1.3 Motor eléctrico..	37
2.1.4 Tipos de Mantenimiento.....	40
2.1.5 Disponibilidad.....	43
2.1.6 Confiabilidad..	44
3. ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DEL MOTOR DE LA BOBINADORA DE SALIDA DEL LAMINADOR	45

3.1 DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DEL MOTOR DC DE LA BOBINADORA DE SALIDA DEL LAMINADOR	45
3.1.1 Registro de fallas del motor dc de la bobinadora de salida.....	45
3.1.2 Indisponibilidad del motor dc de la bobinadora de salida.....	52
3.1.3 Confiabilidad del motor dc de la bobinadora de salida.....	53
3.1.4 Pérdidas por indisponibilidad del motor dc de la bobinadora de salida.....	55
3.2 DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DEL MOTOR AC DE LA BOBINADORA DE SALIDA DEL LAMINADOR	56
3.2.1 Registro de fallas del motor ac de la bobinadora de salida.....	56
3.2.2 Disponibilidad del motor ac de la bobinadora de salida.....	58
3.2.3 Confiabilidad del motor ac de la bobinadora de salida.....	59
4. REVISIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTOS DEL MOTOR DC DE LA BOBINADORA DE SALIDA DEL LAMINADOR	61
4.1 REGISTRO DE ÓRDENES DE MANTENIMIENTO PARA LA BOBINADORA DE SALIDA DEL LAMINADOR.....	61
4.2 COSTOS DE MANTENIMIENTOS EJECUTADOS PARA EL MOTOR DC DE LA BOBINADORA DE SALIDA DEL LAMINADOR	75
5. ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO PROPUESTAS PARA EL NUEVO MOTOR AC DE LA BOBINADORA DE SALIDA DEL LAMINADOR	76
5.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	76
5.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	78
6. CONCLUSIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	81

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Registro de avisos de paradas y averías del motor de corriente continua de la bobinadora de salida _____	46
Tabla 1. Registro de avisos de paradas y averías del motor de corriente continua de la bobinadora de salida (Continuación) _____	47
Tabla 1. Registro de avisos de paradas y averías del motor de corriente continua de la bobinadora de salida (Continuación) _____	48
Tabla 1. Registro de avisos de paradas y averías del motor de corriente continua de la bobinadora de salida (Continuación) _____	49
Tabla 1. Registro de avisos de paradas y averías del motor de corriente continua de la bobinadora de salida (Continuación) _____	50
Tabla 1. Registro de avisos de paradas y averías del motor de corriente continua de la bobinadora de salida (Continuación) _____	51
Tabla 2. Tiempos de operación y fallos para el motor dc de la bobinadora de salida _____	52
Tabla 3. Confiabilidad del motor de dc de la bobinadora de salida en días y horas _____	53

Tabla 4. Pérdidas del laminado por indisponibilidad del laminador_____	55
Tabla 5. Pérdidas del proceso de galvanización por indisponibilidad del laminado_____	56
Tabla 6. Registro de avisos de paradas y averías del motor de corriente alterna de la bobinadora de salida_____	57
Tabla 7. Tiempos de operación y fallos para el motor ac de la bobinadora de salida_____	58
Tabla 8. Confiabilidad del motor de dc de la bobinadora de salida en días y horas_____	59
Tabla 9. Registro de órdenes y costos de mantenimiento para el motor dc de la bobinadora de salida_____	62
Tabla 9. Registro de órdenes y costos de mantenimiento para el motor dc de la bobinadora de salida (Continuación) _____	63
Tabla 9. Registro de órdenes y costos de mantenimiento para el motor dc de la bobinadora de salida (Continuación) _____	64
Tabla 9. Registro de órdenes y costos de mantenimiento para el motor dc de la bobinadora de salida (Continuación) _____	65
Tabla 9. Registro de órdenes y costos de mantenimiento para el motor dc de la bobinadora de salida (Continuación) _____	66

Tabla 9. Registro de órdenes y costos de mantenimiento para el motor dc de la bobinadora de salida (Continuación) _____ 67

Tabla 9. Registro de órdenes y costos de mantenimiento para el motor dc de la bobinadora de salida (Continuación) _____ 68

Tabla 9. Registro de órdenes y costos de mantenimiento para el motor dc de la bobinadora de salida (Continuación) _____ 69

Tabla 9. Registro de órdenes y costos de mantenimiento para el motor dc de la bobinadora de salida (Continuación) _____ 70

Tabla 9. Registro de órdenes y costos de mantenimiento para el motor dc de la bobinadora de salida (Continuación) _____ 71

Tabla 9. Registro de órdenes y costos de mantenimiento para el motor dc de la bobinadora de salida (Continuación) _____ 72

Tabla 9. Registro de órdenes y costos de mantenimiento para el motor dc de la bobinadora de salida (Continuación) _____ 73

Tabla 9. Registro de órdenes y costos de mantenimiento para el motor dc de la bobinadora de salida (Continuación) _____ 74

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Nuevo Centro de Distribución de la Empresa Acerías de Colombia ACESCO S.A.S. _____	18
Figura 2. Esquema General del Proceso Acesco en Planta de Producción_____	20
Figura 3. Diagrama de Procesos de Manufactura de Acesco S.A.S. _____	21
Figura 4. Diagrama del Proceso de Laminación en frío de Acesco S.A.S. _____	25
Figura 5. Diagrama línea de decapado Acesco S.A.S _____	26
Figura 6. Sección de entrada del laminador cuarto reversible _____	27
Figura 7. Esquema del sistema eléctrico del laminador cuarto reversible _____	29
Figura 8. Proceso de laminado en caliente _____	33
Figura 9. Esquema de un motor de corriente continua _____	38
Figura 10, Esquema de un motor de corriente alterna _____	41
Figura 11. Tiempos de Mantenimiento _____	43

Figura 12. Gráfica de confiabilidad del motor dc de la bobinadora de salida en días_____ 54

Figura 13. Gráfica de confiabilidad del motor dc de la bobinadora de salida en horas_____ 54

Figura 14. Gráfica de confiabilidad del motor ac de la bobinadora de salida en días_____ 59

Figura 15. Gráfica de confiabilidad del motor ac de la bobinadora de salida en horas_____ 60

Figura 16. Pantalla de actividades de mantenimiento preventivo de SAP para motor ac de la bobinadora de salida_____ 77

Figura 16. Pantalla de actividades de mantenimiento preventivo de SAP para motor ac de la bobinadora de salida (Continuación) _____ 78

Figura 17. Pantalla de puntos de medida de mantenimiento predictivo de SAP para motor ac de la bobinadora de salida_____ 79

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Creación de un aviso de mantenimiento en SAP.....	82
Anexo B. Creación de una orden de mantenimiento a partir de un aviso en SAP....	87
Anexo C. Especificaciones técnicas motor DC de la bobinadora de salida.....	93
Anexo D. Especificaciones técnicas motor AC de la bobinadora de salida.....	94

RESUMEN

TITULO:

IMPLEMENTACIÓN DE RESTITUCIÓN DEL MOTOR DE DC DE BOBINADORA DE SALIDA EN EL LAMINADOR DE ACESCO S.A.S.*

AUTOR:

SAIR JOSE CALDERA GARCIA
JUAN GABRIEL CERVERA LEÓN**

PALABRAS CLAVES:

RESTITUCION, MOTOR DE DC, LAMINACION EN FRIO, LAMINADOR, CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD, MANTENIMIENTO.

DESCRIPCIÓN:

Esta monografía fue desarrollada como solución a la necesidad de garantizar la confiabilidad y disponibilidad del proceso de laminación en frío en una importante empresa de manufactura del acero de la ciudad de Barranquilla, actualizando mediante un plan de restitución el sistema motriz del laminador principal debido a que ha estado en servicio por 22 años de trabajo continuo, desmejorando su desempeño y confiabilidad, arriesgando las operaciones de la Compañía al afectar la continuidad del proceso por los fallos, interrupciones o paradas ocasionadas debido a su malfuncionamiento.

Este trabajo de monografía propone exponer la criticidad del laminador dentro de la operación de la compañía, para evidenciar la sustitución del motor de corriente de continua de la bobinadora de salida de este equipo, actualmente instalado; identificando su indisponibilidad para cumplir con una operación continua, hallando la confiabilidad que ofrece para su funcionamiento y determinando la decisión de su reemplazo por un nuevo motor que satisfaga las condiciones del proceso de laminación en frío y cumpla con los criterios operacionales para mantener el flujo de la producción de la empresa permitiendo la provisión permanente del acero para cada uno de sus diferentes procesos de fabricación.

Esta decisión de la migración del motor de corriente continua de la bobinadora de salida del laminador por un nuevo motor; será apoyada en la revisión de los gastos ocasionados por las fallas y paradas del equipo, por los costos de mantenimiento que se han generado por su intervención identificando las mejores prácticas para su mantenibilidad con la propuesta de estrategias para minimizar la probabilidad de falla del equipo.

* Monografía de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Hernando Nieto, Ingeniero Electrónico.

ABSTRACT

TITLE:

IMPLEMENTATION OF DC ENGINE RESTITUTION OF OUTPUT WINDER IN LAMINATOR OF ACESCO S.A.S.*

AUTHOR:

SAIR JOSE CALDERA GARCIA
JUAN GABRIEL CERVERA LEON**

KEYWORDS:

RESTITUTION, DC ENGINE, COLD LAMINATION, LAMINATOR, RELIABILITY, AVAILABILITY, MAINTENANCE.

DESCRIPTION:

This monograph was developed as a solution for the need to guarantee the reliability and availability of the cold rolling process in a major steel manufacturing company in the city of Barranquilla, updating the motor system of the main rolling mill through a restitution plan because it has been in service for 22 years of continuous work, deteriorating its performance and reliability, risking the operations of the Company to affect the continuity of the process due to failures, interruptions or stops caused due to its malfunction.

This paper proposes to expose the criticality of the laminator within the operation of the company, to demonstrate the replacement of the DC motor of the output coiler of this equipment, currently installed; identifying its unavailability to comply with a continuous operation, finding the reliability it offers for its operation and determining the decision of its replacement by a new engine that satisfies the conditions of the cold rolling process and meets the operational criteria to maintain the flow of the production of the company allowing the permanent provision of steel for each of its different manufacturing processes.

This decision of the migration of the DC motor of the laminator output winder by a new motor; it will be supported in the review of the expenses caused by the failures and stops of the equipment, by the maintenance costs that have been generated by its intervention identifying the best practices for its maintainability with the proposal of strategies to minimize the probability of failure of the equipment.

* Monograph

** Faculty of Physical-Mechanical, Engineerings. Mechanical Engineering School. Maintenance Management Specialization. Director: Hernando Nieto, Electronic Engineer.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las operaciones y los objetivos empresariales que estructuran la misión y visión corporativa de la compañía ACESCO S.A.S.; la laminación en frío es el proceso crítico de manufactura para la transformación del acero como materia prima, que ocupa un lugar preponderante y centralizado en el esquema de producción de la empresa. La producción de estas láminas de acero con un espesor definido se obtiene a través del conjunto del equipo del laminador con su sistema motriz, operando continuamente para satisfacer y garantizar los requerimientos de suministro de material que demandan los procesos de fabricación de los diversos productos terminados que comprende el portafolio de la compañía.

Debido a esto; se ha logrado identificar mediante el análisis de información obtenida a partir del año 2012, con la instalación y puesta en marcha de un software de mantenimiento para el monitoreo de las condiciones de operación de los motores que accionan el laminador; que específicamente el motor de corriente continua de la bobinadora de salida del laminador ha presentado un rendimiento bajo e ineficiente comprometiendo su disponibilidad y confiabilidad para trabajar continuamente y lograr mantener en servicio este equipo para la empresa, aumentando de esta manera su mantenibilidad en costos e intervenciones más frecuentes.

Este trabajo propone solucionar esta incertidumbre operacional para este equipo, demostrando la necesidad de reemplazo de este motor en la bobinadora de salida del laminador y el desarrollo de mejores estrategias para su mantenibilidad; a través del análisis de la indisponibilidad del motor actual instalado y la identificación de su baja confiabilidad, calculando los costos que se han evidenciado por el incremento de mantenimientos correctivos y preventivos que se han realizado durante el período analizado.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

Acerías de Colombia (ACESCO S.A.S) es una compañía del sector metalmeccánico dedicada a la transformación y comercialización de aceros planos y formados; productora de acero laminado en frío, acero galvanizado (en láminas ó en rollos), teja de zinc ondulada y productos estructurales en acero. Fundada en la ciudad de Bogotá en el año 1970 con el propósito de integrarse a la industrialización y desarrollo económico del país, actualmente la compañía tiene ubicadas sus oficinas administrativas, su planta de producción y su nuevo Centro de Distribución (ver Figura 1) en el Área Metropolitana de la ciudad de Barranquilla, exactamente en el Municipio de Malambo en el Departamento del Atlántico; constituyéndose en el mejor ejemplo empresarial de localización industrial y comercial.

Figura 1. Nuevo Centro de Distribución de la Empresa Acerías de Colombia ACESCO S.A.S



Fuente: Artículo de revista digital *Portafolio* sobre el desarrollo empresarial colombiano, <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/acesco-empresa-construida-41498>

El enfoque corporativo de la compañía es el mercado de la construcción metálica, desarrollando soluciones integrales en acero de los más altos estándares de calidad

para fortalecer la innovación y competitividad de los productos desarrollados en la industria metalmeccánica con el incremento de la capacidad productiva en concordancia con su visión corporativa de producir un millón de toneladas de acero como meta de crecimiento. De acuerdo con esta práctica de la excelencia operacional y el mejoramiento continuo de sus procesos, la compañía tiene certificado su sistema de gestión de calidad bajo el estándar ISO 9001:2008 y cuenta con un sistema de Gestión Ambiental certificado bajo la NTC ISO14001:2015 desde el año 2013. A su vez, se destaca el sello de calidad que la organización ostenta para lámina galvanizada, de acuerdo a lo establecido por la NTC 4011.

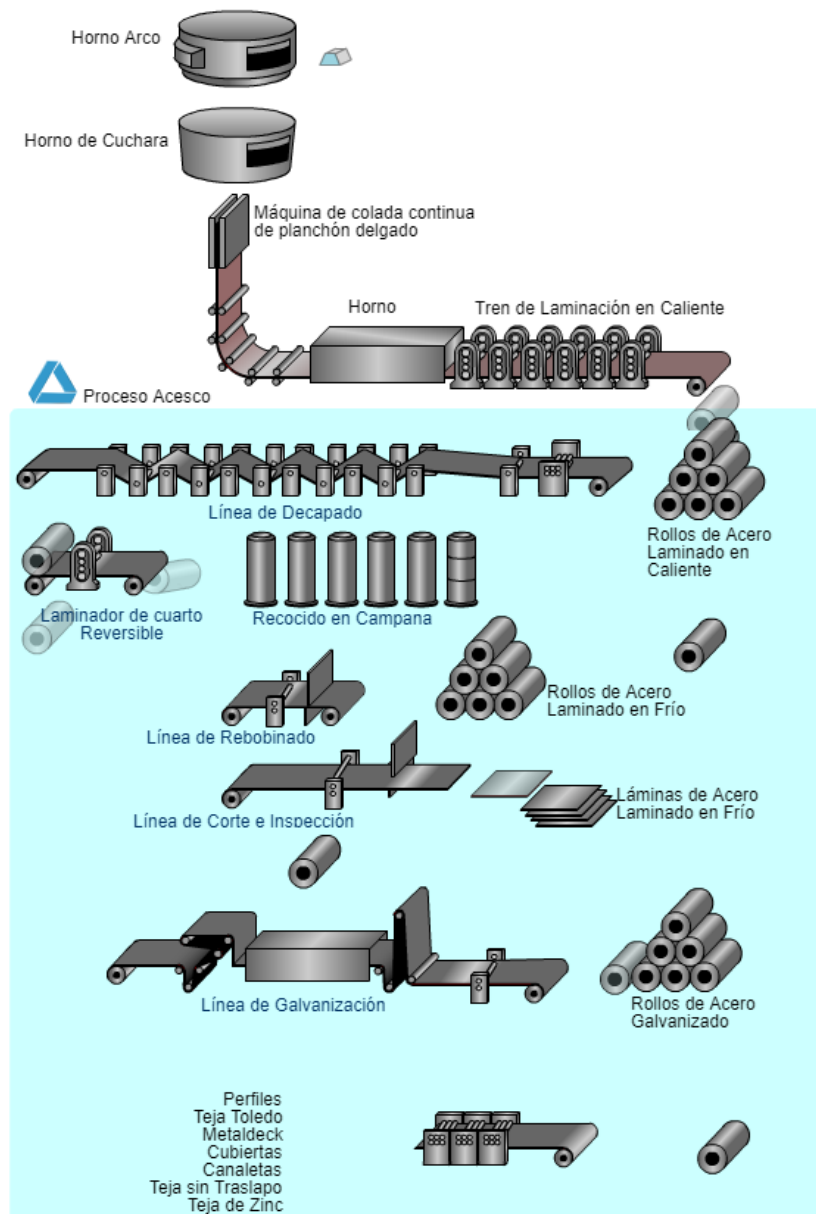
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO ACESCO

La empresa ACESCO S.A.S como líder en el sector de la producción y comercialización del acero en Colombia, suministra al mercado nacional y exporta a más de 10 países del continente americano; concentrados principalmente en la Comunidad Andina de Naciones, los Estados Unidos de América, Costa Rica, Chile y el Caribe. Por esto la compañía cuenta ha estructurado procesos productivos que dependen del proceso de laminación en frío como proveedor de la materia prima transformada para desarrollar un conjunto de productos y accesorios metálicos para la construcción como aceros planos, tuberías, cubiertas, entrepisos, perfiles, etc. Dentro de estos procesos se encuentran las siguientes líneas de producción:

- Líneas de Galvanización en Continuo (LGC1 Y LGC2)
- Línea de Pintura en Continuo (LPC)
- Líneas de Formación de Paneles (PAN1, PAN2, PAN3, PAN4 Y PAN5)
- Líneas de Corrugado
- Línea de Corte Longitudinal 1 (LCL01, *Slitter*)
- Líneas de Perfiles (PER01 y PER02)
- Línea de Perpintado (PER PINT)
- Líneas de Tuberías (TUB01 y TUB03)

En la Figura 2 se muestra un esquema general del proceso que se desarrolla en la planta de producción de Acesco, donde se observan las diferentes etapas de transformación del acero; su producción en el horno a partir del material reciclado y laminación en caliente; su decapado y laminado en frío para ser rebobinado, cortado o distribuido finalmente a cada uno de los procesos de productos terminados.

Figura 2. Esquema General del Proceso Acesco en Planta de Producción

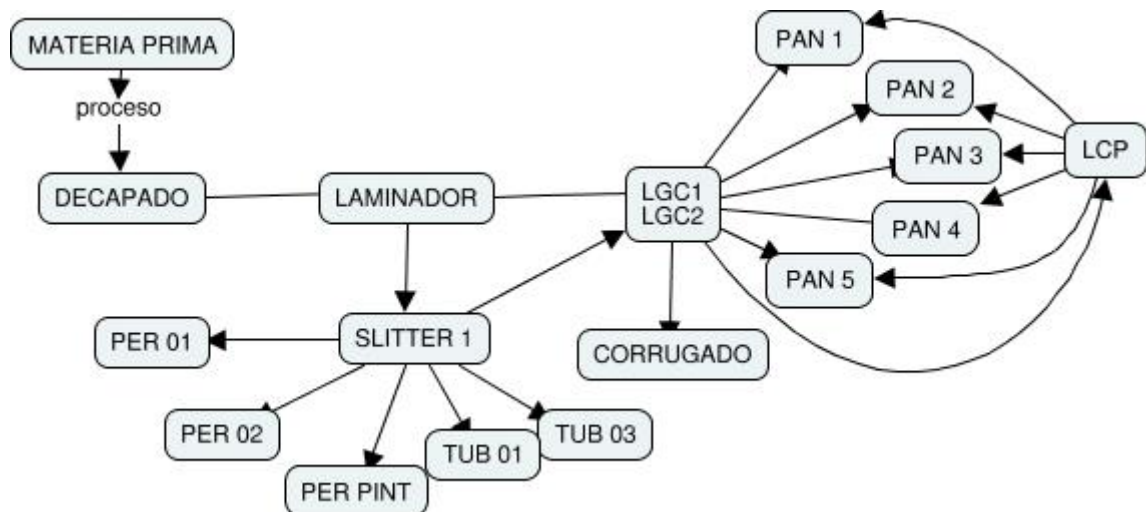


Fuente: presentación laminado web <http://www.acesco.com/somos.php?pag=4>

El proceso comienza con la disposición del material obtenido del horno, para ser transformado en una banda de acero de bajo carbono laminada en caliente y luego ser enrollado para presentarlo a la línea de decapado. Mediante el proceso de decapado se realiza la remoción química de óxidos de la superficie del metal, mediante la acción de soluciones acuosas de ácidos inorgánicos como el ácido clorhídrico y el ácido sulfúrico. El objetivo de la unidad semicontinua de decapado es acondicionar la superficie metálica para el proceso de laminación en frío; limpiando el acero de impurezas, cortando los bordes de la banda y aceitando el material.

De acuerdo al diagrama de procesos observado para la compañía (ver Figura 3), se identifica el impacto que tiene el proceso primario de laminado en frío para obtener una serie de productos terminados de la empresa, lo cual lo sitúa en un punto crítico de la cadena de producción constituyéndolo como una etapa imprescindible para los requerimientos de suministro y fabricación.

Figura 3. Diagrama de Procesos de Manufactura de Acesco S.A.S.



Fuente: Elaborado por los autores según análisis de proceso Acesco

Como se observa en el diagrama de procesos derivados del laminado en frío, éste es un proceso principal que transforma la materia prima después de haber preparado el acero en el proceso de decapado e interactúa directamente con diferentes líneas de producción alimentándolas para fabricar una serie de productos terminados; lo que nos permite definir un análisis de criticidad para el funcionamiento de la compañía al considerar cada uno de los procesos que se desencadenan luego de su intervención:

1.1.1 Líneas de Galvanización en Continuo (LGC1 Y LGC 2). Su función principal consiste en aplicar un recubrimiento de zinc fundido a la lámina que previamente sale del laminador con espesor específico y que posteriormente será enviada a cliente final o a otro proceso de transformación. La lámina de acero galvanizada por inmersión en caliente en calidad comercial, estructural y *full hard* es un producto que combina las características de resistencia mecánica del acero y la resistencia a la corrosión generada por el zinc. Se utiliza como materia prima en la industria de refrigeración, construcción, automotriz y metalmecánica en general. Se presenta en bobinas hasta de 10 toneladas o en láminas cortadas a la medida, en espesores de 0.27 mm hasta 1.90 mm y anchos desde 914 mm hasta 1220 mm.

El proceso se denomina en continuo, porque la galvanización no se detiene, salvo para mantenimientos programados y por fallos en los equipos. Se requiere disponibilidad continua del laminador para ejecutar la operación de estas líneas porque dependen del suministro constante de acero para mantener una capacidad de producción en conjunto de más de 180.000 toneladas por año.

1.1.2 Línea de Pintura en Continuo (LPC). Esta línea se encarga de aplicarle un recubrimiento de pintura al material o lámina que está galvanizado y que previamente fue laminado, aplicando colores de acuerdo a lo programado por producción como son; blanco, rojo, verde, azul, *silver*, entre otros.

Estos colores se aplican por corridas, es decir que no se mezclan y para cambiar a otro hay que hacer una parada programada, aplicando pintura de acabado por dos

caras con curado en horno de convección. La línea fue montada inicialmente para una capacidad de producción de 17.000 toneladas por año en espesores de 0.20 mm. a 0.80 mm.

1.1.3 Líneas de Formación de Paneles (PAN1, PAN2, PAN3, PAN4 Y PAN5).

Estas líneas se encargan de producir, fabricar o formar paneles a partir de la lámina galvanizada o pintada. Estos paneles son utilizados como producto final para soluciones de techo y entrepiso, tal como el METALDECK, que es utilizado para la construcción de edificios ya que es práctico en la instalación y más económico que la construcción o vaciado de concreto convencional, creando un sistema que consiste en una lámina de acero preformada (*steel deck*) y una losa de concreto vaciada sobre ésta de manera monolítica formando una losa compuesta (*composite steel floor deck*). Debido a la alta demanda de este producto, se debe garantizar su continuidad operativa mantener la producción constante.

1.1.4 Líneas de Corrugado. Líneas de formación de teja de zinc a partir de máquinas corrugadoras. La teja de zinc que se considera el producto más popular de la compañía, es construida a partir de material galvanizado previamente laminado y el espesor de esta teja va desde 0.20 mm hasta 0.33 mm. Este producto no tiene competencia en durabilidad y resistencia, por ello es ampliamente comercializado por la compañía y su requerimiento de producción es alto.

1.1.5 Línea de corte longitudinal 1 (LCL01, *Slitter*). Este proceso intermedio tiene como función proveer flejes de lámina de acero previamente laminada, galvanizada o pintada a los procesos de formación de perfiles; cortando en dimensiones estándar el material. Esta operación que depende directamente del laminador, no es en continuo, ya que no requiere ningún tipo de recubrimiento; permitiendo flexibilidad operativa y disponibilidad de intervenciones menores a mantenimiento. El proceso de corte longitudinal es imprescindible para la distribución del material a los procesos de fabricación final de perfiles y tuberías.

1.1.6 Líneas de Perfiles (PER01 y PER02). Estas líneas se encargan de la producción de los perfiles en distintas formas y tamaños, utilizándose en la fabricación de pórticos, cerchas o cualquier otro tipo de estructuras metálicas. Su materia prima depende no solo del laminador sino de la línea LCL 01 que es la que le suministra la materia prima para su producción; siendo líneas de producción que tampoco son en continuo, permitiendo su flexibilidad operativa para tareas de mantenimiento autónomo u especializado.

1.1.7 Perpintado (PER PINT). Esta línea es un apéndice de la PER01 y es la que le aplica una película de pintura *primer* a los perfiles, para hacer que este material sea más resistente a la corrosión brindando un plus al material. Este *primer* es suministrado por un aplicador por aspersion y posteriormente el perfil se hace transitar por una cabina u horno, el cual seca de manera uniforme y adecuada esta pintura.

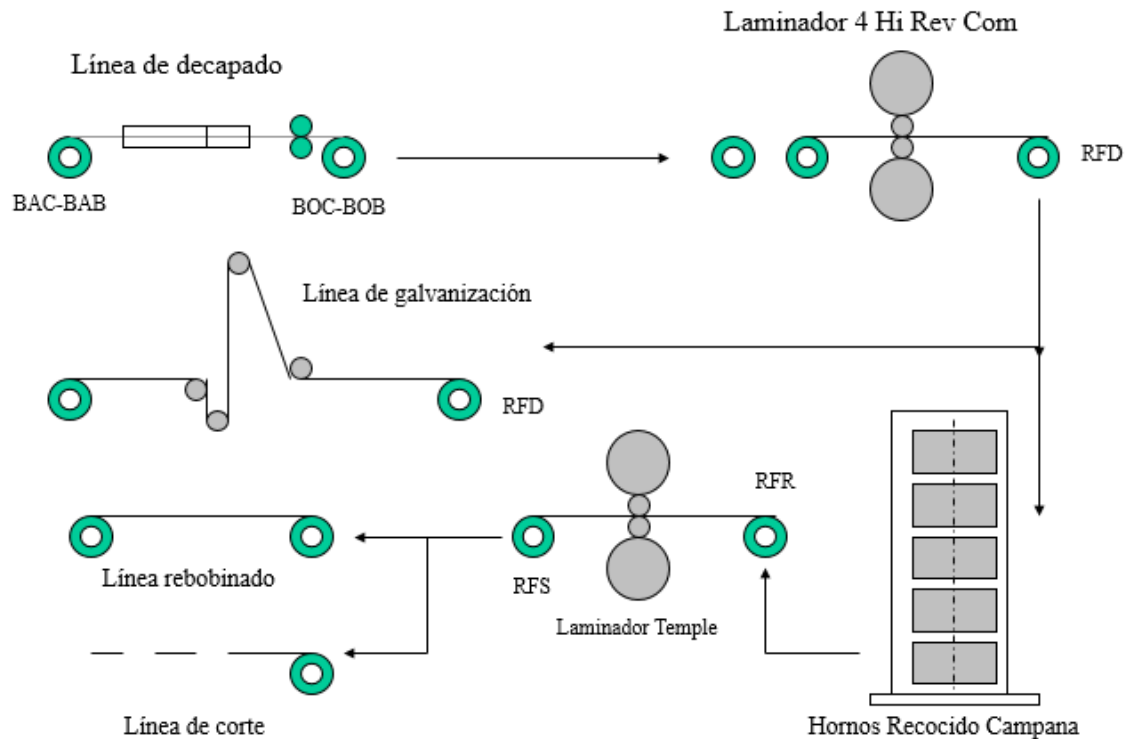
1.1.8 Líneas de Tuberías (TUB01 y TUB03). Estas dos líneas de producción tienen como finalidad fabricar tubería con sección transversal de geometría redonda y cuadrada para encerramientos en calibres variados y dimensiones variadas. Se alimentan del laminador, de la línea de galvanización en continuo, de la LCL01 y de las PER. La tubería ACESCO, producida en acero galvanizado de alta calidad, es compatible con diferentes sistemas constructivos, siendo utilizada en cerramientos, ornamentación y carpintería metálica. Por las diversas aplicaciones de estos productos terminados, este proceso también exige una operación continua.

1.2 PROCESO DE LAMINACIÓN EN FRÍO DE ACESCO

1.2.1 Introducción al proceso de laminación en frío. El laminado en frío se desarrolla a partir del suministro del acero como banda caliente.

Éste se recorta, limpia y prepara a través de la línea semicontinua de decapado enrollándolo en una bobinadora para pasarlo al proceso de laminación; ejecutándolo mediante un laminador cuarto reversible que desenrolla el material y lo pasa a través de una serie de rodillos dispuestos en una caja de laminación que lo someten a la reducción de su espesor bajo parámetros determinados para la operación. Posteriormente a este proceso; la lámina puede ser pasada a la línea de galvanización para darle este acabado o se le realiza un recocido en campana dentro de un horno que le permite al material eliminar las tensiones internas creadas por la deformación durante la laminación, para someterlo a un proceso de temple que le otorga determinadas propiedades mecánicas requeridas para la calidad del producto. Finalmente, como lo indica el diagrama del proceso de laminación en frío de la Figura 4; el acero es rebobinado nuevamente para su almacenamiento o pasado por una línea de corte para ser utilizado en un proceso final de producción.

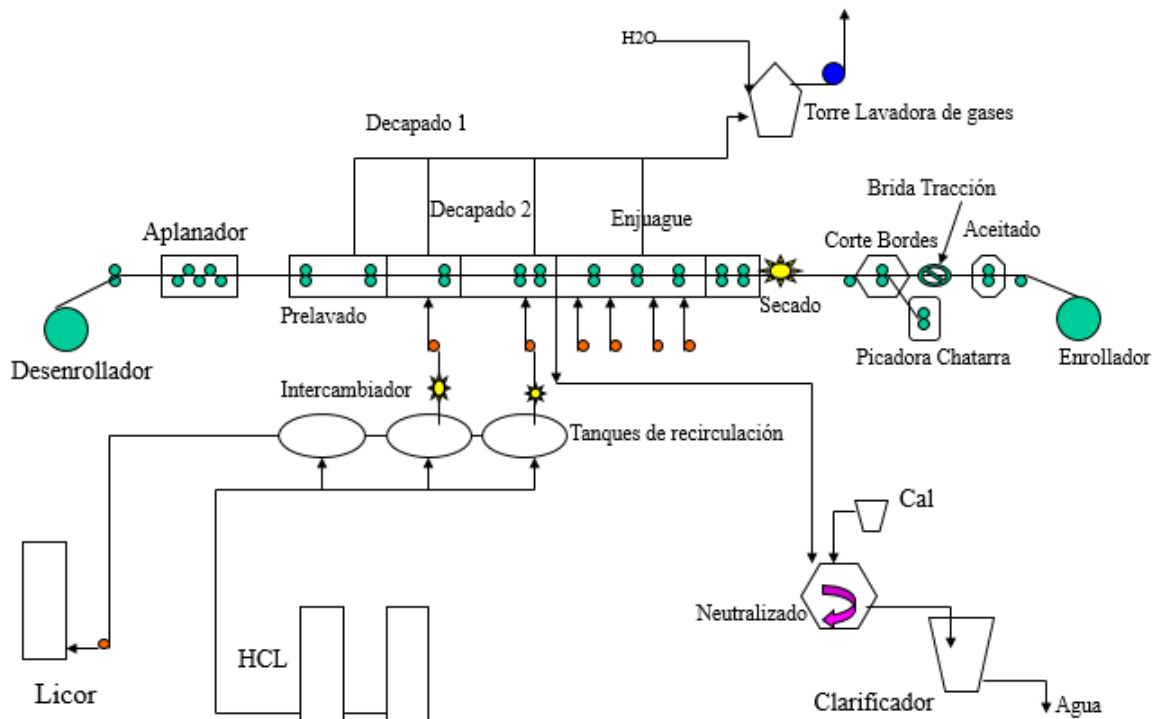
Figura 4. Diagrama del Proceso de Laminación en frío de Acesco S.A.S.



Fuente: Elaborado por los autores con información del proceso Acesco

1.2.2 Línea de decapado. El diagrama para la línea de decapado se presenta en la Figura 5, donde se observa las fases o etapas que experimenta la banda de acero durante este proceso. El material se desenrolla y aplanar al comienzo de la línea para ser prelavado y realizar el decapado; luego de haber sido sometido al ataque ácido durante el tratamiento, es enjuagado, secado, cortado en los bordes y enrollado para dejarlo preparado para el laminado. También se muestra en el diagrama, el sistema de intercambiadores y tanques de recirculación dispuestos para la aplicación de las soluciones acuosas ácidas al material y los equipos auxiliares utilizados en el proceso para el manejo de los ácidos.

Figura 5. Diagrama línea de decapado Acesco S.A.S.



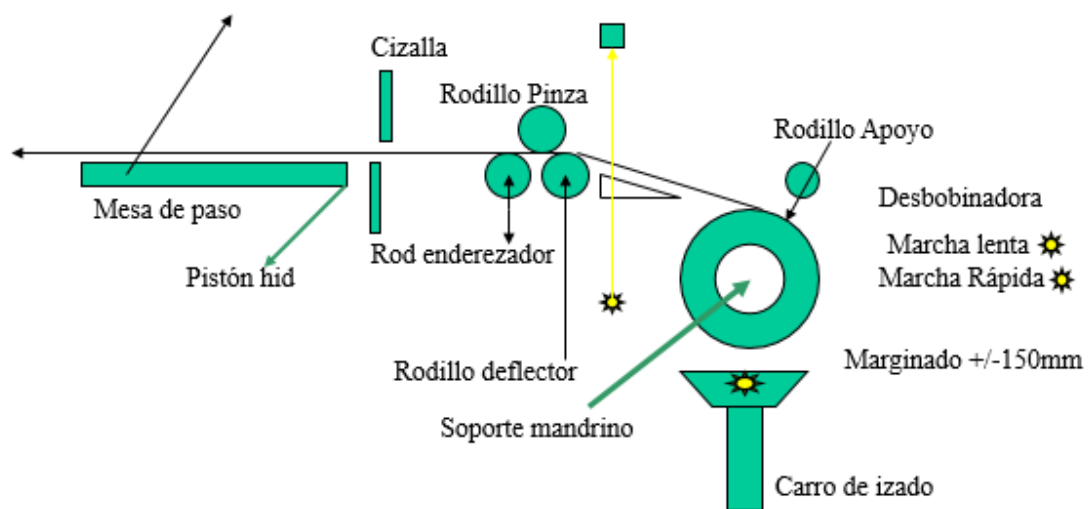
Fuente: Elaborado por los autores a partir del análisis del proceso Acesco.

El proceso consume 11 Kw/h por tonelada de material en energía eléctrica y sus insumos principales son agua potable, vapor saturado a razón de 215 Kg./Tonelada y ácido clorhídrico en proporción de 24 Kg./Tonelada.

1.2.3 Laminador Cuarto Reversible. Es el equipo central del proceso de laminación en frío, que permite realizar varias pasadas a la banda de acero por el tren de laminación compuesto de una serie de rodillos o cilindros, hasta obtener el espesor de lámina deseado. La materia prima que se suministra a este equipo es una lámina de acero de bajo carbono decapada y aceitada que comprende especificaciones dentro las normas SAE 1006 a SAE 1012. El espesor de entrada la lámina está dentro del intervalo $1.79 \text{ mm} < e < 3.25 \text{ mm}$ y el espesor de salida que se obtiene está configurado entre el intervalo $0.18 \text{ mm} < e < 1.90 \text{ mm}$, donde e representa el espesor de la lámina. El ancho de la banda de acero está especificado entre los 800 mm y los 1224 mm.

En cuanto a la configuración de las bobinas del laminador; éstas tienen un diámetro interno de 508 mm y un diámetro externo de 1875 mm. El equipo posee una desbobinadora para la primera pasada en la sección de entrada (ver Figura 6) que alimenta al laminador del material de trabajo, una bobinadora de entrada y una bobinadora de salida para realizar las sucesivas pasadas reversibles de la lámina por el tren de laminación.

Figura 6. Sección de entrada del laminador cuarto reversible



Fuente: Elaborado por los autores a partir del análisis del proceso Acesco

Para la operación del proceso de laminación en frío desarrollado en Acesco, el equipo implementado es el tipo 4 High Reversible Combinado, que presenta las siguientes características para sus cilindros de trabajo y apoyo:

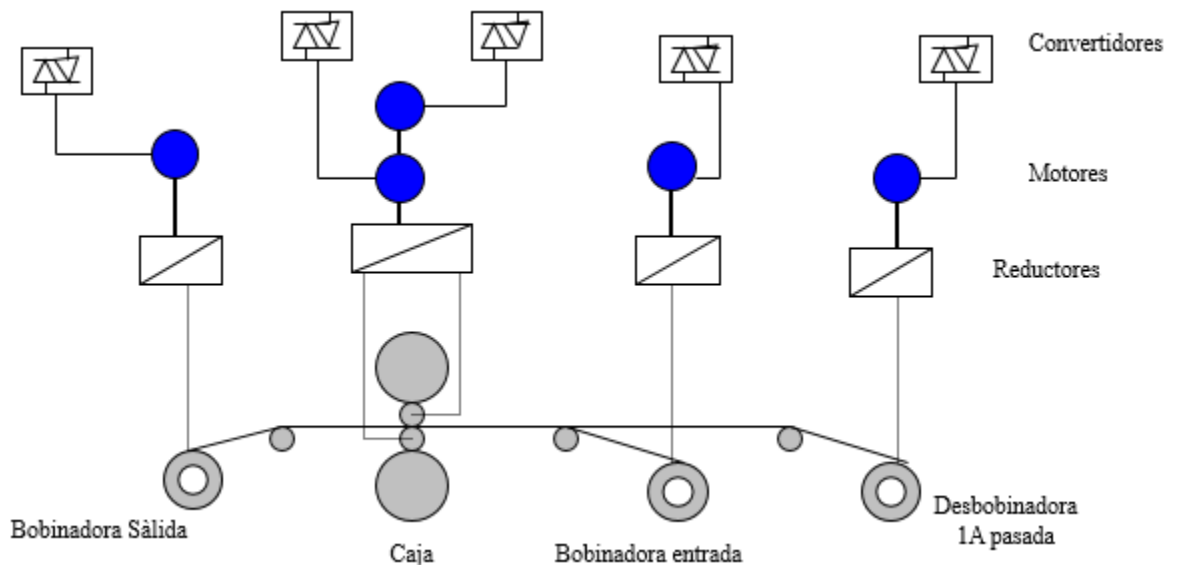
- **Cilindros Trabajo:** diámetro nuevo: 440 mm y diámetro usado: 380 mm. Dureza Tabla: 64 HRC por 30 mm en R.
- **Cilindros Apoyo:** diámetro nuevo: 1150 mm y diámetro usado: 1050 mm. Dureza Tabla: 54 HRC por 50 mm en R.
- **Ancho de tabla:** 1400 mm.
- **Composición química:** C, 0.90%; Mn, 0.37%; Si, 0.27%; Cr, 3.00%; Mo ,0.25%; V, 0.09%.
- **Sistema de fabricación:** para los cilindros de apoyo y trabajo es el forjado.
- **Dureza superficial:** Trabajo: Endurecimiento por inducción 64 HRC. Apoyo: Endurecimiento por inducción 52 HRC.
- **Norma para cambio de cilindros:** para los cilindros de trabajo se hace cada 140 Km de laminación y para los cilindros de apoyo una vez por mes.

Sistemas y equipos auxiliares laminador cuarto reversible. Se utilizan los siguientes sistemas auxiliares para el trabajo del laminador:

- **Sistema hidráulico media presión:** Se encarga de alimentar los actuadores hidráulicos (cilindros, motores) existentes en el laminador. Su presión operación es de 110 bar o 1500 psi.
- **Sistema hidráulico alta presión:** Realiza la alimentación y el control hidráulico del apriete y de los cilindros de bombeo. Su presión operación es de 300 bar o 4350 psi.
- **Sistema neumático:** Alimenta los distintos accionamientos neumáticos existentes en el laminador (Soplado Banda y Pistón Prensa de madera).

- **Sistema de lubricación por niebla de aceite:** Lubrica los rodamientos de los cilindros de apoyo y trabajo del laminador, así como los rodamientos de los tres rodillos deflectores.
- **Sistema eléctrico laminador:** Suministra la energía eléctrica que acciona los 4 motores de 1800 Kw c/u que ejecutan el trabajo del laminador. En la Figura 7 se presenta la configuración básica de este sistema acoplado con las bobinas y cilindros.

Figura 7. Esquema del sistema eléctrico del laminador cuarto reversible



Fuente: Elaborado por los autores

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Acerías de Colombia (ACESCO S.A.S) es una compañía dedicada a la transformación y comercialización de aceros planos y formados; para esto la empresa cuenta con 16 procesos productivos que dependen del proceso de laminación en frío, el cual les provee la materia prima. Dicho proceso de laminación se ejecuta con un equipo conocido como laminador que es accionado por 4 motores de corriente continua de 18 Kw cada uno. Estos motores llevan en servicio alrededor

de 22 años de trabajo continuo, por lo cual su curva de desempeño y confiabilidad ha disminuido considerablemente, de igual forma se ha presentado un importante aumento de su mantenibilidad y costos, impactando de manera negativa en la disponibilidad del laminador, poniendo en riesgo las operaciones de la compañía.

Con el fin minimizar el riesgo, aumentar la disponibilidad y actualizar el sistema motriz del laminador, así como mejorar la gestión de su mantenibilidad; la unidad de ingeniería ha decidido empezar a trazar un plan de restitución de los motores del laminador empezando por el instalado en la bobinadora de salida, el cual actualmente presenta menor confiabilidad y mayores costos por mantenimiento correctivo y preventivo. La restitución de este motor se ha planeado para el segundo semestre del 2017 y su implementación exige cambios que incluyen el sistema de control y potencia, ya que será sustituido por un motor de corriente continua, puesto que en este tipo de motores intervienen menos elementos por mantener, buscando ser la mejor solución costo- efectiva.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Implementar la restitución del motor de la bobinadora de salida por un motor que garantice las operaciones de la compañía.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Exponer la criticidad del equipo en cada uno de los procesos de manufactura de la compañía.
- Identificar la indisponibilidad del motor actual instalado y hallar su confiabilidad.
- Cuantificar los costos incurridos en mantenimientos y fallas del motor actual instalado.

- Identificar las mejores prácticas de mantenimiento y/o estrategias para minimizar la probabilidad de falla del nuevo motor.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Para la compañía ACESCO S.A.S el proceso de laminación de lámina en frío es neurálgico para las operaciones que se derivan de esta, por tal razón se hace imprescindible garantizar la confiabilidad en su continua producción y a su vez blindar a la compañía de posibles paros de procesos; mejorando también los planes, estrategias y metodologías de mantenimiento para ser más eficientes operativamente con los equipos involucrados en esta etapa crítica que afecta directamente subprocesos en la cadena de producción de la empresa.

Es por esto que la junta directiva con base en el análisis de los datos observados durante el periodo tabulado (68.5 meses) avaló la decisión de migrar el reemplazo de los motores de corriente continua a motores con tecnología de punta cuyo *performance* garantice que los objetivos planteados por la empresa sean alcanzables y ofrezca a sus inversionistas un panorama claro de producto disponible para su venta; el cual evidenciará un comportamiento adecuado, financieramente sólido el que indiscutiblemente se apoyaría la ampliación o modernización de procesos dependientes, así como la implementación de mejores prácticas en el desarrollo de las tareas y actividades para su mantenimiento.

Por otra parte; la decisión de actualización tecnológica es un factor relevante en los tiempos actuales, porque al no tener una fuerte convicción de lo importante de esta actividad dentro de los pilares de las empresas de manufactura, se corre un alto riesgo de ser ineficientes y operacionalmente costosos e improductivos.

2. MARCO TEÓRICO

La competitividad en un mercado globalizado actual con el surgimiento de nuevas economías y el fortalecimiento de nuevas tecnologías, representa para la industria colombiana uno de los mayores desafíos que tiene que enfrentar la capacidad y calidad operativa y productiva de sus empresas; con la actualización de metodologías y técnicas operacionales, así como con la modernización de equipos y procesos industriales que garanticen una participación destacada y permanente en el ámbito corporativo nacional e internacional.

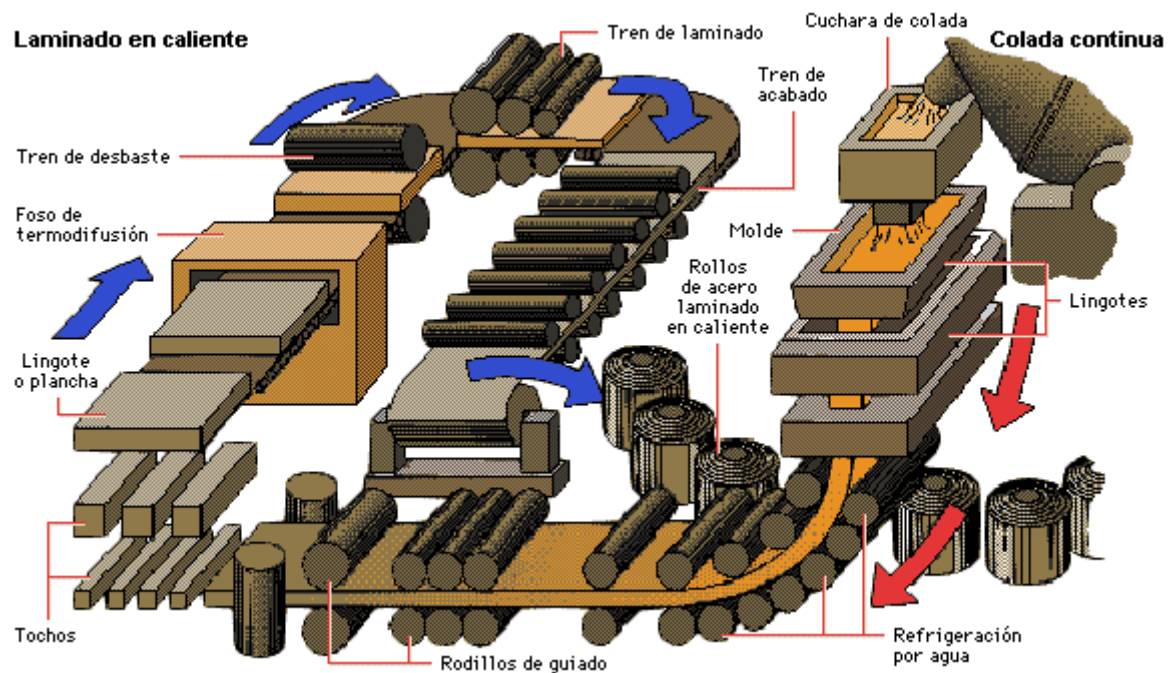
La restitución de equipos industriales de acuerdo a criterios de bajo rendimiento operacional, es una decisión imperativa para lograr mejorar la eficiencia de la producción y disminuir los costos de operación y mantenimiento, porque al largo plazo pueden constituirse como un lucro cesante que genera pérdidas para la empresa. Los costos incurridos en el mantenimiento corresponden al porcentaje mayor de los costos de operación de todas las empresas de manufactura y plantas de producción. Dependiendo de cada industria, los costos de mantenimiento pueden representar entre el 15% y 60% de los costos de producción.

El laminado es el proceso de deformación más ampliamente usado industrialmente; por este motivo para la gerencia de producción y la dirección de mantenimiento de la empresa Acesco S.A.S. garantizar su correcto funcionamiento continuo depende de la aplicación e implementación adecuada de equipos y sistemas operacionales que ofrezcan una mayor rentabilidad al evitar fallos de procesos inesperados. Por esto, el presente capítulo formula los conceptos valorados y considerados para la realización del proyecto del reemplazo del motor de corriente continua de la bobinadora de salida del laminador.

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Laminación en caliente del acero. Se define como laminado en caliente a la deformación plástica del acero por encima de su temperatura de recristalización (537 °C Acero de Bajo Carbono). En el proceso de laminado en caliente que se observa en la Figura 8, el lingote colado se calienta al rojo vivo en un horno denominado foso de termo difusión, donde básicamente las palanquillas o tochos, se elevan a una temperatura entre los 900°C y los 1.200°C. Estas se calientan con el fin de proporcionar ductilidad y maleabilidad para que sea más fácil la reducción de área a la cual va a ser sometido.

Figura 8. Proceso de laminado en caliente



Fuente: Artículo laminado caliente pemigsa, <https://pemigsa.com.mx/laminado-en-caliente>

Luego de este proceso de calentamiento se hacen pasar los lingotes entre una serie de rodillos metálicos colocados en pares que las aplastan hasta darle la forma y tamaño deseados. Las planchas de acero pasan por un tren de desbaste, el tren de laminado y finalmente un tren de acabado.

Por encima de la temperatura de recristalización en el acero no hay endurecimiento por deformación, ni aumento de la resistencia a la fluencia, ni hay aumento de dureza. Tampoco se presenta disminución de ductilidad al ocurrir deformación plástica y es posible alterar drásticamente la forma del acero sin provocar ruptura. El trabajo efectuado en caliente es adecuado para procesos de desbaste y para deformaciones considerables a causa de la gran plasticidad que la temperatura elevada confiere al metal.

Ventajas de la laminación en caliente.

- Bajos esfuerzos
- Cargas de deformación bajas
- Menos potencia requerida
- No se genera endurecimiento por deformación
- Grandes deformaciones son posibles
- Bajas porosidades
- Única forma de generar láminas

Desventajas de la laminación en caliente.

- Altas fricciones
- Rodillos requieren alta refrigeración
- Manipulación material difícil
- Personal debe ser protegido del calor

2.1.2 Laminación en frío del acero. La laminación en frío es el proceso que permite producir láminas de acero a partir de la reducción en espesor de planchas del mismo material, efectuado en el denominado tren de laminación.

Permite obtener productos acabados como barras, chapas, perfiles, etc. Consiste en introducir repetidas veces la lámina entre 2 cilindros giratorios, con sus ejes paralelos entre sí, produciendo una deformación proporcional a la plasticidad del material en cada pasada. Los cilindros pueden ser lisos, para fabricar chapas; o poseer un determinado perfil para producir piezas con una forma definida. La laminación en frío se produce a temperatura ambiente, permitiendo que de esta manera la reducción de la banda laminada en caliente pueda obtener espesores muy uniformes y superficies sin defectos; por lo que se usa para fabricación de chapas delgadas y para procesos de acabado, que se ha convertido en una especialidad dentro de los procesos industriales de manufactura.

Efectos de la laminación en frío. Los efectos producidos en el acero:

- Mantiene la densidad del metal
- Aumento resistividad eléctrica
- Empeoramiento de las propiedades magnéticas
- Aumento del límite elástico
- Aumento de la resistencia ultima
- Aumento de la dureza
- Disminución del alargamiento
- Anisotropía de las propiedades mecánicas
- Aumento dislocaciones y textura marcada.

Ventajas de la laminación en frío.

- Deformaciones del 40% al 90%
- Trabajo en frío incrementa la resistencia mecánica
- Excelente acabado superficial
- Excelentes tolerancias en espesor y forma

Desventajas de la laminación en frío.

- Altas fuerzas de deformación
- Pequeñas reducciones generan esfuerzos superficiales y una distribución no uniforme de los esfuerzos

Laminador. Maquinaria industrial especializada en convertir metales como el acero en planchas o láminas de un determinado espesor uniforme. Las laminadoras están compuestas principalmente por dos cilindros de acero cuya acción circular continua comprime el material dispuesto en planchas hasta adelgazar su calibre y obtener un producto acabado para la fabricación de paneles, perfiles, chapas, tuberías, etc.

Laminador cuarto reversible. Este tipo de laminador es el comúnmente utilizado para la laminación en frío de banda de acero. Un laminador reversible trabaja pasando la plancha de acero hacia atrás y hacia delante por un conjunto de cilindros un cierto número veces hasta obtener la reducción necesaria. Por un lado está provisto de una desbobinadora que alimenta el laminador y por el otro de una bobinadora. Después de la primera pasada, se sujeta la cola de la banda por la segunda bobinadora con tensión del lado de la desbobinadora. Con esto la banda se enrolla en sucesivas pasadas en direcciones alternativas hasta alcanzar el espesor requerido. El tipo convencional utiliza alojamientos cerrados para los cilindros formando una unidad rígida.

Bobinadoras. Equipo usado en el proceso de laminado en frío que permite enrollar la banda de acero en un carrete ó bobina. Mediante la tensión que genera al sujetar y jalar la lámina, ésta se hace circular entre los cilindros de trabajo y apoyo del laminador para ir reduciendo su espesor progresivamente en un determinado número de pasadas donde se desenrolla y rebobina el material alternativamente. Si el material se desenrolla de la bobina, nos referimos a una maquina desbobinadora.

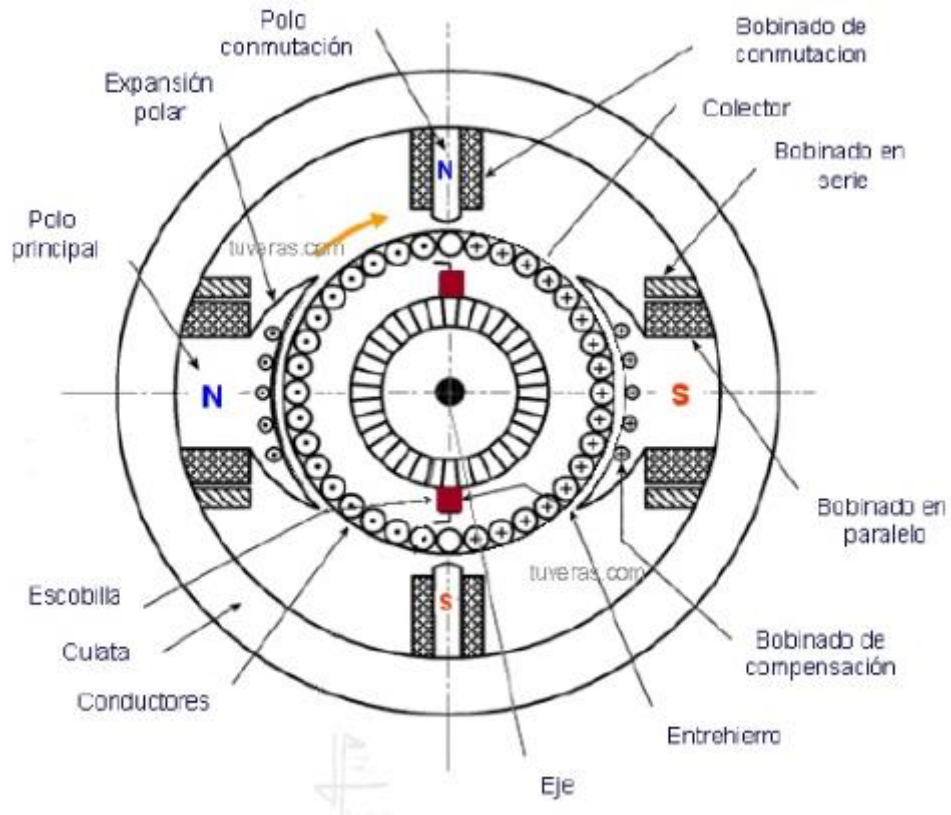
2.1.3 Motor eléctrico. Un motor es una máquina motriz capaz de convertir una forma determinada de energía en energía mecánica de rotación o par. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos generados en sus bobinas, de manera que puede impulsar el funcionamiento de una máquina. El motor eléctrico tiene muchas ventajas; su tamaño y peso reducido, su construcción para casi cualquier tipo de máquina, su potencia de trabajo bastante alta debido a que su rendimiento está la mayor parte del tiempo en un 75%. Además de ello, este aparato emite ningún tipo de sustancia o gas contaminante y no necesita una ventilación externa.

Las fuentes que alimentan al motor eléctrico pueden ser de corriente alterna (AC, *Alternating Current*) o corriente continua (DC, *Direct Current*). Cuando se trata de la corriente alterna, las redes eléctricas o las plantas eléctricas son el impulso principal del motor. Existen varios tipos de este motor, llamados: motor asíncrono y síncrono. A diferencia de éste, cuando la corriente continua es el encargado de sustentar el funcionamiento, las baterías, los rectificadores, los paneles solares y los dinamos son los artefactos que colaboran en el proceso; se clasifican en: motor en serie, motor compound, motor shunt y motor eléctrico sin escobillas.

2.1.3.1 Motor de corriente continua. Los motores de DC (Direct Current) son máquinas eléctricas rotativas que transforman la energía eléctrica en mecánica. Los motores de corriente continua presentan el inconveniente de ser más complejos que los de AC y de que sólo pueden ser alimentados a través de equipos rectificadores. En contrapartida, poseen un par de arranque elevado, y su velocidad se puede regular con facilidad entre amplios límites, lo que los hace ideales para aplicaciones donde sea importante el control y la regulación. Su principio de funcionamiento consiste en circular una corriente eléctrica por un campo magnético donde se está inmerso un conductor, apareciendo unas fuerzas electromagnéticas que tienden a desplazarlo.

Haciendo circular una corriente por una espira situada en un campo magnético, cada conductor se verá sometido a una fuerza de direcciones contrarias, por serlo el sentido de la corriente, como se observa en el esquema de la Figura 9.

Figura 9. Esquema de un motor de corriente continua



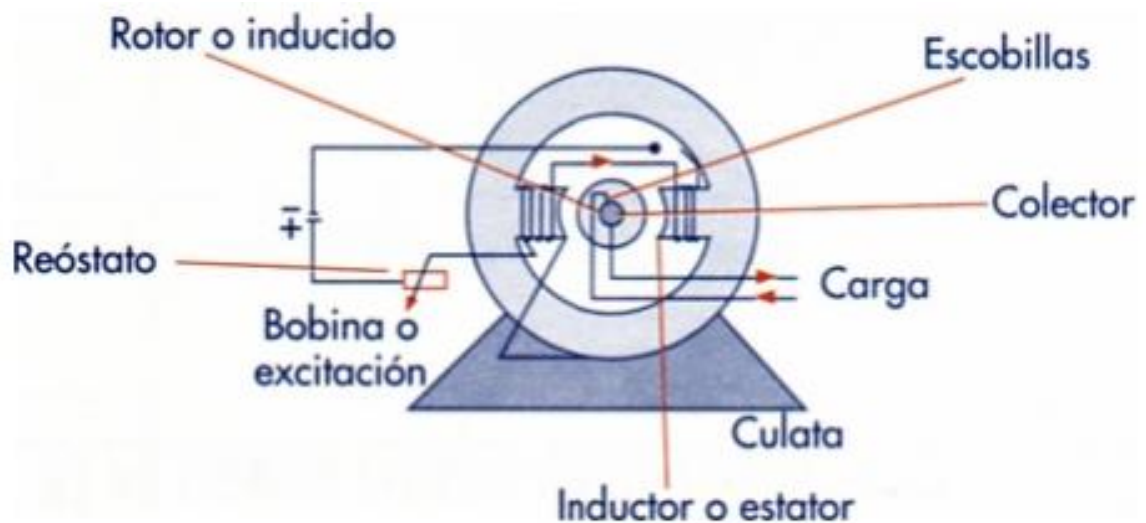
Fuente: Elaborado por los autores a partir del análisis del proceso Acesco

2.1.3.2 Motor de corriente alterna. Se denomina motor de CA a aquellos motores eléctricos que funcionan con corriente alterna. Se denomina corriente alterna (CA ó AC en inglés) a la corriente eléctrica que cambia repetidamente de polaridad. Esto significa, que su voltaje instantáneo va cambiando en el tiempo desde 0 a un máximo positivo, vuelve a cero y continúa hasta otro máximo negativo y así sucesivamente; la magnitud y el sentido varían cíclicamente. En la actualidad, es el motor que más se utiliza para la mayor parte de las aplicaciones.

Fundamentalmente porque consiguen un buen rendimiento, bajo mantenimiento y sencillez en su construcción, especialmente en los motores asíncronos.

El motor de corriente alterna (ver Figura 11) se compone de una carcasa que consiste en una caja que envuelve las partes eléctricas del motor; un estator que consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado estático, que es una parte fija y unida a la carcasa. Finalmente, tiene un rotor que consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado rotórico, que constituye la parte móvil del motor y resulta ser la salida o eje del motor.

Figura 10. Esquema de un motor de corriente alterna



Fuente: Elaborado por los autores

Los motores de corriente alterna se clasifican por su velocidad de giro, por el tipo de rotor y por el número de fases de alimentación. Por su velocidad de giro se clasifican en asíncronos y síncronos. Por el tipo de rotor en motores de anillos rozantes, motores con colector y motores de jaula de ardilla. Por su número de fases de alimentación monofásicos, bifásicos y trifásicos. Es una clasificación general ya que existe una gran diversidad de motores de CA. Básicamente se diseñan dos

tipos de motores para funcionar con corriente alterna polifásica: los motores síncronos y los motores de inducción.

Motor síncrono. Es un alternador trifásico que funciona a la inversa. Los imanes del campo se montan sobre un rotor y se excitan mediante corriente continua, y las bobinas de la armadura están divididas en tres partes y alimentadas con corriente alterna trifásica. La variación de las tres ondas de corriente en la armadura provoca una reacción magnética variable con los polos de los imanes del campo, y hace que el campo gire a una velocidad constante, que se determina por la frecuencia de la corriente en la línea de potencia de corriente alterna.

Motor de inducción. El más simple de todos los tipos de motores eléctricos es el motor de inducción de caja de ardilla que se usa con alimentación trifásica. La armadura de este tipo de motor consiste en tres bobinas fijas y es similar a la del motor síncrono. El elemento rotatorio consiste en un núcleo, en el que se incluyen una serie de conductores de gran capacidad colocados en círculo alrededor del árbol y paralelos a él. Cuando no tienen núcleo, los conductores del rotor se parecen en su forma a las jaulas cilíndricas que se usaban para las ardillas.

2.1.4 Tipos de Mantenimiento. Generalmente se consideran varios tipos de mantenimientos distintos de acuerdo a las metodologías ó criterios aplicados para la inspección de los equipos, la programación de actividades y el propósito deseado de la práctica de mantenibilidad. Por lo tanto; existen el mantenimiento predictivo ó basado en condición, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo.

2.1.4.1 Mantenimiento basado en Condición (CBM, en inglés Condition-based-Maintenance).

Es una metodología o técnica de mantenimiento, también conocida como “Mantenimiento Predictivo”, que se realiza con base en las condiciones o parámetros de los equipos, en los que se establecen algunos límites o ventanas

operacionales y se verifica el comportamiento de dichos parámetros o límites establecidos mediante tecnologías como el análisis de vibraciones, termografía, etc. Este conjunto de técnicas instrumentadas de medida y análisis de variables permiten caracterizar en términos de fallos potenciales la condición operativa de los equipos productivos. El mantenimiento predictivo se efectúa cuando la maquinaria presenta alguna señal, por ejemplo: ruido, vibración, temperaturas, e; que se identifican por el constante monitoreo del equipo por parte del operador. Su misión principal es optimizar la fiabilidad y disponibilidad de equipos al mínimo costo.

Ventajas y beneficios de la aplicación del mantenimiento predictivo. La gestión optimizada de la programación del mantenimiento reporta las siguientes ventajas:

- Aumento de la disponibilidad de la maquinaria
- Mejora de la confiabilidad global
- Reducción de pérdidas de materia prima por paradas no planificadas
- Reducción del índice de intervenciones por año de los equipos
- Reducción de costos en repuestos
- Reducción de accidentes y el aumento de la seguridad por la monitorización
- Reducción de los fallos en general por análisis de causa raíz

2.1.4.2 Mantenimiento Preventivo. Son diferentes técnicas y metodologías que se realizan de manera programada y sistemática para prevenir la aparición de fallas o averías en los equipos industriales, realizándose de manera anticipada. Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema indicando que esta metodología debe evitar los fallos en el equipo antes de que ocurran.

Este mantenimiento resulta de las inspecciones periódicas que revelan condiciones de falla y su objetivo es reducir paros de planta ó procesos y depreciación excesiva.

Ventajas y beneficios de la aplicación del mantenimiento preventivo.

- Previene la aparición averías en los equipos
- Reducción de costos al disminuir las intervenciones a los equipos
- Reducción de tiempo muerto invertido en reparaciones
- Extiende la vida útil de los equipos
- Aumento de disponibilidad de equipos al tenerlos en condiciones óptimas
- Previene defectos en el producto fabricado
- Previene contaminación tanto en el producto final como en la materia prima

2.1.4.3 Mantenimiento Correctivo. Como lo indica su nombre se caracteriza por corregir o reparar los defectos de los equipos y maquinarias. No obstante, cuando se realiza de manera inmediata el mantenimiento correctivo en el equipo se puede denominar mantenimiento correctivo contingente, en cambio, cuando se programa el día para revisar y corregir la falla del equipo se conoce como mantenimiento correctivo programable. El mantenimiento correctivo se caracteriza por el arreglo de la máquina o equipo por medio del cambio de la pieza dañada por otra logrando que el sistema vuelva a funcionar correctamente.

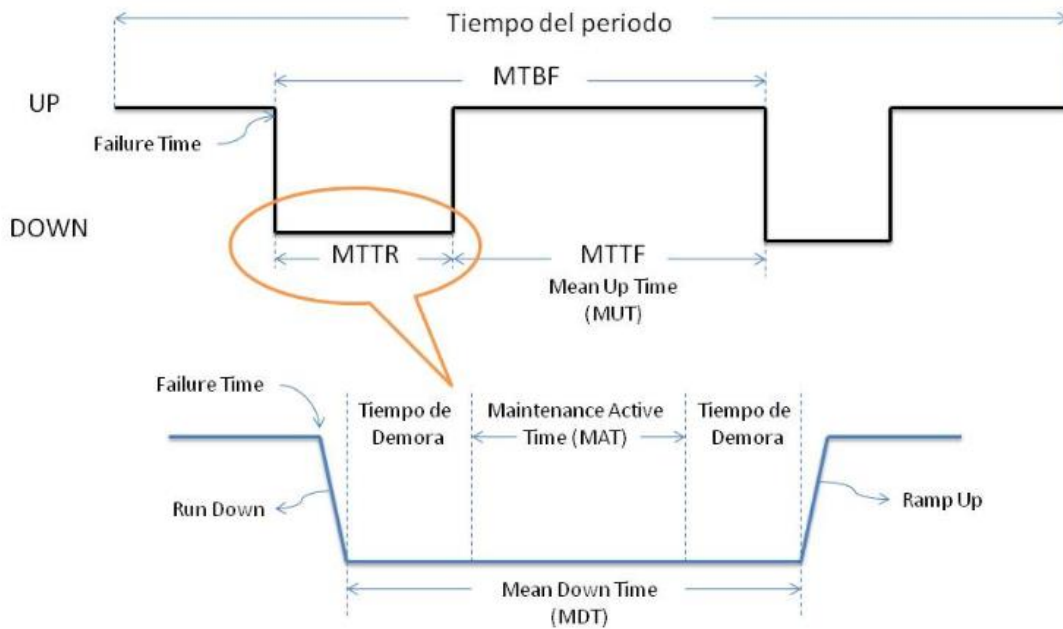
Ventajas y beneficios de la aplicación del mantenimiento correctivo.

- Confiabilidad en los equipos por reparar sus condiciones de funcionamiento
- Mayor duración de los equipos e instalaciones
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal del mantenimiento debido a una programación de actividades
- Menor costo de reparaciones.

2.1.5 Disponibilidad. Es la proporción de tiempo durante la cual un sistema ó equipo está en condiciones de ser usado. La disponibilidad se refiere a los tiempos de operación y fuera de servicio de los componentes de un equipo. Generalmente, la disponibilidad depende de la frecuencia de fallas y el tiempo que demande poner en marcha nuevamente el equipo. Se expresa como porcentaje del tiempo en el que el sistema ó equipo está listo para operar o producir, considerando el cociente entre el tiempo de servicio u operación y la suma de este tiempo con el tiempo empleado en su reparación; siendo una medida de la frecuencia con que la máquina trabaja en condiciones normales de funcionamiento in presentarse fallos o paradas.

La disponibilidad operacional D_o se calcula en función de los tiempos de mantenimiento (ver Figura 11) y de operación, siendo $D_o = MUT/(MUT+MTTR)$; donde MUT (*Mean Up Time*, en inglés) es el tiempo promedio en operación o el tiempo promedio para fallar ($MTTF$, *Mean Time To Failure*, en inglés) y $MTTR$ (*Mean Time To Repair*, en inglés) es el tiempo promedio para reparación.

Figura 11. Tiempos de Mantenimiento



Fuente: Elaborado por los autores

2.1.6 Confiabilidad. Es la probabilidad de que un sistema, activo, equipo o componente lleve a cabo su función adecuadamente durante un período de tiempo bajo condiciones operacionales previamente definidas y constantes. La confiabilidad es un dato estadístico porque es una probabilidad que es determinada o calculada a partir de la información de los registros de los paros de los equipos. Un aspecto relevante de la confiabilidad es que se puede aplicar a un sistema, a un activo o a un componente. La confiabilidad se determina para un determinado período de tiempo, el cual puede ser semanal, mensual, anual, etcétera, bajo el contexto operacional en el cual opera el activo, el equipo o el sistema.

Para que la confiabilidad calculada tenga una alta credibilidad, los datos con los cuales se efectúa el cálculo son los registros de los paros ó fallos del equipo. Es por ello que el registro de los paros debe hacerse de la manera más imparcial y objetiva posible. La confiabilidad operacional C_o involucra la ocurrencia de fallas y se calcula como $C_o = \text{MTBF}/(\text{MTBF}+\text{MTTR})$, donde MTBF (*Mean Time Between Failures*, en inglés) es el tiempo promedio entre fallas y el MTTR es el tiempo promedio de reparación que ya hemos mencionado anteriormente.

El registro de los paros implica codificación y clasificación; permitiendo clasificarlos en propios, ajenos y programados. Los paros propios son aquellos imputables al equipo por fallas inherentes. Los paros ajenos son paros no imputables al equipo pero que causan la parada del mismo, por ejemplo una falla en el suministro de energía del equipo. Los paros programados son aquellos que están establecidos en el programa de mantenimiento mensual o anual.

3. ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DEL MOTOR DE LA BOBINADORA DE SALIDA DEL LAMINADOR

Los datos obtenidos en este análisis hacen referencia desde marzo del 2012, año en el que se colocó en marcha el nuevo ERP (SAP) como software para la gestión del mantenimiento. Por tanto; se basa en la recopilación e interpretación de información de mantenimiento registrada por controles de inspección y diagnóstico a través de avisos de mantenimiento creados por parte del operador, permitiendo que el programa identifique parámetros fuera de operación que pueden ocasionar fallas o paradas de los motores de las bobinadoras de salida del laminador.

En el presente capítulo se pretende evidenciar de forma cuantitativa el estado actual operativo del motor de corriente continua de la bobinadora de salida para identificar su indisponibilidad presentado una estimación aproximada de las pérdidas económicas para la producción y hallar su confiabilidad para el proceso de laminado en frío. En correlación, también se establece el estudio comparativo de la disponibilidad operacional del nuevo motor ac de la bobinadora de salida implementado como restitución en el sistema eléctrico del laminador, a partir del análisis de su confiabilidad para la operación.

3.1 DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DEL MOTOR DC DE LA BOBINADORA DE SALIDA DEL LAMINADOR

3.1.1 Registro de fallas del motor dc de la bobinadora de salida. Se han establecido e identificado mediante la aplicación del procedimiento para trámite de avisos de paradas en SAP (Ver Anexo A); los registros de fallos ó averías presentados por el motor de corriente continua de la bobinadora de salida durante el período analizado con su respectiva descripción del evento ocurrido y los correspondientes tiempos de parada producidos mientras se realizaba la intervención del equipo. Esta información se presenta registrada en la tabla 1.

Tabla 1. Registro de avisos de paradas y averías del motor de corriente continua de la bobinadora de salida

DESCRIPCIÓN	FECHA DE AVISO	FIN DE AVERÍA	HORA FIN AVERÍA	HORA INICIAL AVERÍA	DURACIÓN PARADA	PARADA	TEXTO CÓDIGO PROBLEMA	TEXTO CAUSA
FALLO EN COIL CAR SALIDA	16/03/2012	16/03/2012	11:55:00	10:15:00	1,67	1	NO CONTROLA	HUMEDAD EN CONEXIÓN SELECTOR DE MANDO
SE DISPARA CONVERTIDOR EN PLENO PROCESO	18/03/2012	18/03/2012	22:10:00	21:15:36	0,91	1		SE DISPARA CONVERTIDOR DE SALIDA EN PROC
FALLO SENSOR FOTOCELDA SALIDA	24/04/2012	24/04/2012	15:15:00	13:50:00	1,42	1	NO SENSA	ELECTRÓNICA INTERNA SENSOR, SIN SEÑAL
FALLO CAUDALIMETRO MOTOR MAESTRO	13/06/2012	13/06/2012	06:50:00	06:20:00	0,50	1	MEDIDA FUERA DE RANGO	SE CAE CAUDAL EN DISTINTOS CAUDALÍMETROS
ROTURA DE MANGUERA MOTOR HID CARRO SALID	6/08/2012	6/08/2012	12:50:00	10:40:00	2,17	1	FISURADO	ROTURA MANGUERA HDR
CAMBIO SENSOR DET. BOBI. COIL CAR SALI.	9/09/2012	9/09/2012	15:00:00	09:37:08	0,00		NO SENSA	ALTA TEMPERATURA DE LOS ROLLOS
ROTURA DE BANDA POR DAÑO EN BLOWER.	4/12/2012	4/12/2012	13:15:00	11:20:00	1,92	1		DAÑO EN BLOWER BOBINADORA SALIDA
CHISPAS EN MOTOR MAESTRO	23/01/2013	25/01/2013	00:00:00	10:30:00	0,00		DESCALIBRADO	CHISPAS POR POCO CONTACTO DE SUPERFICIE
CHISPAS EN MOTOR MAESTRO	23/01/2013	23/01/2013	14:25:00	10:45:00	3,67	1	DESGASTADO	CHISPAS POR POCO CONTACTO DE SUPERFICIE
LAM01 - SE DISPARAN CONVERTIDORES.	25/09/2013	25/09/2013	07:40:00	07:10:00	0,50	1	DES ENERGIZADO	CONVERTIDOR DE SAIDA SE DISPARA EN JOG
LAM01 - SE DISPARA CONVERTIDOR DE SALIDA	25/09/2013	25/09/2013	17:40:00	17:25:00	0,25	1	EQUIPO BLOQUEADO	CONVERTIDOR DE SAIDA SE DISPARA EN JOG

Fuente: Elaborado por los autores a partir de los avisos de paradas proporcionados por SAP

Tabla 1. (Continuación)

DESCRIPCIÓN	FECHA DE AVISO	FIN DE AVERÍA	HORA FIN AVERÍA	HORA INICIAL AVERÍA	DURACIÓN PARADA	PARADA	TEXTO CÓDIGO PROBLEMA	TEXTO CAUSA
LAM01 - FALLO APC +D10.BOB.SAL.LAM.	25/09/2013	26/09/2013	02:00:00	21:50:00	4,17	1	DES ENERGIZADO	DISPARO DE CONV. BOB. SAL. EN PLENO PROC
LAM01 - FALLO APC +D14.BOB.SAL.LAM.	26/09/2013	26/09/2013	03:00:00	02:30:00	0,50	1	NO CONTROLA	DISPARO DE CONV. BOB. SAL. EN PLENO PROC.
FALLO FRENO BOBINADORA ENTRADA.	2/11/2013		00:00:00	14:40:45	0,00			FRENO DESCALIBRADO.
FALLO DETECCIÓN ZONA MANDRINO	9/01/2014	9/01/2014	19:30:00	19:10:00	0,33	1	NO ACCIONA	
REVISION FRENADO DINAMICO BOBINADORAS	17/01/2014		00:00:00	05:14:38	0,00			NO SE ACTIVA EL FRENADO DINAMICO.
CONVERTIDOR SE DISPARA EN 5TA PASADA	21/02/2014	21/02/2014	17:20:00	17:00:00	0,33	1	DESENERGIZADO	FALLA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA
FALLO SENSOR POS. CUNA BAJA CARRO SALIDA	26/02/2014		00:00:00	10:40:05	0,00		NO SENSA	
REPARACIÓN FALLO CARRO SALIDA. CUNA BAJ	27/02/2014	27/02/2014	15:30:00	14:30:00	1,00	1	NO SENSA	
FALLO EN MOTOR BLOWER BOBINADORA SAL.	3/03/2014	3/03/2014	08:25:00	07:30:00	0,92	1	DESENERGIZADO	CORTO EN BORNERA
LÍMITE DE PUNTO DE MEDIDA	5/03/2014		00:00:00	14:27:43	0,00		VIBRACION ANORMAL	
FRENADO DINÁMICO BOBINADORA DE ENTRADA	3/05/2014		00:00:00	21:10:00	0,00			FRENADO DINAMICO BOB ENTR NO ACCIONA
FALLA EN COLECTOR MOTOR ESCLAVO	28/05/2014	3/06/2014	00:00:00	15:35:29	0,00		FUNDIDO	FALLA DE AISLAMIENTO EN COLECTOR
CONVERTIDOR ENTRADA SE DISPARA.	10/06/2014	10/06/2014	08:40:00	08:10:00	0,50	1	DES ENERGIZADO	FALLA EN TARJETA DE CAMPO

Fuente: Elaborado por los autores a partir de los avisos de paradas proporcionados por SAP

Tabla 1. (Continuación)

DESCRIPCIÓN	FECHA DE AVISO	FIN DE AVERÍA	HORA FIN AVERÍA	HORA INICIAL AVERÍA	DURACIÓN PARADA	PARADA	TEXTO CÓDIGO PROBLEMA	TEXTO CAUSA
CONVERTIDOR DE SALIDA DISPAADO	10/06/2014	10/06/2014	16:20:00	10:00:00	6,33	1	DES ENERGIZADO	FALLA EN TARJETA DE CAMPO
CONVERTIDOR ENTRADA SE DISPARA.	14/06/2014	14/06/2014	11:55:00	07:30:00	4,42	1	DES ENERGIZADO	FALLA EN TARJETA DE CAMPO
CONVERTIDOR SALIDA SE DISPARA.	14/06/2014	14/06/2014	13:30:00	12:05:00	1,42	1	DES ENERGIZADO	FALLA EN TARJETA DE CAMPO
FALLA CONVERTIDOR DESBOBINADORA	27/06/2014	27/06/2014	06:05:00	05:20:00	0,75	1	NO ACCIONA	FALLO CONVERTIDOR DESBOBINADORA
FALLO CONVERTIDOR BOBINADORA ENT. LAM.	28/06/2014	28/06/2014	14:10:00	12:56:00	1,23	1	NO ACCIONA	FALLA EN TARJETA DE CAMPO
FALLO FRENO BOBINADORA DE ENTRADA	23/08/2014	23/08/2014	07:50:00	06:30:00	1,33	1	DESCALIBRADO	FALSO CONTACTO EN BORNA
LAM CAMBIAR POLIAMIDA CARRO SALIDA*	23/09/2014		00:00:00	06:27:17	0,00		DESGASTADO	CAMBIAR POLIAMIDA EN MAL ESTADO
FALLO MOTOR CONV.BOB.ENT.LAMINADOR.	20/10/2014	20/10/2014	16:15:00	16:00:00	0,25	1	DES ENERGIZADO	DISPARO DE MOTOR CONV. BOB. ENT. LAMINAD
FALLO MOTOR CONV.BOB.ENT.LAMINADOR.	24/10/2014	24/10/2014	11:30:00	00:05:00	11,42	1	DES ENERGIZADO	CORTO CIRCUITO EN MOTOR BLOWER
MPRED_BALANCEO VENTILAD MOT SALIDA LAM*	24/10/2014		00:00:00	13:19:26	0,00		VIBRACION ANORMAL	
CAMBIO DE MOTOR BLOWER BOB.ENT.LAM.	29/10/2014	29/10/2014	10:30:00	07:50:00	2,67	1	RUIDO ANORMAL	CAMBIO DE MOTOR ELEC. BLOWER BOBENT.
LAM RETIRAR TUB MAL ESTADO CARRO SALIDA*	4/11/2014	4/11/2014	09:45:00	09:30:00	0,25	1	ROZAMIENTO	RETIRAR TUBERIA EN MAL ESTADO CARRO SAL
LAM CUADRE CONDICIONES(MTTO BOBI SALIDA)	3/02/2015	3/02/2015	21:20:00	06:00:00	15,33	1	TEMPERATURA ANORMAL	PISTA EXTERIOR RODAMIENTO FRACTURADA

Fuente: Elaborado por los autores a partir de los avisos de paradas proporcionados por SAP

Tabla 1. (Continuación)

DESCRIPCIÓN	FECHA DE AVISO	FIN DE AVERÍA	HORA FIN AVERÍA	HORA INICIAL AVERÍA	DURACIÓN PARADA	PARADA	TEXTO CÓDIGO PROBLEMA	TEXTO CAUSA
DEC CAMBIO RODAMIENTO MOTOR SALIDA	3/02/2015		00:00:00	05:05:00	0,00		DESGASTADO	CAMBIO RODAMIENTO MOTOR BOB SALIDA
FALLO SENSOR COIL CAR DE SALIDA	5/02/2015		00:00:00	07:58:04	0,00		NO SENSA	FALLO SENSOR COIL CAR SALIDA
MPRED_BALANCEO DE VENTILADOR	18/03/2015		00:00:00	09:42:11	0,00		VIBRACION ANORMAL	
FALLA FRENADO DINÁMICO BOBINADORA SALIDA	28/03/2015	26/03/2015	23:30:00	15:00:00	8,50	1	NO ACCIONA	FALLA INTERRUPTOR DE ALIMENTACIÓN
MPRED_REFORZAR ESTRUCTURA VEN -MOTOR	1/04/2015		00:00:00	08:35:27	0,00		VIBRACION ANORMAL	ESTRUCTURA DEBIL SIN CONTRAPESO
FALLO BLOWER BOBINADORA DE SALIDA	1/05/2015	1/05/2015	23:50:00	17:10:00	6,67	1	DES ENERGIZADO	VENTILADOR DE MOTOR DAÑADO
REV.ACCIONA.MANUAL COIL-CAR SAL LAM.	11/06/2015		00:00:00	02:05:50	0,00		NO ACCIONA	NO EXISTE ACCIONA EN MODO MANUAL
MPRED_RIGIDIZAR,SOLDAR BASE MOTOR	25/06/2015		00:00:00	15:10:48	0,00		DESAJUSTES	FALTA DE RIGIDEZ
LAM REP.FUGA HDR COILCAR SAL-LAMINADOR	7/07/2015		00:00:00	04:13:18	0,00		ESCAPE	TUBERÍA SOCAVADA
LAM FUGA TUBERIA COIL CAR SALIDA LAMINA	7/07/2015	7/07/2015	10:30:00	08:00:00	2,50	1	ESCAPE	TUBERÍA SOCAVADA
REVISAR ALTA TEMP. MOTOR BOB.SAL LAM	8/07/2015	8/07/2015	04:00:00	03:37:31	0,00		TEMPERATURA ANORMAL	ALTA TEMP. MOTOR BOB. SAL. LAM
MPRED_RIGIDIZAR,SOLDAR BASE MOTOR	25/06/2015		00:00:00	15:10:48	0,00		DESAJUSTES	ESTRUCTURA DESAJUSTADA
MOTOR BOBINADORA DE SALIDA DISPARADO	22/10/2015	22/10/2015	03:00:00	02:45:00	0,25	1	DES ENERGIZADO	MOTOR BOB SALIDA DISPARADO
FALLO CONV BIBINADORA SALIDA	16/01/2016	16/01/2016	22:00:00	19:15:00	2,75	1	NO ACCIONA	SE DISPARA MOTOR EN FANAL 4TA PASADA

Fuente: Elaborado por los autores a partir de los avisos de paradas proporcionados por SAP

Tabla 1. (Continuación)

DESCRIPCIÓN	FECHA DE AVISO	FIN DE AVERÍA	HORA FIN AVERÍA	HORA INICIAL AVERÍA	DURACIÓN PARADA	PARADA	TEXTO CÓDIGO PROBLEMA	TEXTO CAUSA
FALLO INDICADORES TEMPERATURA MOTOR SALI	18/01/2016		00:00:00	09:10:58	0,00		NO INDICA	AJUSTE DE CONEXIONES EN EL MOTOR
LAM FALLO SENSOR POS. MANDRINO CARRO SAL	24/01/2016		00:00:00	13:30:06	0,00		NO SENS	FALTA TOPES PROTECCIÓN SENSOR
SE DISPARA CONVERTIDOR DE SALIDA	10/02/2016	10/02/2016	09:20:00	08:50:00	0,50	1	EQUIPO BLOQUEADO	CONVERTIDOR SE DISPARA
FALLO CONVERTIDOR SALIDA ALARMA FLUJO AI	12/03/2016	12/03/2016	05:20:00	04:40:00	0,67	1	DESCALIBRADO	ALARMA FLUJO DE AIRE BOB SALIDA
SE DISPARA CONVERTIDOR	12/03/2016	12/03/2016	10:20:00	10:10:00	0,17	1	DES ENERGIZADO	ALISTAMIENTO DE MAQUINA
LAM CORREAS BLOWER BOB. SALID REVENTADAS	14/03/2016	15/03/2016	10:30:00	18:30:00	16,00	1	FRACTURADO	CORREAS MAL SELECCIONADAS-CRISTALIZACION
BOBINADORA SALIDA	5/05/2016	5/05/2016	02:40:00	01:50:00	0,83	1	FALTA SUMINISTRO ENERGIA	CAIDA DE TENSIÓN
MPRED_VIBRACION MOTOR VENT BOB SAL LAM01	20/05/2016		00:00:00	10:26:01	0,00		VIBRACION ANORMAL	
AJUSTE SENSOR CILLETA # 1 COOILL CAR SAL	5/06/2016	5/06/2016	09:00:00	08:40:00	0,33	1	NO SENS	DESAJUSTE DEL SENSOR
PRUEBAS MOTOR SALIDA	7/09/2016	7/09/2016	16:00:00	15:00:00	1,00	1		PRUEBAS MOTOR BOBINADORA DE SALIDA
REPARACION LEVA COIL CAR SALIDA	16/09/2016	16/09/2016	16:10:00	15:45:00	0,42	1	DESAJUSTADO	REPARACION LEVA COIL CAR SALIDA
CAMBIO SENSOR DETECCIÓN BOB.COILCAR SAL.	1/10/2016	1/10/2016	11:05:51	11:04:51	0,02	1	NO SENS	DAÑO DEL SENSOR DET.BOB.COIL-CAR SAL.
MPRED_VIBRACION SOLTURA EJE VENTILADOR	7/10/2016		00:00:00	13:16:28	0,00		VIBRACION ANORMAL	CORREAS LISAS FISURADAS

Fuente: Elaborado por los autores a partir de los avisos de paradas proporcionados por SAP

Tabla 1. (Continuación)

DESCRIPCIÓN	FECHA DE AVISO	FIN DE AVERÍA	HORA FIN AVERÍA	HORA INICIAL AVERÍA	DURACIÓN PARADA	PARADA	TEXTO CÓDIGO PROBLEMA	TEXTO CAUSA
MPRED_VIBRACION SOLTURA EJE VENTILADOR	7/10/2016		00:00:00	13:16:28	0,00		VIBRACION ANORMAL	
FALLO CORREAS MOTOR BLOWER BOBINADORA SA	23/10/2016	23/10/2016	11:45:00	04:15:00	7,50	1	DESGASTADO	CORREAS DESGASTAS
SENSOR DETECCION BOBINA COIL CAR SALIDA	18/11/2016		00:00:00	12:50:50	0,00		NO SENSAS	COIL CAR DETECCION BOBINA SALIDA
REV-INSP. O CAM-SEN DET.BOB.COIL CAR SAL	25/11/2016		00:00:00	06:26:52	0,00		EQUIPO BLOQUEADO	S.DETECTOR COB.COIL-CAR SAL
BOBINADORA DE SALIDA DISPARADA	28/11/2016	28/11/2016	04:00:00	02:45:00	1,25	1	DES ENERGIZADO	BOBINADORA DE SALIDA DISPARADA
MPRED_VIBRACION SOLTURA EJE VENTILADOR	13/01/2017		00:00:00	15:42:18	0,00		VIBRACION ANORMAL	CORREAS LISAS FISURADAS
CELDA BOBINADORA SALIDA	29/03/2017	29/03/2017	17:40:00	16:30:00	1,17	1	DESENERGIZADO	INSTALACIÓN ANALIZADOR DE REDES BOB. SAL
CAM.D" PLACAS POLIAMIDAS COIL-CAR SALLAM	29/05/2017		00:00:00	15:21:45	0,00		DESGASTADO	PLACAS POLIAMIDAS "EN MAL ESTADO"5201999
MPRED_VIBRACION SOLTURA EN RODAMIENTOS	10/07/2017		00:00:00	07:56:47	0,00		VIBRACIÓN	
CAM-CORREAS BLOWER BOBINADORA SAL.LAM	9/08/2017	9/08/2017	08:25:00	04:50:00	3,58	1	EQUIPO BLOQUEADO	FALLO CORREAS BLOWER BOBINADORA SAL.LAM
FALLO ELECT. BOBINADORA SALIDA	2/09/2017	2/09/2017	14:55:00	14:30:00	0,42	1	DESENERGIZADO	
DISPARO DE MOTOR (AC) BOBINADORA SAL.LAM	26/09/2017	26/09/2017	01:00:00	00:45:00	0,25	1	EQUIPO BLOQUEADO	DISPARO DE MOTOR AC BOB.SAL.LAM.
MOTOR SALIDA DISPARADO	27/09/2017	27/09/2017	10:55:00	10:25:00	0,50	1	DESENERGIZADO	ADECUACIÓN NUEVO MOTOR
FALLO BOBINADORA SALIDA	28/09/2017	28/09/2017	19:30:00	15:00:00	4,50	1	DESENERGIZADO	FALLO FUSIBLE DE ALIMENTACIÓN

Fuente: Elaborado por los autores a partir de los avisos de paradas proporcionados por SAP

3.1.2 Indisponibilidad del motor dc de la bobinadora de salida. Mediante la interpretación de los datos observados en las tablas desarrolladas para el registro de las averías del motor que se han mostrado anteriormente; se consolidan la cantidad de fallos que ha tenido el motor como los tiempos de parada generados por estos, en contraste con los tiempos programados de operación del equipo. En la tabla 2 se muestran los tiempos promedios entre fallas (MTBF) calculados para el motor en horas y días, estableciendo su disponibilidad para el período analizado.

Tabla 2. Tiempos de operación y fallos para el motor dc de la bobinadora de salida

TIEMPO PROGRAMADO (DIAS)	10218,8
TIEMPO PROGRAMADO (HRS)	245251,2
CANTIDAD DE FALLOS	50
HORAS EN FALLO	126,94
T DISPONIBLE	245201,2
DISPONIBILIDAD	99,95%
MTBF EN DIAS	204,376
MTBF EN HORAS	4905,024
1/MTBF(DIAS)	0,004892942
1/MTBF(HORAS)	0,000203873
(1/MTBF)*T(DIAS)	
(1/MTBF)*T(120)	0,58715309
(1/MTBF)*T(90)	0,440364818
(1/MTBF)*T(60)	0,293576545
(1/MTBF)*T(30)	0,146788273
(1/MTBF)*T(15)	0,073394136
(1/MTBF)*T(8)	0,039143539
(1/MTBF)*T(HORAS)	
(1/MTBF)*T(2880)	0,58715309
(1/MTBF)*T(2160)	0,440364818
(1/MTBF)*T(1440)	0,293576545
(1/MTBF)*T(720)	0,146788273
(1/MTBF)*T(360)	0,073394136
(1/MTBF)*T(192)	0,039143539

Fuente: Elaborado por los autores a partir de los registros de fallos para el motor

Del análisis inferido de esta tabla; se identifica que la disponibilidad del motor de corriente continua de la bobinadora alcanza el 99,95% del tiempo programado para su operación continua.

3.1.3 Confiabilidad del motor dc de la bobinadora de salida. Para medir la condición operativa del motor se hace necesario analizar su índice de confiabilidad junto con la disponibilidad identificada para operar durante el tiempo programado. Con el cálculo de variables como el MTBF (Tiempo Medio entre Fallas) y de la rata de falla (1/MTBF) como un indicativo de la confiabilidad operacional para un período de tiempo determinado en días y horas, establecidos con antelación en la tabla 2; se halla la confiabilidad del motor de corriente continua equivalente por días y horas, expresada en porcentajes en la tabla 3.

Tabla 3. Confiabilidad del motor de dc de la bobinadora de salida en días y horas

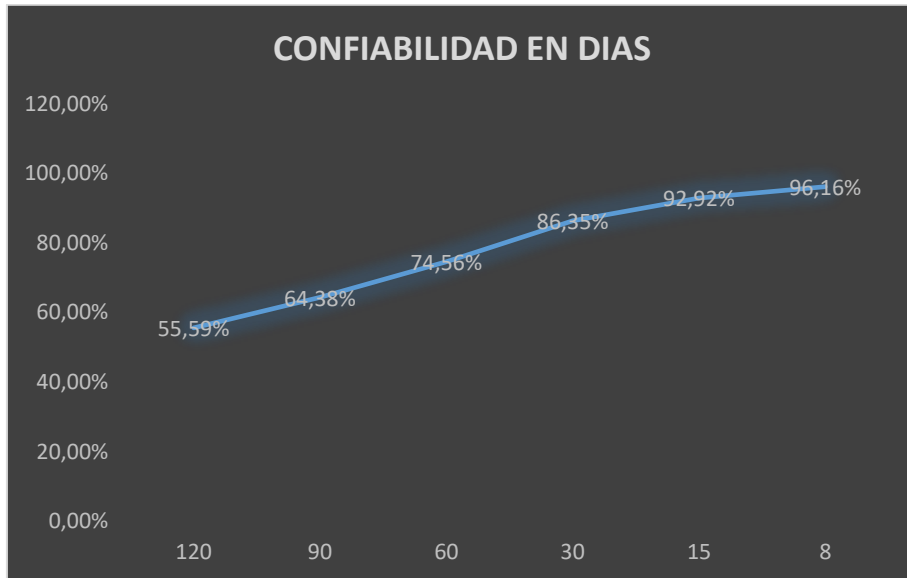
CONFIABILIDAD	
DIAS	HORAS
55,59%	55,59%
64,38%	64,38%
74,56%	74,56%
86,35%	86,35%
92,92%	92,92%
96,16%	96,16%

Fuente: Elaborado por los autores a partir de la información de la tabla 7

De esta tabla podemos deducir que la confiabilidad del motor disminuye al 55,59% luego de un período transcurrido de 120 días (2880 horas) en operación.

Las gráficas de confiabilidad del motor de corriente continua se presentan en las figuras 12 y 13.

Figura 12. Gráfica de confiabilidad del motor dc de la bobinadora de salida en días



Fuente: Elaborada por los autores a partir de la información de la tabla 8

Figura 13. Gráfica de confiabilidad del motor dc de la bobinadora de salida en horas



Fuente: Elaborada por los autores a partir de la información de la tabla 8

Estas gráficas evidencian una disminución considerable de la confiabilidad para la operación del motor de corriente continua de la bobinadora de salida, indicando se ha incrementado la frecuencia de ocurrencia de fallas a medida que ha estado en servicio por más días de operación; presentando pérdidas en la producción para el proceso del laminado en frío por requerir mayores tiempos de intervención para su mantenimiento y reparación

3.1.4 Pérdidas por indisponibilidad del motor dc de la bobinadora de salida.

La indisponibilidad del motor de corriente continua genera indisponibilidad del laminador que afecta los costos de producción de lámina ocasionando pérdidas económicas como se aprecia en la tabla 4. Se tiene en cuenta para estimar estas pérdidas, que la rata de producción de la lámina del laminador es de 25.000 Kg/h con un costo de \$150 por kilogramo laminado.

Tabla 4. Pérdidas del laminado por indisponibilidad del laminador

Pérdidas del Laminado por Indisponibilidad del Laminador		
Rata*Días Perdidos	Precio/Kg	Moneda
3173500	\$150	pesos
Lucro Cesante		
\$476.025.000		

Fuente: Elaborado por los autores a partir del análisis de indisponibilidad del motor

Las pérdidas económicas estimadas por la indisponibilidad del laminador serían de \$476.025.000 por producción de lámina para la compañía; sin contabilizar costos operativos del proceso, costos de mantenimiento, factores de producción que intervienen en la laminación en frío como la oxidación del material, entre otros.

A su vez; se ha realizado una estimación del riesgo potencial que causa la indisponibilidad del laminador para la línea de galvanización en continuo que depende directamente del suministro del acero laminado. Para esto, consideramos que la rata de galvanización tiene una razón de 13.000 Kg/h y el costo de producción por lámina galvanizada es de \$260 por kilogramo procesado. La tabla 5 presenta las pérdidas estimadas considerando estas variables de producción.

Tabla 5. Pérdidas del proceso de galvanización por indisponibilidad del laminador

Pérdidas del Proceso de Galvanización por indisponibilidad del Laminador		
Rata*Días Perdidos	Precio/Kg	Moneda
1650220	\$260	pesos
Lucro Cesante		
\$429.057.200		

Fuente: Elaborado por los autores a partir del análisis de indisponibilidad del motor

El lucro cesante obtenido de \$429.057.200 por las pérdidas estimadas para el proceso de galvanización debido a la indisponibilidad del laminador, refleja el impacto económico que ha tenido los fallos o paradas del motor de corriente continua de la bobinadora de salida del laminador.

3.2 DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DEL MOTOR AC DE LA BOBINADORA DE SALIDA DEL LAMINADOR

3.2.1 Registro de fallas del motor ac de la bobinadora de salida. Se identifican con base al mismo análisis realizado por la interpretación de avisos de paradas obtenidos en SAP para el motor de corriente alterna de la bobinadora de salida.

La tabla 6 muestra los eventos de fallos presentados por el motor de corriente alterna operando la bobinadora de salida del proceso de laminado en frío.

Tabla 6. Registro de avisos de paradas y averías del motor de corriente alterna de la bobinadora de salida

Descripción	Fecha de aviso	Fin de avería	Hora fin avería	Hora fin des.	Hora in. avería	Hora inic. des.	DURACION PARADA	Hora del aviso	Texto causa
MOTOR DE SALIDA SE DISPARA	11/01/2018	11/01/2018	02:25:00	00:00:00	01:25:00	02:08:29	0:43:29	02:08:29	FALSO CONTACTO EN BUS DC
DISPARO DE CONVERTIDOR BOB.SALIDA LAM.-*	15/11/2017	15/11/2017	23:00:00	00:00:00	22:45:00	22:53:00	0:08:00	22:53:00	DISPARO DE CONVERTIDOR BOB.SAL. LAM.
DISPARO DE MOTOR (AC) BOBINADORA SAL.LAM	26/09/2017	26/09/2017	01:00:00	00:00:00	00:45:00	01:04:03	0:19:03	01:04:03	DISPARO DE MOTOR AC BOB.SAL.LAM.

Fuente: Elaborado por los autores a partir de los avisos de paradas proporcionados por SAP

3.2.2 Disponibilidad del motor ac de la bobinadora de salida. De acuerdo a los datos suministrados por la tabla 6 se establecen los fallos presentados por el nuevo motor ac de la bobinadora de salida y se determina su disponibilidad operacional a partir de los datos calculados en la tabla 7 que nos permite identificar el cumplimiento del 100% del tiempo programado de operación.

Tabla 7. Tiempos de operación y fallos para motor ac de la bobinadora de salida

TIEMPO PROGRAMADO(DIAS)	8789,8
TIEMPO PROGRAMADO(HRS)	210955,2
CANTIDAD DE FALLOS	3
HORAS EN FALLO	1:10:32
HORAS EN FALLO EN DECIMALES	1,18
T DISPONIBLE	210954,0
DISPONIBILIDAD	100,00%
MTBF EN DIAS	2929,933333
MTBF EN HORAS	70318,4
1/MTBF(días)	0,000341305
1/MTBF(horas)	1,4221E-05
(1/MTBF)*T(DÍAS)	
(1/MTBF)*T(120)	0,040956563
(1/MTBF)*T(90)	0,030717422
(1/MTBF)*T(60)	0,020478282
(1/MTBF)*T(30)	0,010239141
(1/MTBF)*T(15)	0,00511957
(1/MTBF)*T(8)	0,002730438
(1/MTBF)*T(HORAS)	
(1/MTBF)*T(2880)	0,040956563
(1/MTBF)*T(2160)	0,030717422
(1/MTBF)*T(1440)	0,020478282
(1/MTBF)*T(720)	0,010239141
(1/MTBF)*T(360)	0,00511957
(1/MTBF)*T(192)	0,002730438

Fuente: Elaborado por los autores a partir de la información de la tabla 11

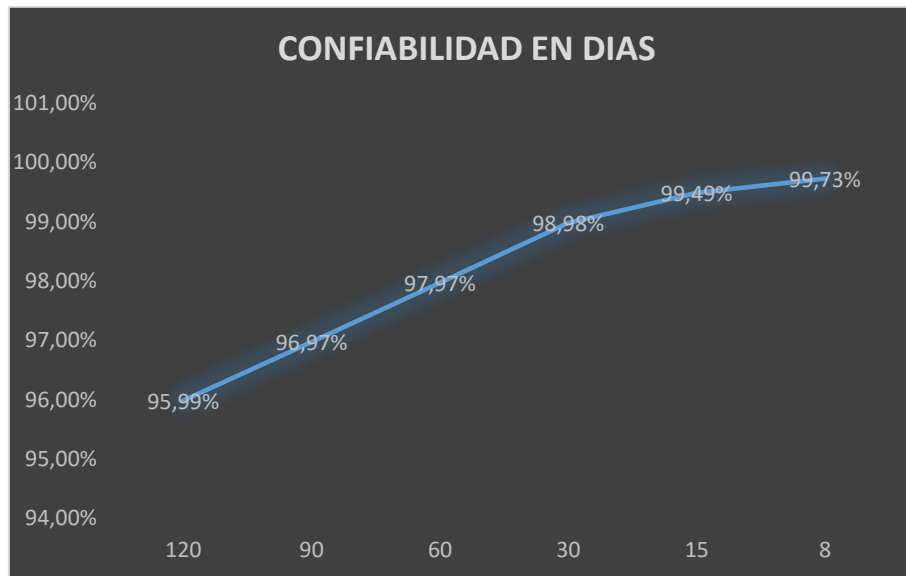
3.2.3 Confiabilidad del motor ac de la bobinadora de salida. La confiabilidad del nuevo motor de corriente alterna del laminador se muestra en la tabla 8. Las gráficas de las figuras 14 y 15 muestran el comportamiento de la confiabilidad de este motor en días y horas.

Tabla 8. Confiabilidad del motor de ac de la bobinadora de salida en días y horas

CONFIABILIDAD	
DIAS	HRS
95,99%	95,99%
96,97%	96,97%
97,97%	97,97%
98,98%	98,98%
99,49%	99,49%
99,73%	99,73%

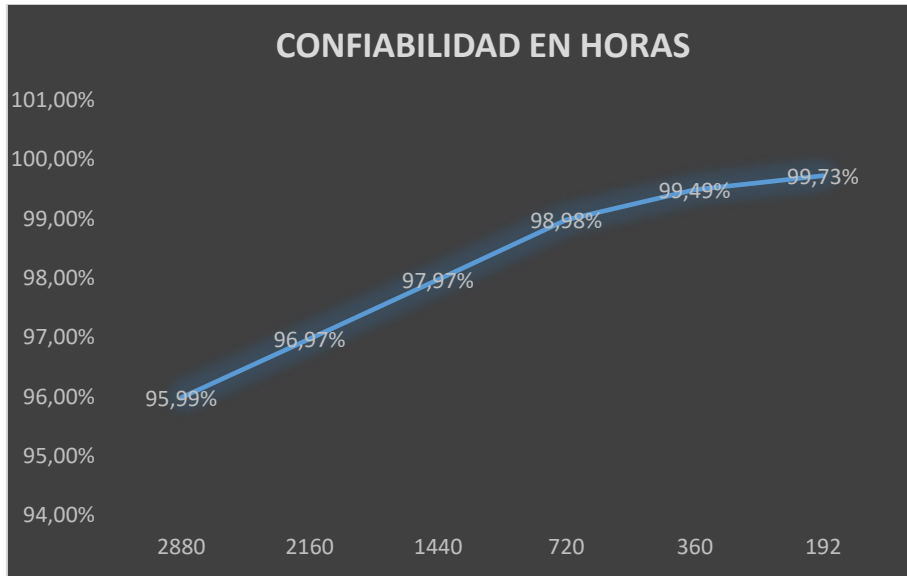
Fuente: Elaborado por los autores a partir de la información de la tabla 12

Figura 14. Gráfica de confiabilidad del motor ac de la bobinadora de salida en días



Fuente: Elaborada por los autores a partir de la información de la tabla 13

Figura 15. Gráfica de confiabilidad del motor ac de la bobinadora de salida en horas



Fuente: Elaborada por los autores a partir de la información de la tabla 13

Las gráficas de confiabilidad para el motor de corriente alterna de la bobinadora de salida del laminador demuestran que es altamente confiable para la ejecución del proceso de laminado en frío, porque ha presentado baja frecuencia de fallas (3 eventos en total) en su operación durante el período que se ha implementado como restitución del motor de corriente continua del laminador, manteniendo la confiabilidad por encima del 95%.

4. REVISIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTOS DEL MOTOR DC DE LA BOBINADORA DE SALIDA DEL LAMINADOR

Las paradas del proceso del laminado en frío, presentadas por los fallos ocurridos en el motor de corriente continua de la bobinadora de salida del laminador ha incrementado el número de mantenimientos efectuados a este equipo evidenciando un aumento en el número de solicitudes de trabajo para intervenir oportunamente y garantizar su disponibilidad continua en el proceso. Por lo tanto, es importante hacer una valoración cuantitativa de las inversiones reales realizadas por parte de la compañía Acesco para la intervención del motor dc de la bobinadora de salida, cuantificando principalmente los costos incurridos en el cumplimiento y la planeación de las actividades de mantenimiento programadas para el equipo.

Para ello; se hace el análisis y revisión de las órdenes de mantenimiento que se han llevado a cabo para la bobinadora de salida del laminador, donde se pretende contabilizar los costos por mantenimientos y fallas del motor de corriente continua.

4.1 REGISTRO DE ÓRDENES DE MANTENIMIENTO PARA LA BOBINADORA DE SALIDA DEL LAMINADOR

Mediante el estudio y análisis del procedimiento para la creación de órdenes de mantenimiento desde en un aviso en SAP (ver Anexo B), se ha hecho la identificación de las órdenes de trabajo de los mantenimientos ejecutados para la bobinadora de salida del laminador. En la tabla 9 se registran estos mantenimientos indicando su fecha de ejecución y la descripción breve de la actividad realizada junto con la codificación para el status del sistema, el puesto de trabajo responsable que lo realizó, el responsable de la verificación de su cumplimiento y al denominación del equipo. También se muestran los costos totales acordados a la planeación del mantenimiento y los costos totales reales por la intervención de la falla generada.

Tabla 9. Registro de órdenes y costos de mantenimiento para la bobinadora de salida del laminador

ORDEN	FECHA EJECUCIÓN	TEXTO BREVE	STATUS SISTEMA	COSTOS TOTALES REALES	TOTAL COSTES PLAN	MODIFICADO POR	PUESTO TRABAJO RESP.	DENOMINACIÓN
6000783	13/03/2012	ANALISIS DE ACEITE TRAFOT4 3.5MVA	CERR KKMP NLIQ PREC	0	28.900	10INGPM01	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6000871	18/03/2012	SE DISPARA CONVERTIDOR EN PLENO PROCESO	CERR NOTI MACO MOVN NLIQ PREC	462.517	395.487	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6001587	25/04/2012	CAMBIO FOTOCELDA ROTURA DE BANDA SALIDA	CERR NOTI MACO MOVN NLIQ PREC	475.976	404.058	10INGPM02	ELECTRON	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6003993	24/09/2012	MPPR_MOTOR MAESTRO LAMINADOR	CTEC MACO MOVN NLIQ PREC	7.760.225	8.034.595	10INGPM06	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6003995	24/09/2012	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC MACO MOVN NLIQ PREC	6.990.967	6.990.970	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6004104	24/09/2012	MPPR_VARIADOR BOBINADORA SAL LAM	CTEC NOTP MACO MOVN NLIQ PREC	405.157	126.339	10INGPM01	ELECTRON	VARIADOR BOBINADORA SAL LAM
6004135	28/09/2012	MPPR_TRANSFOR. T4 3.5MVA(BOB.2)	CTEC KKMP MOVN NLIQ PREC	334.614	508.014	10INGPM01	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6005066	21/11/2012	MPPR_MOTOR MAESTRO LAMINADOR	CTEC KKMP MOVN NLIQ PREC	581.900	596.350	10INGPM05	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6005081	21/11/2012	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC KKMP MOVN NLIQ PREC	581.900	581.900	10INGPM05	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6005076	8/01/2013	MPPR_TRANSFOR. T4 3.5MVA(BOB.2)	CTEC KKMP MOVN NLIQ PREC	334.614	334.614	10INGPM06	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.

Fuente: Elaborado por los autores a partir de información suministrada por la dirección de mantenimiento de la empresa

Tabla 9. (Continuación)

ORDEN	FECHA EJECUCION	TEXTO BREVE	STATUS SISTEMA	COSTOS TOTALES REALES	TOTAL COSTES PLAN	MODIFICADO POR	PUESTO TRABAJO RESP.	DENOMINACIÓN
6006743	7/05/2013	MPPR_TRANSF OR. T4 3.5MVA(BOB.2)	CTEC KKMP MOVN NLIQ PREC	399.545	661.429	10INGPM06	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6005866	13/05/2013	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC KKMP NLIQ PREC	0	74.824	10INGPM06	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6007808	5/06/2013	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC KKMP MOVN NLIQ PREC	610.995	610.995	10INGPM06	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6007952	27/08/2013	MPPR_TRANSF OR. T4 3.5MVA(BOB.2)	CTEC KKMP MOVN NLIQ PREC	147.145	296.793	10INGPM06	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6008649	9/09/2013	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC EDET MOVN NLIQ PREC	4.063.575	4.063.175	10INGPM06	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6011015	25/09/2013	LAM01 - REVISION DISPARO CONVERTIDOR ES.	CTEC NOTI KKMP NLIQ PREC	325.702	205.766	10INGPM03	ELECTRON	TABLERO VARIADOR BOB.SALIDA+TA41
6007884	26/10/2013	MPPR_VARIAD OR BOBINADORA SAL LAM	CTEC NOTP IMPR KKMP NLIQ PREC	132.588	112.238	10INGPM03	ELECTRON	VARIADOR BOBINADORA SAL LAM
6011033	3/12/2013	CORRECTIVO TERMOGRAFIA:	CTEC NOTP KKMP NLIQ PREC	57.374	37.412	10INGPM03	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6010632	6/12/2013	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC IMPR MOVN NLIQ PREC	1.445.178	2.450.178	10INGPM06	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6006694	9/12/2013	MPPR_MOTOR BOBINADORA ENTRADA LAM	CTEC IMPP MOVN NLIQ PREC	52.599.024	53.988.256	10INGPM05	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA

Fuente: Elaborado por los autores a partir de información suministrada por la dirección de mantenimiento de la empresa

Tabla 9. (Continuación)

ORDEN	FECHA EJECUCION	TEXTO BREVE	STATUS SISTEMA	COSTOS TOTALES REALES	TOTAL COSTES PLAN	MODIFICADO POR	PUESTO TRABAJO RESP.	DENOMINACIÓN
6011924	26/12/2013	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC IMPP MOVN NLIQ PREC	5.635.402	5.635.404	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6010217	18/02/2014	MPPR_TRANSF OR. T4 3.5MVA(BOB.2)	CTEC IMPR MOVN NLIQ PREC	729.704	729.706	10INGPM02	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6012393	18/02/2014	MPPR_MOTOR BOBINADORA ENTRADA LAMINADOR	CTEC IMPR MOVN NLIQ PREC	2.493.247	2.806.849	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6019014	24/02/2014	MPPR_TRANSF OR. T4 3.5MVA(BOB.2)	CTEC IMPR KKMP MOVN NLIQ PREC	393.422	393.424	10INGPM01	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6019822	12/03/2014	BALANCEAR VENTILADOR	CTEC NOTP IMPR FMAT MOVN NLIQ PREC	295.443	43.832	10INGPM01	MECANICO	VENTILADOR MOTOR BOB_SALIDA
6018994	13/03/2014	MOTOR BOBINADORA ENTRADA LAMINADOR	CTEC IMPR MOVN NLIQ PREC	2.393.905	2.393.907	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6016942	31/03/2014	MPPR_VENTILADOR MOTOR BOB_SALIDA	CTEC IMPP MOVN NLIQ PREC	271.422	271.424	10INGPM01	MECANICO	VENTILADOR MOTOR BOB_SALIDA
6012925	15/05/2014	MPPR_VARIADOR BOBINADORA SAL LAM	CTEC NOTP IMPR KKMP NLIQ PREC	182.760	108.056	10INGPM03	ELECTRON	VARIADOR BOBINADORA SAL LAM
6020789	15/05/2014	MPPR_PANEL VARIADOR BOB.SALIDA+TA 41	CTEC NOTP IMPR KKMP NLIQ PREC	15.230	36.020	10INGPM03	ELECTRON	TABLERO VARIADOR BOB.SALIDA+TA41

Fuente: Elaborado por los autores a partir de información suministrada por la dirección de mantenimiento de la empresa

Tabla 9. (Continuación)

ORDEN	FECHA EJECUCION	TEXTO BREVE	STATUS SISTEMA	COSTOS TOTALES REALES	TOTAL COSTES PLAN	MODIFICADO POR	PUESTO TRABAJO. RESP.	DENOMINACIÓN
6022338	15/05/2014	MOTOR BOBINADORA ENTRADA LAMINADOR	CTEC IMPR MOVN NLIQ PREC	2.394.632	2.394.634	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6022372	15/05/2014	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC IMPR MOVN NLIQ PREC	2.394.632	2.394.634	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6026248	10/06/2014	CAMBIO TARJETA DE CAMPO	CTEC NOTP EDET MACO MOVN NLIQ PREC	1.277.490	11.951.912	10INGPM03	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6019016	23/06/2014	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC IMPP MOVN NLIQ PREC	2.551.527	2.524.034	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6026504	15/07/2014	CONVERTIDOR ENTRADA SE DISPARA.	CTEC FMAT MOVN NLIQ PREC	117.373	211.819	10INGPM03	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6025422	17/07/2014	FALLA EN COLECTOR MOTOR SALIDA	CTEC KKMP MOVN NLIQ PREC	800.000	800.002	10INGPM06	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6028274	17/07/2014	CORRECCIÓN FUGA ACEITE TRAF0 T4	CTEC CEST FMAT MOVN NLIQ PREC	2.901.899	2.901.901	10INGPM06	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6025516	28/07/2014	MOTOR BOBINADORA ENTRADA LAMINADOR	CTEC IMPP MOVN NLIQ PREC	4.855.666	4.870.385	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6025524	28/07/2014	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC IMPP MOVN NLIQ PREC	2.046.922	2.046.924	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6032533	3/10/2014	AJUSTE CONEXIONES TRANSFORM T4 LAM	ABIE KKMP PREC	0	2		ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.

Fuente: Elaborado por los autores a partir de información suministrada por la dirección de mantenimiento de la empresa

Tabla 9. (Continuación)

ORDEN	FECHA EJECUCION	TEXTO BREVE	STATUS SISTEMA	COSTOS TOTALES REALES	TOTAL COSTES PLAN	MODIFICADO POR	PUESTO TRABAJO RESP.	DENOMINACIÓN
6022370	9/10/2014	MPPR_TRANSF OR. T4 3.5MVA(BOB.2)	CERR KKMP NEJE PREC	0	288.146	10INGPM01	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6021570	22/10/2014	MPPR_VENTILADOR MOTOR BOB_SALIDA	CTEC FMAT IMPP MOVN NLIQ PREC	493.585	694.934	10INGPM02	MECANICO	VENTILADOR MOTOR BOB_SALIDA
6023915	22/10/2014	MPME_ANALISIS TERMOGRAFICO TRANSFOR.	CTEC KKMP NLIQ PREC	0	18.011	10INGPM01	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6031457	22/10/2014	MPPR_MOTOR BOBINADORA ENTRADA LAMINADOR	CTEC MOVN NLIQ PREC	2.090.599	2.091.128	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6033840	29/10/2014	FALLO MOTOR CONV.BOB.ENT. LAMINADOR.	CTEC NOTP MACO MOVN NLIQ PREC	2.349.440	2.103.877	10INGPM06	ELECTRIC	MOTOR VENT BOBINADORA SALIDA LAM01
6031460	18/11/2014	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC MOVN NLIQ PREC	2.510.025	2.313.866	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6035369	19/01/2015	MOTOR BOBINADORA ENTRADA LAMINADOR	CTEC MOVN NLIQ PREC	1.207.857	1.207.859	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6035378	19/01/2015	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC MOVN NLIQ PREC	638.490	638.492	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6039560	3/02/2015	LAM CAMB RODAMIENTO MOTOR BOBINADORAS ALIDA	CTEC CEST FMAT MOVN NLIQ PREC	21.571.100	21.613.251	10INGPM03	MECANICO	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)

Fuente: Elaborado por los autores a partir de información suministrada por la dirección de mantenimiento de la empresa

Tabla 9. (Continuación)

ORDEN	FECHA EJECUCION	TEXTO BREVE	STATUS SISTEMA	COSTOS TOTALES REALES	TOTAL COSTES PLAN	MODIFICADO POR	PUESTO TRABAJO RESP.	DENOMINACIÓN
6039756	6/02/2015	MANTTO A MOTOR BOB. SALIDA LAMINADOR	CTEC CEST FMAT MOVN NLIQ PREC	703.618	714.220	10INGPM05	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6040037	10/02/2015	LAM REEMPLAZO ROD BOBINADORA SALIDA	CTEC NOTP CEST KKMP MOVN NLIQ PREC	1.060.798	1.022.101	10INGPM05	MECANICO	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6033043	11/03/2015	MPPR_TRANSFOR. T4 3.5MVA(BOB.2)	CTEC KKMP MOVN NLIQ PREC	121.415	192.185	10INGPM02	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6038786	11/03/2015	MOTOR BOBINADORA ENTRADA LAMINADOR	CTEC EDET MOVN NLIQ PREC	638.490	2.476.545	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6042540	26/03/2015	MPRED_CAMBIO VENTILADOR Y MOTOR	CTEC NOTP CEST FMAT MOVN NLIQ PREC	964.654	1.044.427	10INGPM02	MECANICO	VENTILADOR MOTOR BOB_SALIDA
6038788	16/04/2015	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC EDET IMPM MOVN NLIQ PREC	753.317	2.489.518	10INGPM06	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6043500	23/04/2015	MPRED_REFORZA R ESTRUCTURA VEN -MOTOR	CTEC CEST KKMP MOVN NLIQ PREC	1.769.745	1.769.747	10INGPM06	MECANICO	VENTILADOR MOTOR BOB_SALIDA
6026764	5/05/2015	MPPR_VARIADOR BOBINADORA SAL LAM	CTEC IMPR MOVN NLIQ PREC	11.000	375.417	10INGPM02	ELECTRON	VARIADOR BOBINADORA SAL LAM
6042273	6/05/2015	MOTOR BOBINADORA ENTRADA LAMINADOR	CTEC IMPM MOVN NLIQ PREC	7.770.004	8.127.950	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA

Fuente: Elaborado por los autores a partir de información suministrada por la dirección de mantenimiento de la empresa

Tabla 9. (Continuación)

ORDEN	FECHA EJECUCION	TEXTO BREVE	STATUS SISTEMA	COSTOS TOTALES REALES	TOTAL COSTES PLAN	MODIFICADO POR	PUESTO TRABAJO RESP.	DENOMINACIÓN
6044451	25/05/2015	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC IMPR MOVN NLIQ PREC	2.477.265	2.478.747	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6045762	24/06/2015	MOTOR BOBINADORA ENTRADA LAMINADOR	CTEC IMPP MOVN NLIQ PREC	2.766.050	2.771.381	10INGPM11	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6045473	25/06/2015	FALLO BLOWER BOBINADORA DE SALIDA	CTEC MOVN NLIQ PREC	1.339.747	1.409.299	10INGPM06	ELECTRIC	VENTILADOR MOTOR BOB_SALIDA
6046852	28/07/2015	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC IMPR MOVN NLIQ PREC	2.492.956	2.492.964	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6048837	20/08/2015	MOTOR BOBINADORA ENTRADA LAMINADOR	CTEC IMPP MOVN NLIQ PREC	3.152.582	3.153.334	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6017079	27/08/2015	MPME_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CERR KKMP NEJE PREC	0	17.694	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6026818	27/08/2015	MPPR_PANEL VARIADOR BOB.SALIDA+TA 41	CERR KKMP NEJE PREC	0	35.386	10INGPM02	ELECTRON	TABLERO VARIADOR BOB.SALIDA+TA41
6034966	27/08/2015	MPPR_VENTILADOR MOTOR BOB_SALIDA	CERR KKMP NEJE PREC	0	184.862	10INGPM02	MECANICO	VENTILADOR MOTOR BOB_SALIDA
6042277	23/09/2015	MPPR_TRANSFOR. T4 3.5MVA(BOB.2)	CTEC KKMP MOVN NLIQ PREC	613.333	891.112	10INGPM02	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6050890	23/09/2015	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC IMPP MOVN NLIQ PREC	2.697.168	2.750.049	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)

Fuente: Elaborado por los autores a partir de información suministrada por la dirección de mantenimiento de la empresa

Tabla 9. (Continuación)

ORDEN	FECHA EJECUCION	TEXTO BREVE	STATUS SISTEMA	COSTOS TOTALES REALES	TOTAL COSTES PLAN	MODIFICADO POR	PUESTO TRABAJO RESP.	DENOMINACIÓN
6033778	30/09/2015	MPME_ANALISIS TERMOGRAFICO TRANSFOR.	CTEC KKMP NLIQ PREC	0	17.694	10INGPM02	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6051479	22/10/2015	MPPR_MTTTO GENERAL MOTOR BOB ENTRADA LAM	CTEC NOTP MOVN NLIQ PREC	2.312.802	3.089.562	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6054548	23/11/2015	MPPR_TRANSFOR. T4 3.5MVA(BOB.2)	CTEC KKMP MOVN NLIQ PREC	127.000	268.538	10INGPM02	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6054549	23/11/2015	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC IMPP MOVN NLIQ PREC	1.262.490	2.614.225	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6052208	4/12/2015	MOTOR STAND BY LAMINADOR 1800 KW	CTEC MACO MOVN NLIQ PREC	85.800.401	85.817.756	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6052766	20/12/2015	MPPR_PANEL VARIADOR BOB.SALIDA+TA 41	ABIE FENA KKMP PREC	0	35.386		ELECTRON	TABLERO VARIADOR BOB.SALIDA+TA41
6052755	24/12/2015	MPPR_VENTILADOR MOTOR BOB_SALIDA	CTEC KKMP MOVN NLIQ PREC	1.886.804	1.886.806	10INGPM02	MECANICO	VENTILADOR MOTOR BOB_SALIDA
6058090	4/02/2016	MPPR_TRANSFOR. T4 3.5MVA(BOB.2)	CTEC MOVN NLIQ PREC	566.317	649.320	10INGPM02	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6058091	4/02/2016	MPPR_INTERRUPTOR 3W T4	CTEC KKMP MOVN NLIQ PREC	1.317.800	1.317.802	10INGPM02	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6064716	15/03/2016	LAM CAMB CORREAS BLOWER MOTOR SALIDA	CTEC NOTP MACO MOVN NLIQ PREC	1.005.482	1.045.794	10INGPM03	MECANICO	MOTOR VENT BOBINADORA SALIDA LAM01

Fuente: Elaborado por los autores a partir de información suministrada por la dirección de mantenimiento de la empresa

Tabla 9. (Continuación)

ORDEN	FECHA EJECUCION	TEXTO BREVE	STATUS SISTEMA	COSTOS TOTALES REALES	TOTAL COSTES PLAN	MODIFICADO POR	PUESTO TRABAJO RESP.	DENOMINACIÓN
6058155	29/03/2016	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	CTEC IMPP MOVN NLIQ PREC	1.060.759	1.060.761	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6059987	25/04/2016	MPPR_VENTILADOR MOTOR BOB_SALIDA	ABIE EDET FENA KKMP PREC	0	0		MECANICO	VENTILADOR MOTOR BOB_SALIDA
6060082	11/05/2016	MPME_ANALISIS TERMOGRAFICO TRANSFOR.	CTEC KKMP NLIQ PREC	0	20.752	10INGPM02	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6064452	16/05/2016	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINADOR	CTEC IMPP MOVN NLIQ PREC	3.741.774	3.694.715	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6060512	27/05/2016	MPPR_CAMBIO MTTO GRAL MOTOR 10005330 LAM	CTEC NOTP EDET MOVN NLIQ PREC	88.006.532	91.996.243	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6065453	8/06/2016	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	ABIE MACO PREC	0	1.117.797	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6068747	18/07/2016	MPPR_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINADOR	CTEC IMPP MOVN NLIQ PREC	1.026.987	2.073.245	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6072408	18/08/2016	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINADOR	CERR KKMP NEJE PREC	0	720.761	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6074439	25/08/2016	LAM CAMBIO CORREAS VENTILADOR BOB SAL	CTEC NOTP MOVN NLIQ PREC	198.158	181.306	10INGPM03	MECANICO	MOTOR VENT BOBINADORA SALIDA LAM01

Fuente: Elaborado por los autores a partir de información suministrada por la dirección de mantenimiento de la empresa

Tabla 9. (Continuación)

ORDEN	FECHA EJECUCION	TEXTO BREVE	STATUS SISTEMA	COSTOS TOTALES REALES	TOTAL COSTES PLAN	MODIFICADO POR	PUESTO TRABAJO RESP.	DENOMINACIÓN
6073884	31/08/2016	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINADOR	CTEC IMPP MOVN NLIQ PREC	2.697.188	3.312.249	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6062490	2/09/2016	MPPR_TRANSF OR. T4 3.5MVA(BOB.2)	CTEC MOVN NLIQ PREC	1.073.279	1.280.786	10INGPM02	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6075174	6/09/2016	CONEXIÓN MOTOR 1800KW STAND-BY LAM	CTEC KKMP MOVN NLIQ PREC	1.652.510	1.652.512	10INGPM06	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6076065	21/09/2016	LAM ALINEACION MOTOR PPAL BOB SALIDA	ABIE KKMP PREC	0	3		MECANICO	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6074896	28/11/2016	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINADOR	CTEC IMPR MOVN NLIQ PREC	3.073.138	3.073.137	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6077760	12/12/2016	LAM CAMBIO CORREAS VENT MOTOR SALIDA	CTEC NOTP MOVN NLIQ PREC	585.393	484.917	10INGPM03	MECANICO	MOTOR VENT BOBINADORA SALIDA LAM01
6045739	16/12/2016	MPPR_VARIAD OR BOBINADORA SAL LAM	CERR KKMP NEJE PREC	0	124.502	10INGPM02	ELECTRON	VARIADOR BOBINADORA SAL LAM
6073543	23/01/2017	MPPR_TRANSF OR. T4 3.5MVA(BOB.2)	CTEC IMPP MOVN NLIQ PREC	807.495	981.961	10INGPM01	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6079636	23/01/2017	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINADOR	CTEC IMPP MOVN NLIQ PREC	2.960.902	2.960.902	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA

Fuente: Elaborado por los autores a partir de información suministrada por la dirección de mantenimiento de la empresa

Tabla 9. (Continuación)

ORDEN	FECHA EJECUCION	TEXTO BREVE	STATUS SISTEMA	COSTOS TOTALES REALES	TOTAL COSTES PLAN	MODIFICADO POR	PUESTO TRABAJO RESP.	DENOMINACIÓN
6083083	27/01/2017	LAM MEJORA EJE VENTILADOR MOTOR SALIDA	ABIE KKMP LIBR PREC	0	2		MECANICO	MOTOR VENT BOBINADORA SALIDA LAM01
6082836	8/03/2017	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINADOR	CTEC IMPR MOVN NLIQ PREC	725.975	725.977	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6079400	28/03/2017	LAM ALINEACION MOTOR BOBINADORA SALIDA	CTEC KKMP MOVN NLIQ PREC	1.500.000	1.500.002	10INGPM03	MECANICO	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6086770	30/03/2017	ADECUACIONES MOTOR LAM	CTEC CEST MACO MOVN NLIQ PREC	326.919	326.923	10INGPM16	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6085567	17/05/2017	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINADOR	CTEC IMPR MOVN NLIQ PREC	2.423.096	2.439.290	10INGPM02	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6082841	19/06/2017	MPPR_TRANSF OR. T4 3.5MVA(BOB.2)	CTEC MACO MOVN NLIQ PREC	669.355	974.669	10INGPM01	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6089497	5/07/2017	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINADOR	CTEC IMPR MOVN NLIQ PREC	1.686.783	1.687.033	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6093318	13/07/2017	INSTALCION DE TOMA DE AIRE FERNOS MOTOR	CTEC CEST MACO MOVN NLIQ PREC	136.915	239.539	10INGPM16	MECANICO	MOTOR AC BOBINADORA SALIDA (2016)

Fuente: Elaborado por los autores a partir de información suministrada por la dirección de mantenimiento de la empresa

Tabla 9. (Continuación)

ORDEN	FECHA EJECUCION	TEXTO BREVE	STATUS SISTEMA	COSTOS TOTALES REALES	TOTAL COSTES PLAN	MODIFICADO POR	PUESTO TRABAJO RESP.	DENOMINACIÓN
6093533	13/07/2017	CAMBIO DE ARRANCADOR SUAVE	CTEC NOTP FMAT MOV M NLIQ PREC	1.335.131	1.493.730	10INGPM12	ELECTRON	VENTILADOR MOTOR BOB_SALIDA
6052729	9/08/2017	MPME_MOTOR BOBINADORA STAND BY	CTEC IMPP MOV M NLIQ PREC	4.707.285	4.776.230	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6093023	9/08/2017	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINADOR	CTEC IMPP MOV M NLIQ PREC	3.130.847	3.130.850	10INGPM01	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6095102	10/08/2017	LAM CAM-CORREAS BLOWER BOBINADORA SAL	LIB. MACO MOV M NLIQ PREC	120.500	120.502	10INGPM13	MECANICO	MOTOR VENT BOBINADORA SALIDA LAM01
6080521	21/08/2017	MPPR_VARIADOR BOBINADORA SAL LAM	ABIE EDET FENA KKMP PREC	0	0		ELECTRON	VARIADOR BOBINADORA SAL LAM
6095195	6/09/2017	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINADOR	ABIE FENA MACO PREC	0	1.542.278		ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6096709	6/09/2017	MEJORAS MOTOR LAM	CTEC CEST FMAT MOV M NLIQ PREC	986.089	1.106.482	10INGPM11	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6097302	14/09/2017	TUBERIA AGUA MOTOR	CTEC CEST FMAT MOV M NLIQ PREC	587.923	742.625	10INGPM16	MECANICO	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6080687	15/09/2017	LAM INSPEC/CAMBIO CORREAS VENT MOT SAL	CTEC IMPR MOV M NLIQ PREC	223.825	344.347	10INGPM02	MECANICO	MOTOR VENT BOBINADORA SALIDA LAM01

Fuente: Elaborado por los autores a partir de información suministrada por la dirección de mantenimiento de la empresa

Tabla 9. (Continuación)

ORDEN	FECHA EJECUCION	TEXTO BREVE	STATUS SISTEMA	COSTOS TOTALES REALES	TOTAL COSTES PLAN	MODIFICADO POR	PUESTO TRABAJO RESP.	DENOMINACIÓN
6097036	15/09/2017	ORDEN AUXILIAR PROYECTO IN0124	LIB. CEST FMAT MOV M NLIQ PREC	3.753.043	3.168.952	10INGPM11	ELECTRON	TABLERO VARIADOR BOB.SALIDA+TA41
6095205	24/09/2017	MPME_MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA	ABIE FENA KKMP PREC	0	21.810		ELECTRIC	MOTOR PPAL BOB SALIDA LAMINADOR (S. BY)
6098100	3/10/2017	FALLO BOBINADORA SALIDA	CTEC MOV M NLIQ PREC	55.500	142.734	10INGPM12	ELECTRIC	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6098736	13/10/2017	FAB DE GUARDAS	LIB. CEST FMAT MOV M NLIQ PREC	688.046	812.594	10INGPM17	MECANICO	MOTOR BOBINADORA SALIDA LAMINA
6099111	17/10/2017	ADICIÓN ACEITE Y CAMBIO SILICA TRAF0 T4	CTEC KKMP MOV M NLIQ PREC	2.476.000	2.476.002	10INGPM07	ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
6095203	25/10/2017	MPPR_TRANSF OR. T4 3.5MVA(BOB.2)	ABIE FENA KKMP PREC	0	261.698		ELECTRIC	TRANSFOR. T4 3.5 MVA - BOB. SAL.
TOTAL COSTOS MANTENIMIENTOS EJECUTADOS				\$396.349.353	\$427.897.365			

Fuente: Elaborado por los autores a partir de información suministrada por la dirección de mantenimiento de la empresa

4.2 COSTOS DE MANTENIMIENTOS EJECUTADOS PARA EL MOTOR DC DE LA BOBINADORA DE SALIDA DEL LAMINADOR

La tabla 9 muestra que los costos reales por la totalidad de los mantenimientos ejecutados para la bobinadora de salida del laminador tienen un valor de \$396.349.353; representados en las intervenciones realizadas a los distintos equipos que están en interacción con la bobinadora como lo son el transformador, el variador y el motor de corriente continua.

Tomando solamente las intervenciones hechas por mantenimientos programados y fallos del motor de corriente continua, observamos que los costos totales reales de mantenimiento generados por este equipo tienen un valor de \$369.346.179, suma bastante elevada por la indisponibilidad operacional del equipo y su baja confiabilidad hallada; lo que equivale al 93,2% de los costos totales reales de los mantenimientos ejecutados para la bobinadora de salida del laminador.

Finalmente, los costos de mantenimiento del motor de corriente continua de la bobinadora de salida de laminador que están presupuestados en la planeación del mantenimiento del equipo corresponden a un total de \$399.239.371; indicando que a pesar de ser cuantiosos, se han logrado gestionar adecuadamente para obtener unos costos totales reales un poco menores como se ha establecido previamente.

5. ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO PROPUESTAS PARA EL NUEVO MOTOR AC DE LA BOBINADORA DE SALIDA DEL LAMINADOR

Se han establecido una serie de actividades y planes operativos mediante la evaluación de la criticidad del proceso del laminado en frío, permitiendo definir el tipo de mantenimiento requerido para el normal funcionamiento del nuevo motor AC de la bobinadora de salida para desarrollar las mejores prácticas de mantenimiento que demanda. De acuerdo al análisis de disponibilidad y confiabilidad que se ha realizado para el antiguo motor de corriente continua de la bobinadora de salida, teniendo en cuenta las condiciones operativas del laminador; para reducir la probabilidad de falla del nuevo equipo se ha definido un mantenimiento preventivo del estado operativo para asegurar su disponibilidad y un mantenimiento predictivo ó basado en la condición para garantizar su confiabilidad.

5.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En correspondencia con las especificaciones técnicas del nuevo motor de corriente alterna de la bobinadora de salida del laminador (ver Anexo D), se han seguido las recomendaciones del fabricante para proponer este tipo de mantenimiento. El propósito del mantenimiento preventivo es por lo tanto asegurar que el motor de corriente alterna funcione de manera confiable sin acciones o intervenciones imprevistas, al estimar y planificar acciones de servicio para minimizar el tiempo de inactividad que presente por fallos que se puedan generar.

Las actividades del mantenimiento preventivo para el motor de corriente alterna de la bobinadora de salida del lamina; se pueden observar en la figura 16 donde se presenta el paquete de operaciones del mantenimiento preventivo que están corriendo con su frecuencia, programado en SAP, con la descripción de las tareas e inspecciones de trabajo propuestas para el motor.

Figura 16. Pantalla de actividades de mantenimiento preventivo de SAP para motor ac de la bobinadora de salida

Modif.hoja ruta p.equipo: Res.paquetes mantenimiento													
Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan													
Equipo	10017880 MOTOR AC BOBINADORA SALIDA 2016												
GrHRuta	11869 MOTOR AC BOBINADORA SALIDA 2016 ContGrpoHR 2												
Resumen oper.paquetes mant.prev.													
Op.	SOp	Descripción operación	6S	3M	6M	9M	1A	AS	2A	3A	4A	5A	4S
0009		MTTO PREVENTIVO MOTOR AC SALIDA LAM01	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0009	0010	MEDICION DE VIBRACIONES											
0009	0011	INSPECCION DE BASE MOTOR											
0009	0012	REAPRIETE DE CONEXIONES											
0009	0013	AISLAMIENTO DE ESTATOR											
0009	0014	CHEQUEO DE RESISTENCIA DE CALDEO											
0009	0015	REENGRASAR, CHEQUEAR GRASA DESPLAZADA											
0009	0016	CHEQUEAR INTERCAMBIADOR DE CALOR											
0009	0017	CHEQUEAR VENTILADOR											
0009	0018	REVISION DE FRENO DEL MOTOR AC.											
0010		MANTENIMIENTO BIMESTRAL MOTORES DC LAM.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0010	0011	LIMPIEZA INTERNA											
0010	0012	PRUEBAS BAKER											
0010	0013	"CAMBIO ESCOBILLAS, REVISAR GAP"											
0010	0014	REVISAR VENTILADORES											
0020		MTTO SEMESTRAL MOTORES DC LAMINADOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0020	0021	MTTO GENERAL A COLECTOR											

Fuente: Tomado del software de mantenimiento SAP

La supervisión normal de la operación y el mantenimiento incluye el registro de los datos de operación, como la carga, temperaturas, vibraciones, también como la verificación de la lubricación y medida de las resistencias de aislamiento. Después de la puesta en servicio o mantenimiento, la supervisión debe ser intensiva. La temperatura de los cojinetes y los devanados, la carga, la corriente, el enfriamiento, la lubricación y la vibración se verificarán con frecuencia. Los datos obtenidos durante la supervisión y el mantenimiento del motor son útiles para estimar y planificar si se requiere un servicio adicional al programado.

Figura 16. (Continuación)

Resumen oper.paquetes mant.prev.													
Op.	SOp	Descripción operación	6S	3M	6M	9M	1A	AS	2A	3A	4A	5A	4S
0020	0021	MTTO GENERAL A COLECTOR											
0020	0022	LIMPIEZA GENERAL											
0020	0023	CAMBIO RODAMIENTOS											
0020	0024	CAMBIAR EMPAQUES											
0020	0025	BARNIZADO											
0020	0026	MEDICIONES GENERALES Y PRUEBAS.											
0040		CONTROLES OPERACIONALES AMBIENTALES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0040	0041	Orden y aseo en la línea de proceso											
0040	0042	Separación correcta de los residuos											
0040	0043	Sust. Químicas identificadas correctamen											
0040	0044	Manejo del recurso hidrico/ sust. quimic											

Fuente: Tomado del software de mantenimiento SAP

Finalmente se establecen actividades para la prevención de fallas del equipo que puedan ponerlo de servicio; como el reapriete de las conexiones, el chequeo del ventilador, la revisión del freno del motor, cambio de rodamientos y empaques, mantenimiento general de colector, alistamiento de estator así como mediciones generales y pruebas para el motor.

5.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Como propuesta para las mejores prácticas de este tipo de mantenimiento programado para el motor de corriente alterna, se han considerado nuevamente las recomendaciones del fabricante para desarrollar una toma de medidas de vibraciones que pueden presentarse en componentes críticos del equipo. A través del diagnóstico generado por los valores medidos de estas vibraciones se procede a ejecutar intervenciones en el equipo para realizar ajustes en piezas ó cambios de elementos, permitiendo mantener una alta confiabilidad operacional al evitar por completo la aparición de fallas.

En el software de mantenimiento SAP existe una transacción que nos permite crear puntos para tomar mediciones de vibraciones en el motor y hacer seguimiento: IK22. En la imagen de la figura 17 se pueden observar cómo se denominaron esos puntos y cuál es la unidad de esa variable. El sistema almacena los datos guardados en esta transacción y los compara con unos niveles de aceptabilidad establecidos; si al tomar estos datos están fuera de esos niveles, entonces el sistema arroja un aviso para proceder a la revisión de este.

Figura 17. Pantalla de puntos de medida de mantenimiento predictivo de SAP para motor ac de la bobinadora de salida

Equipo	10017880				
Denominación	MOTOR AC BOBINADORA SALIDA 2016				
Puntos de medida					
PtoMedida	Posición de medida	Tp.	Nombre caract.	Unidad	
<input type="checkbox"/>	10628	2HA	M	VIBRACION_ACELERACION	Gs
	RODAMIENTO DELANTER HORIZONTAL ACELERA_			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	10612	2HV	M	VIBRACION_VELOCIDAD_MM	mm/s
	RODAMIENTO DELANTER HORIZONTAL VELOCID_			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	10596	2VA	M	VIBRACION_ACELERACION	Gs
	RODAMIENTO DELANTER VERTICAL ACELERACIO_			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	10580	2VV	M	VIBRACION_VELOCIDAD_MM	mm/s
	RODAMIENTO DELANTERO VERTICAL VELOCIDAD			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	10872	IP ESTATOR	M	INDICE_POLARIZACION	UN
	INDICE DE POLARIZACION ESTATOR			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	10757	IP ROTOR	M	INDICE_POLARIZACION	UN
	INDICE DE POLARIZACION ROTOR			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	11102	IR ESTATOR	M	RESISTENCIA_ELECTRICA_OHMIOS	Ohmio
	RESISTENCIA AISLAMIENTO ESTATOR			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	10987	IR ROTOR	M	RESISTENCIA_ELECTRICA_OHMIOS	Ohmio
	RESISTENCIA AISLAMIENTO ROTOR			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: Tomado del software de mantenimiento SAP

Se consideran las vibraciones producidas por la aceleración y velocidad de los rodamientos delanteros horizontal y vertical, el índice de polarización para el rotor y el estator así como sus resistencias eléctricas en cada uno de sus aislamientos.

6. CONCLUSIONES

El reemplazo o restitución del motor de corriente continua de la bobinadora de salida del laminador principal es la mejor solución costo-efectiva para asegurar el normal funcionamiento de todos los procesos productivos de la compañía, permitiendo desarrollar una operación continua porque representa el equipo clave para accionar el proceso central que abastece de materia prima una gran mayoría de las operaciones de la organización, siendo altamente crítica su disponibilidad y confiabilidad total para garantizar la producción permanente y constante.

El motor de corriente continua de la bobinadora de salida del laminador actualmente instalado no ofrece una disponibilidad del 100% para el trabajo operativo que debe realizar, siendo su disponibilidad del 99,98%; lo cual no garantiza su funcionamiento durante la operación y compromete su confiabilidad al no ser ya el equipo adecuado para cumplir el propósito de mantener en servicio el proceso de laminación en frío de manera continua, identificado como crítico para la compañía. El nuevo motor de corriente continua sí satisface la disponibilidad del 100% al observarse que su tiempo de operación disponible corresponde al tiempo de operación programado.

En consecuencia; la indisponibilidad del equipo para el proceso, su baja confiabilidad hallada del 55,59% para un período analizado de operación y los costos incurridos en su mantenimiento e intervenciones por fallos por valor de \$369.346.179; establecen completamente la necesidad de haber realizado la migración del motor de corriente continua de la bobinadora de salida del laminador por un nuevo motor de corriente alterna.

BIBLIOGRAFÍA

HIGGINS, Lindley R. MOBLEY, Keith R. Maintenance Engineering Handbook. Six Edition. New York: McGRAW-Hill, 2002.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Bogotá D.C.: El Instituto, 2008. 36 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá D.C.: El Instituto, 2008. 33 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. NTC 6166. RESUMEN. Bogotá D.C.: El Instituto, 2016. 12 p.

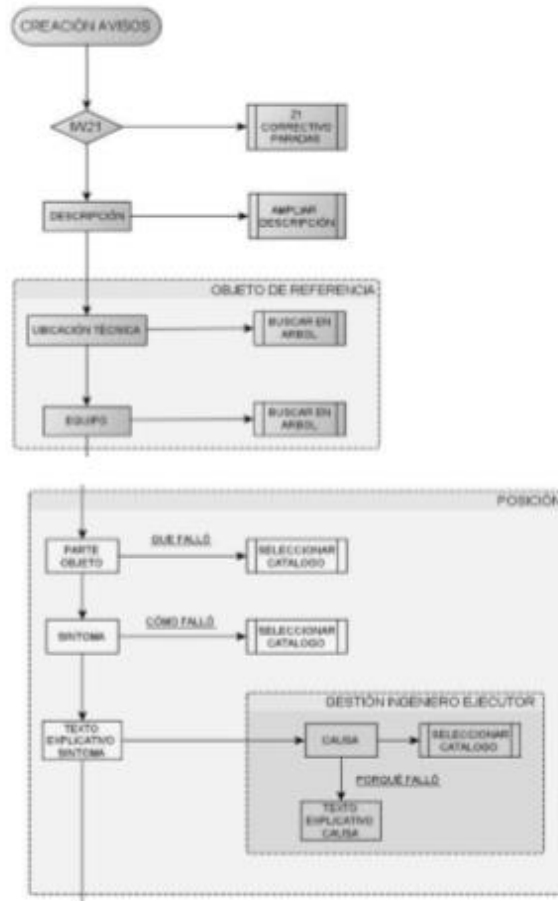
MESA GRAJALES, Dairo H. PINZÓN, Manuel. ORTIZ SÁNCHEZ, Yesid. La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. Scientia Et Technica, 2006.

MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo. Edición 2016. Medellín: Editorial Coldi, 2016. 330 p. ISBN 978-958-98902-0-2

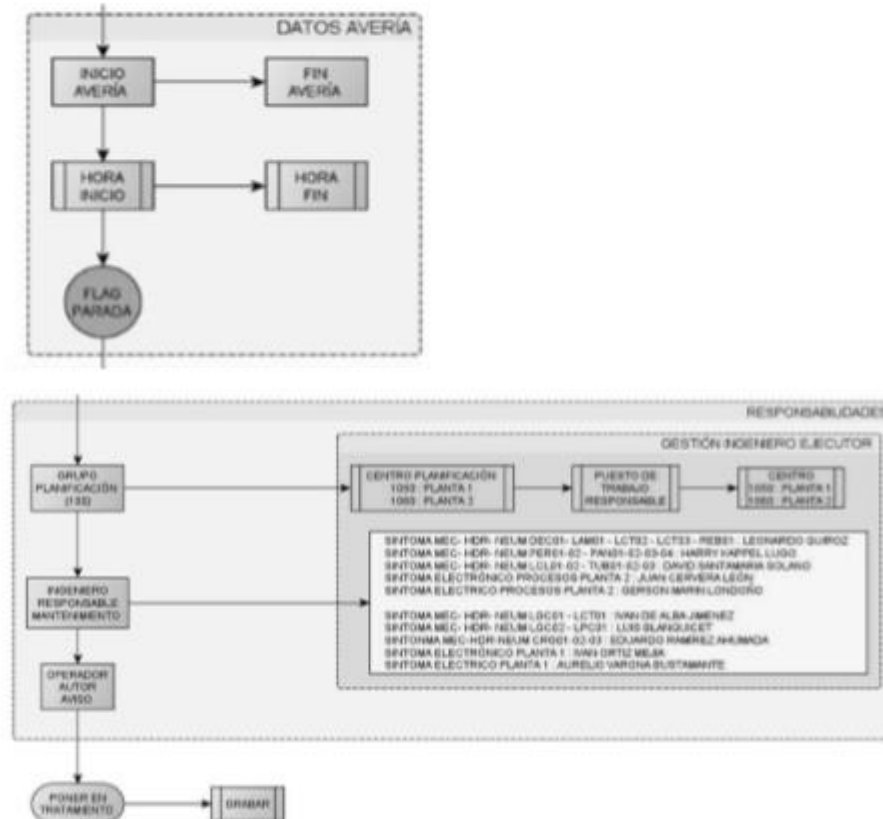
ANEXO A. Creación de un aviso de mantenimiento en SAP

DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

1. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES Y RESPONSABLES



Fuente: Coordinación de planeación de Mantenimiento de ACESCO



1.1. CREACION DE AVISO

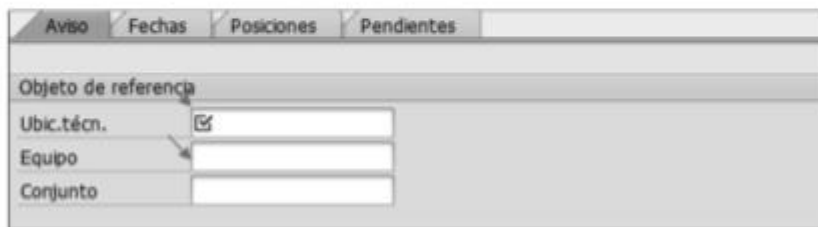
Responsable: Técnico Operador

- Ingresar al Sistema SAP con su respectivo Login y Password. Presionar Enter.
- Aparece Menú Principal del SAP.
- Escoger la transacción IW21: Creación de avisos, luego ingresar el tipo de aviso Z1 en el campo clase de aviso.
- Digitar en el campo "Aviso" la descripción del aviso. Por ejemplo: Daño de bomba hidráulica.

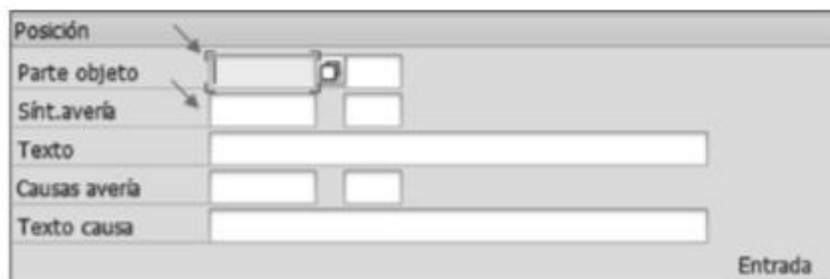
Fuente: Coordinación de planeación de Mantenimiento de ACESCO



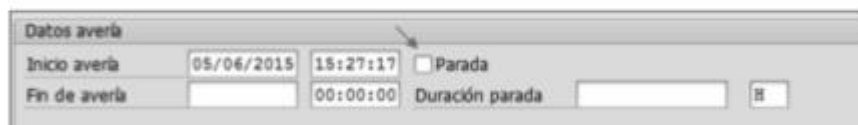
- Seleccionar la ubicación técnica del equipo o del proceso que presentó la falla
- Ingresar el código del equipo al cual se le generará el aviso de parada.



- Ingresar la parte objeto que presenta la falla, para identificarla fácilmente despliegue el catalogo y seleccione la que corresponde
- Ingresar el síntoma de avería que corresponde, para ello despliegue el catalogo y seleccione



- Ingresar datos de fecha y hora (inicial y final) de la ocurrencia de la avería. Siempre debe colocar el flag de parada



NOTA: Para las líneas de proceso que solo se encuentren programadas para trabajar en uno o dos turnos de producción, es necesario tener en cuenta la configuración del tiempo de la avería, para estos casos se debe digitar manualmente la duración de la parada de mantenimiento en caso de que la falla afecte el turno en el cual no opera la línea. Por ejemplo: La línea formadora de tubos 02 – TUB02 ha presentado una falla en el reductor principal de la cortadora al vuelo. Lo que genera una parada desde las 7:00 a.m. del día martes 26 de mayo hasta las 10:00 a.m. del Miércoles 27. La línea sólo se

Fuente: Coordinación de planeación de Mantenimiento de ACESCO

encuentra Programada durante los turnos A y B, es decir, desde las 7:00 a.m. hasta las 11:00 p.m. Para este caso es necesario tener en cuenta lo siguiente que SAP generaría automáticamente un tiempo duración de parada de 27 Horas, siendo que la duración de la parada fue de 19 Horas, dado que las 8 horas restantes corresponden a un tiempo en el cual la línea no se encontraba programada (11:00 p.m. del día 27 de Mayo hasta 7:00 a.m. del 28 de Mayo).

- Ingresar grupo de planificación 100 (mto industrial) y código de responsable según la tabla 1, (tener en cuenta el síntoma de la avería y el respectivo proceso en mención), por ultimo ingrese el autor del aviso que corresponde al operador que lo diligencie, por ejemplo: HNIETO= Hernando Nieto.

Responsabilidades			
Grupo planif.	ES	/	
Pto.tbjto.resp.		/	
Ejecutor de mtt			
Responsable de			
Autor del aviso		Fecha de aviso	05/06/2015 15:27:17




RESPONSABLE AVISOS PARADAS (CENTRO 1060 PLANTA 2)			
SINTOMA	PROCESOS	ING. RESPONSABLE	CODIGO SAP RESPONSABLE
MECANICO, NEUMATICO, HIDRAULICO	DEC01, LAM, LCT02, LCT03, REB01, RCT	LEONARDO QUIROZ	100005267
MECANICO, NEUMATICO, HIDRAULICO	PER01, PER02, PAN01, PAN02, PAN03, PAN04	HARRY KAPPEL LUGO	100000168
MECANICO, NEUMATICO, HIDRAULICO	LCL01, LCL02, TUB01, TUB02, TUB03	DAVID SANTAMARIA	100004063
ELECTRONICO	TODOS LOS PROCESOS PLANTA 2	JUAN CERVERA LEON	100000112
ELECTRICO	TODOS LOS PROCESOS PLANTA 2	GERSON MARIN	100002595
CIVIL	TODOS LOS PROCESOS PLANTA 2	JORGE DE LA ROSA	100000166
MECANICO, NEUMATICO, HIDRAULICO, ELECTRONICO, ELECTRICO	PUENTES GRUA	WILLIAM HERAZO	100000339
RESPONSABLE AVISOS PARADAS (CENTRO 1050 PLANTA 1)			
SINTOMA	PROCESOS	ING. RESPONSABLE	CODIGO SAP RESPONSABLE
MECANICO, NEUMATICO, HIDRAULICO	LGC01, LCT01	IVAN DE ALBA	100000056
MECANICO, NEUMATICO, HIDRAULICO	LGC02, LPC01	LUIS BLANQUICETT	100000287
MECANICO, NEUMATICO, HIDRAULICO	CORRUGADORAS	EDUARDO RAMIREZ	100000344
ELECTRONICO	TODOS LOS PROCESOS PLANTA 1	IVAN ORTIZ MEJIA	100000082
ELECTRICO	TODOS LOS PROCESOS PLANTA 1	AURELIO VARONA	100000069
CIVIL	TODOS LOS PROCESOS PLANTA 1	JORGE DE LA ROSA	100000166
MECANICO, NEUMATICO, HIDRAULICO, ELECTRONICO, ELECTRICO	PUENTES GRUA	WILLIAM HERAZO	100000339

Tabla 1 Listado de responsables según síntomas y procesos

- En el campo prioridad siempre digite 1 – muy elevado

Fuente: Coordinación de planeación de Mantenimiento de ACESCO

Fechas extremas			
Inicio deseado	05/06/2015	15:27:17	Prioridad <input type="text" value="1-muy elevado"/>
Fin deseado	<input type="text"/>	00:00:00	<input type="checkbox"/> Parada
Revisión	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

Finalmente revise la información y presione , luego  y por ultimo  para grabar y liberar el aviso, inmediatamente se genera un numero de aviso.




1.2. GESTION Y CIERRE DEL AVISO

Responsable: Ingeniero de mantenimiento

Luego de diagnosticar y resolver la avería ingrese a la transacción IW22 e ingrese el número del aviso que gestionará.

- Verifique que el código del equipo, parte objeto y sintoma de avería corresponda a la falla presentada, modifique en caso de ser necesario.
- Ingrese la causa de la avería, despliegue el catalogo y seleccione. Describa técnicamente la causa de la falla presentada en texto causa.

Posición	
Parte objeto	<input type="text"/>
Sht. avería	<input type="text"/>
Texto	<input type="text"/>
Causas avería	<input type="text"/>
Texto causa	<input type="text"/>

Finalmente revise la información y presione , luego  y por ultimo  para grabar y liberar el aviso, inmediatamente se genera un numero de aviso.

NOTA: Tener en cuenta que existen avisos de parada que deben estar asociados a órdenes de mantenimiento ZP10 (órdenes correctivas de paradas), los cuales deben cerrarse junto con la orden de mantenimiento a los cuales estén asociados.

ANEXO B. Creación de una orden de mantenimiento a partir de un aviso en SAP



P-546 PROCEDIMIENTO PARA LA CREACIÓN DE ORDENES DE MANTENIMIENTO DESDE UN AVISO

DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO

La orden de mantenimiento es el principal documento dentro de la gestión de Mantenimiento, ya que permite capturar la información técnica, logística y contable de cada trabajo realizado a un equipo (objeto técnico) o sistema (Ubicación técnica); además es el documento base de la información para los registros históricos, en cuanto a costos, repuesto y servicios. Se dividen en órdenes correctivas y en órdenes programadas o Planeadas.

Existen 6 tipos de orden de mantenimiento:

- Ordenes De Mantenimiento Correctiva Emergencia ZP10
- Ordenes De Mantenimiento Correctivo Programado ZP11
- Ordenes de Solicitud Industrial o Mejorativo ZP20
- Ordenes de Solicitud Mejoras Planeadas ZP21
- Ordenes sistemáticas para atender los mantenimientos planeados de los procesos ZP50
- Ordenes sistemáticas para atender actividades fuera de los mantenimientos planeados ZP51

Al gestionar la creación de una orden de mantenimiento se debe tener en cuenta las siguientes definiciones:

- Las Ordenes de Mantenimiento ZP10 y ZP11 deben tener al menos un aviso asociado clase Z1.
- Las OM ZP10 se utiliza para ejecutar intervenciones inmediatas de mantenimiento correctivo, generadas por imprevistos y que generen parada de proceso. Deben tener asociados al menos un aviso Z1 con el flag de parada activo.
- Las OM ZP11 se utiliza para ejecutar intervenciones programadas de mantenimiento correctivo, no soportadas por una actividad del plan (Sistemática) y que no generan paradas de proceso. Deben tener asociados al menos un aviso Z1 y sin el flag de parada activo.

1.1 CREACION DE ORDEN Responsable: Ingeniero de mantenimiento

En transacción IW22: Modificar aviso, ingrese el número del aviso Z1 correspondiente a la parada, para crear la orden directa. Una vez el aviso se encuentre documentado, ir a la pestaña superior: Aviso PM orden crear directo.

Fuente: Coordinación de planeación de Mantenimiento de ACESCO



- En el campo "Clase de orden", ingresar el código que identifica la clase de orden de mantenimiento a crear.(ZP10 o ZP11)
- Ingresar el centro de planificación que corresponde.
- Ingresar la división que corresponde.
- Ingresar el puesto de trabajo del responsable para delimitar el grupo de trabajo que ejecutará dicha orden.



Una vez ingresada esta información podrá visualizar la orden de mantenimiento:

- Ingresar la descripción de la orden directa a crear.

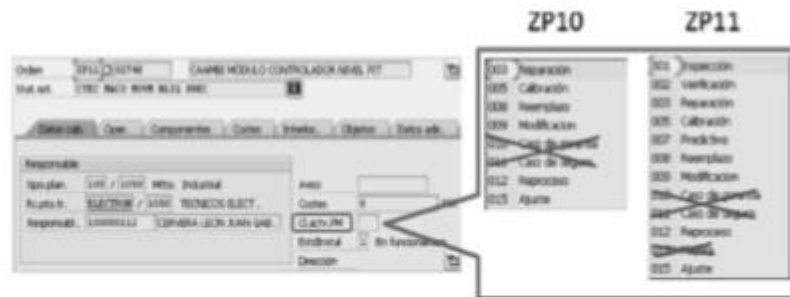
Datos cabecera:

- En Datos cab. (Datos cabecera) se deben realizar los siguientes ingresos:
 - En responsable, ingresar el código del ingeniero responsable de la orden.
 - Cl. Act. PM (Clase de actividad PM) , se debe indicar el tipo de actividad a realizar
 - EstdInstal: Ingresar el número 0, si al generar la orden el equipo se encuentra fuera de servicio. En caso contrario, ingresar el número 1.



NOTAS:

- Todas las órdenes de mantenimiento (OM) deben tener referenciado un responsable en la cabecera.
- Todas las OM deben tener definida una clase de actividad PM. A continuación se muestra una imagen con las clases de actividades que se pueden realizar:



Operaciones:

- En la pestaña de operaciones, verifique que todas las operaciones con claves de control PM01, tengan asignado un tiempo para el trabajo (carga) y una cantidad (capacidad) con la cual se calcula automáticamente la duración de dicha operación.
- En Psto Tbjo (Puesto de trabajo), se debe ingresar el nombre del puesto de trabajo del encargado. Por ejemplo: Ingeniero de mantenimiento, técnico electrónico, etc.
- En Txt.br.operación, ingresar una descripción corta de la tarea a realizar.
- En el campo "Clave de control" se debe ingresar PM01 si el trabajo se realizará con mano de obra interna o PM03 si el trabajo se ejecutará a través de personal externo (contratista).

- Al ingresar la clave PM03 (mano de obra externa) se despliega automáticamente un cuadro de dialogo en donde se debe ingresar los campos - Grupo articulos, el cual se utiliza para identificar los servicios contratados por mantenimiento y no por otra área.
- Grupo compras, es el código del comprador encargado en la sociedad 1000.
- Destinatario, es la persona encargada de recibir el trabajo una vez se ha realizado.
- Solicitante, es el funcionario aprobador de la solicitud de pedido.
- Acreedor, es el código de la empresa contratista ejecutante de la labor.
- N.Servicio, es el código del servicio estandarizado.
- Cantidad, es la cantidad de ese servicio contratado.

Componentes:

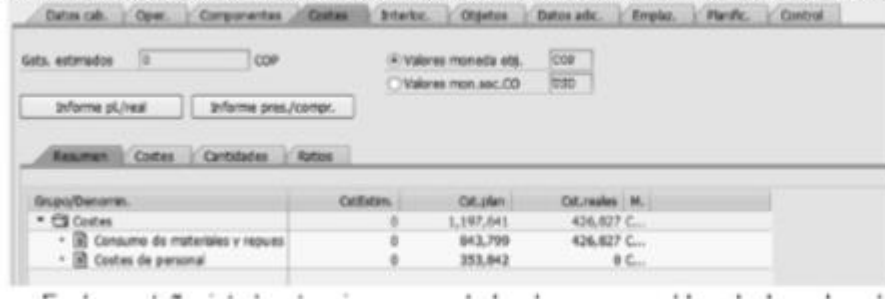
- Para realizar reservas de materiales, seleccionar la pestaña Componentes:
- Ingresar el código asociado al componente del material e inmediatamente aparecerá la descripción del mismo en la casilla "Denomin"
 - Ingresar la cantidad requerida de ese material.
 - En la columna TP (tipo de posición) se debe ingresar la ubicación del material. Por ejemplo, L se refiere a la ubicación en almacén.
 - Se debe ingresar el centro de planificación correspondiente, que es 1050 o 1060, el código del almacén asociado y la operación que le corresponde a ese material.

Costes:

- Es importante revisar los costos totales generados, para esto se debe seleccionar la pestaña Costes:
- En la casilla Cst.plan, aparecerá la sumatoria total de los costos generados en la orden, en esta se muestran los costos en consumo de materiales, repuestos y servicios. Además se tienen los costos por mano de obra, que se encargará de realizar la labor.

Fuente: Coordinación de planeación de Mantenimiento de ACESCO

- En la casilla CstEstim se debe ingresar el costo total estimado teniendo en cuenta el Cst.plan
- En la casilla Cst.reales se muestra el costo total consumido hasta la fecha, de los costos planeados.



Costo estimado: 0 COP

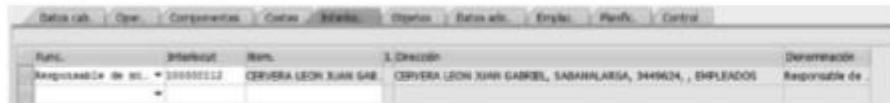
Valores moneda est.: COP

Valores mon. suc.: CO

Informe p./real Informe pres./compr.

Grupo/Denomin.	Cst. Estim.	Cst. plan	Cst. reales M.
Costos	0	1,197,041	426,627 C...
Consumo de materiales y repues	0	843,799	426,627 C...
Costos de personal	0	353,942	0 C...

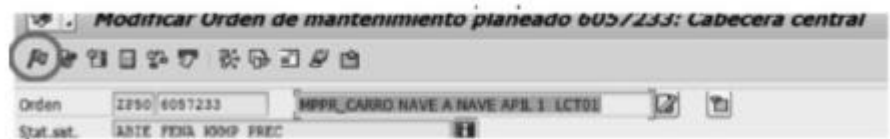
En la pestaña interlocutor, ingresar a todos los responsables de la orden de mantenimiento generada. Una vez se ingresa el código del encargado en la casilla "Interloc", automáticamente aparecerá la descripción del mismo.



Func.	Interloc	Item.	Descripción	Denominación
Responsable de...	200002122	OPVERA LEON XIMR GAR.	OPVERA LEON XIMR GABRIEL, SABANALARGA, 349624, EMPLEADOS	Responsable de...

1.2 LIBERAR LA ORDEN

Responsable: Ingeniero de mantenimiento
Una vez la orden se encuentre documentada, se procede a la liberación de la misma.



Modificar Orden de mantenimiento planeado 605/233: Cabecera central

Orden: 2290 6057233 MPPR_CARRO NAVE A NAVE APIL 1 LCT01

Stat. act.: ANTE FECHA 3000 PREC

Luego de liberar la orden realizada, se procede a guardar dicha orden en el icono guardar, tal como se muestra en la siguiente imagen:

Orden: ZP11 6009363 AVISO PARA CREAR ORDEN DIRECTA

Stat.est.: ABIE 0877 FERR 9909 FREC

Responsable

Gpo.plen.: 100 / 1050 Mtra. Industrial

Respto.tr.: ELECTRIC / 1000 TECNICOS ELECT.

Responsabl.: []

Aviso: 10051052

Costes: 0 COP

Clactv.PM: []

Est@instal: 0 Fuera de servic.

Dirección: []

Fechas

Inc.entr.: 07/24/2013

Fin.entr.: 07/24/2013

Prioridad: 3-medio

Revisión: []

Objeto de referencia

Ubic.téc.: 1050-INDCARE-10C01

Equipo: 10002190

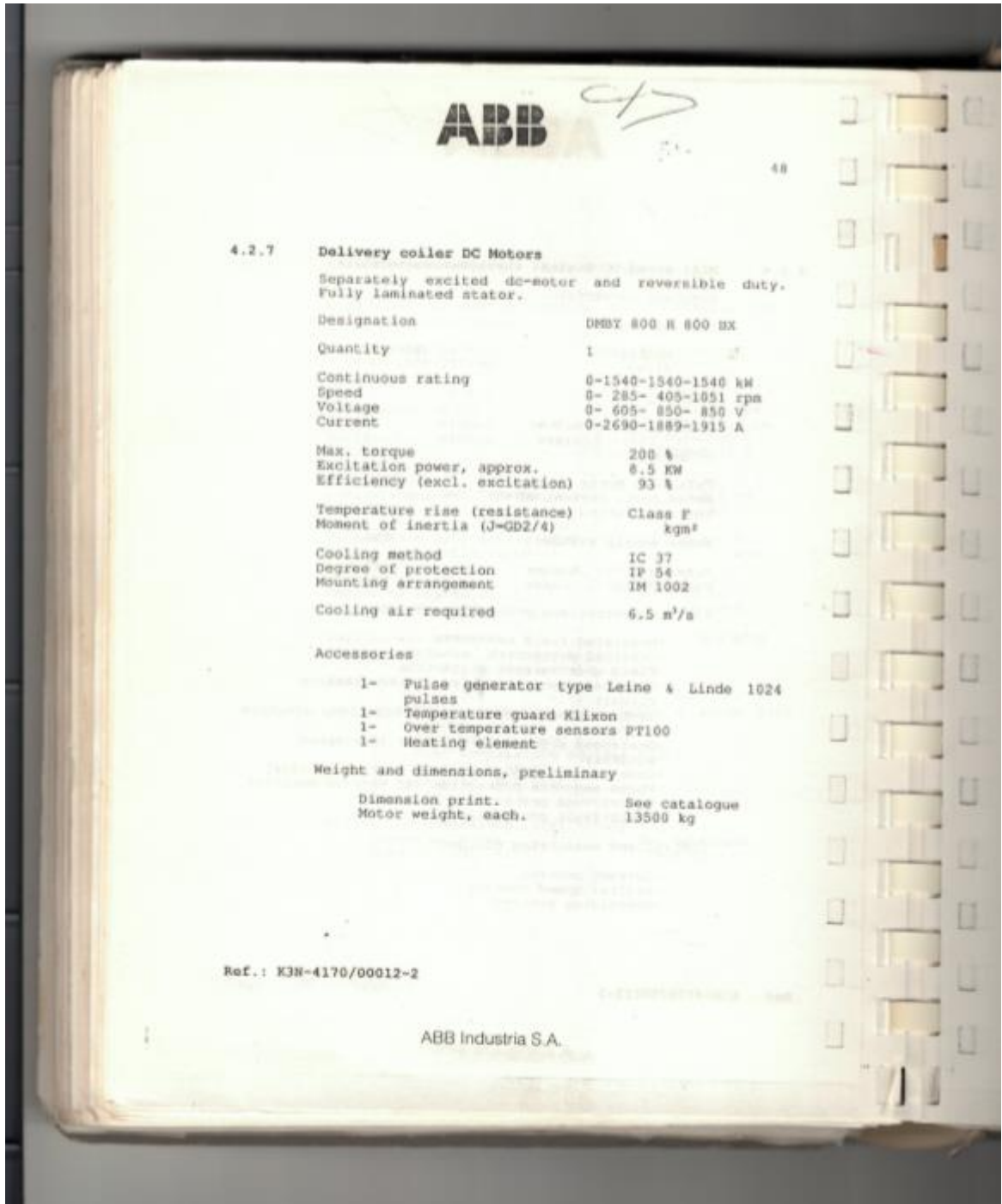
Brida en acumulador ent salida

MOTOR 1 BRIDA 2 LCC01

Por último, el sistema genera un número único para esta orden.


NOTA: Este procedimiento aplica para la generación de ordenes ZP10 y ZP11.

ANEXO C. Especificaciones técnicas del motor DC de la bobinadora de salida



Fuente: Archivo de información técnica de ACESCO

ANEXO D. Especificaciones técnicas del motor AC de la bobinadora de salida


Cold Mill (Cosim) AC Drives and Motor Upgrade
ACESCO Steel – Colombia

3.1 ABB Solution

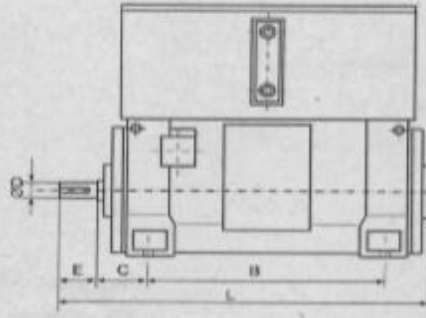
3.1.1 ABB Exit Tension Reel AC Motor

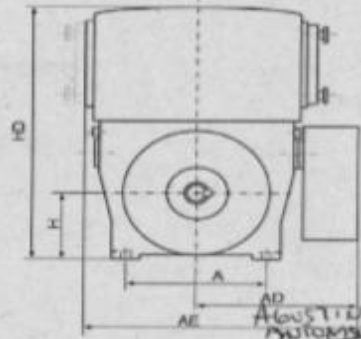
A new AC motor shall replace the existing DC motor.

The recommended AC motor has the following characteristics:

Item	Remark
Power	1540kW
Voltage	690Vac
Current @ base speed	2924A
Speed	0-285-1050rpm
Overload	150% for 20 sec. every 300 sec.
Connection	D/D (1 winding)
Class of rating	S1
Cooling method	IC 86 W
Coolant Temperature / Flow	32°C / 16 m ³ /h
Dimensions	L= 3600mm, H= 710mm, AE=2560mm, HD= 2550mm
Weight	Approx. 16000kg
Type	AC Asynchronous

**Preliminary data to be confirmed during design meeting*





Preliminary AC Motor drawing and dimensions

Document Reference: TP0820H15 Annex A Rev 06 - Technical Specification
 Copyright © of MINO Automation S.L and MINO Process Control Ltd. All rights reserved.

AGUSTO CHARRA
CUSTOMER'S REPRESENTATIVE

Page 9 of 19
April 8th 2016

Fuente: Archivo de información técnica de ACESCO