

COMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO PARA LOS PUENTES GRÚA DEL ÁREA DE LAMINACIÓN DE
LA EMPRESA GERDAU DIACO

PAULA ALEJANDRA LÓPEZ ZAMBRANO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
TUNJA-BOYACÁ
2020

COMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO PARA LOS PUENTES GRÚA DEL ÁREA DE LAMINACIÓN DE
LA EMPRESA GERDAU DIACO

PAULA ALEJANDRA LÓPEZ ZAMBRANO

Trabajo de grado presentado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Director
LUIS FERNANDO ACOSTA JOYA
Ingeniero Mecánico

Codirector
CARLOS ALBERTO LEÓN MEDINA
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
TUNJA-BOYACÁ
2020

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Tunja, 29 de mayo de 2020

DEDICATORIA

Dedico este proyecto primero que todo a Dios, por sus infinitas bendiciones, por darme la vida y permitirme culminar este importante logro, por brindarme la sabiduría necesaria para afrontar las adversidades que se presentaron en el camino y guiar mis pasos en todo momento, a mis padres por brindarme las posibilidades de cumplir mis sueños mediante su valioso esfuerzo, por ser un gran ejemplo a seguir y motivarme día a día para salir adelante a pesar de los problemas que se pueden presentar y enseñarme que en la vida todo se puede lograr con esfuerzo, a toda mi familia por siempre brindarme su apoyo incondicional y ser parte fundamental de este proceso.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Santo Tomás por brindarme las herramientas necesarias para dar inicio a mi vida profesional, a cada uno de los docentes de la facultad de Ingeniería Mecánica que contribuyeron en este proceso de aprendizaje, a la empresa Gerdau Diaco por abrirme las puertas y por el conocimiento aportado, a mi familia por ser mi motor principal e impulsarme a ser mejor cada día y a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a mi formación personal, académica y profesional.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
1 OBJETIVOS.....	15
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2 DEFINICION DEL PROBLEMA.....	16
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
2.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	17
3 DELIMITACIÓN.....	18
4. MARCO REFERENCIAL.....	19
4.1 MARCO TEÓRICO.....	19
4.1.1 Grúas.....	19
4.1.2 Puente grúa.....	19
4.1.3 Partes de un puente grúa.....	19
4.1.4 Repuestos críticos.....	21
4.1.5 SAP.....	21
4.1.6 Inspecciones.....	22
4.1.7 Criticidad.....	22
4.1.8 Estándares.....	22
4.1.9 Isolucion.....	23
4.2 ESTADO DEL ARTE.....	24
4.2.1 Propuesta de mejora al proceso de gestión de mantenimiento y procura de repuestos para equipos de control de acceso empleado en las instalaciones de una empresa de consumo masivo, a nivel nacional.....	24
4.2.2 Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo.....	24
4.2.3 Plan de mantenimiento de puentes grúas con capacidad de 10 toneladas.....	24
4.2.4 Propuesta de mejora de la gestión de repuestos.....	25
4.2.5 Análisis de la rentabilidad de cambio de componentes de alta gama.....	25
4.2.6 Prevención de defectos en los puentes grúas.....	25

4.2.7	Inspección de seguridad y análisis de tareas	26
4.2.8	Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para un taller de mecánica de precisión.	26
4.2.9	Diseño e implementación de un plan de mantenimiento en una empresa metalmeccánica.	26
4.2.10	Modelo de jerarquización de equipos en función de su criticidad aplicada a un sistema tranviario.....	26
5.	METODOLOGÍA	28
5.1	ETAPA 1: RECONOCIMIENTO DE EQUIPOS	28
5.1.1	Inventario de equipos	28
5.2	ETAPA 2: GESTIÓN DE FORMATOS	28
5.2.1	Formatos de repuestos críticos.	28
5.2.2	Formato de hojas de vida.	28
5.2.3	Formato de inspección	29
5.2.4	Formato de estandarización	29
5.3	ETAPA 3: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	29
5.3.1	Frecuencias de los cambios de repuestos.....	29
5.3.2	Hoja de vida	29
5.4	ETAPA 4: REALIZACIÓN DE INSPECCIONES	30
5.5	ETAPA 5: ACTUALIZACIÓN Y ELABORACIÓN DE ESTANDARES	30
5.6	ETAPA 6: ESTANDARIZACIÓN EN ISOLUCIÓN	30
5.7	ETAPA 7: ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE FRECUENCIA DE CAMBIO DE REPUESTOS CRÍTICOS.....	30
6.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	31
6.1	RECONOCIMIENTO DE EQUIPOS.....	31
6.1.1	Identificación de mantenimiento	32
6.1.2	Gestión de repuestos	33
6.1.3	Identificación de proceso de estandarización	34
6.1.4	Análisis de criticidad.....	34
6.1.5	Identificación de componentes de puentes grúa.....	38
6.2	GESTION DE FORMATOS.....	50
6.2.1	Formatos de repuestos críticos	50
6.2.2	Formato de hojas de vida	51
6.2.3	Formato de inspección	52

6.2.4	Formato de estandarización.....	52
6.3	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	54
6.3.1	Hoja de vida.....	54
6.3.2	Identificación de repuestos críticos.....	56
6.4	REALIZACIÓN DE INSPECCIONES.....	62
6.5	ACTUALIZACIÓN Y ELABORACIÓN DE ESTÁNDARES.....	62
6.6	ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE FRECUENCIA DE CAMBIOS PARA REPUESTOS CRÍTICOS.....	64
7.	CONCLUSIONES.....	71
8.	RECOMENDACIÓN.....	72
	BIBLIOGRAFÍA.....	73

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Ubicación técnica puentes grúa de laminación.	32
Tabla 2. Identificación del tipo de mantenimiento.	33
Tabla 3. Evaluación de factores de criticidad.	36
Tabla 4. Análisis de criticidad ABC según matriz.	37
Tabla 5. Análisis de criticidad ABC de repuestos críticos.	58
Tabla 6. Análisis del diagrama espina de pescado.	60
Tabla 7. Estándares actualizados y elaborados.	63
Tabla 8. Historial de fallas.	66
Tabla 9. Promedio general historial de fallas.	67

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación puentes grúa laminación.	31
Figura 2. Diagrama de Pareto puentes grúa de laminación.	35
Figura 3. Diagrama de flujo para clasificación de equipos.	37
Figura 4. Rueda chumacera dividida.	39
Figura 5. Rueda de carcasa dividida.....	39
Figura 6. Eje de transmisión entre motorreductor y rueda del puente.	40
Figura 7. Riel de electrificación con cable festoon.	41
Figura 8. Carros portacable.	42
Figura 9. Brazo de arrastre.	42
Figura 10. Polipasto.....	43
Figura 11. Posición motorreductores puente.....	44
Figura 12. Motorreductor traslación carro.	45
Figura 13. Elementos de fijación.....	46
Figura 14. Pasteca.....	46
Figura 15. Polea de reenvió.....	47
Figura 16. Cable metálico.....	47
Figura 17. Paso regular derecho.....	48
Figura 18. Cable enrollado en tambor.....	49
Figura 19. Rieles de alimentación.....	50
Figura 20. Formato inicial, repuestos críticos.....	51
Figura 21. Formato inicial, Hoja de vida.....	51
Figura 22. Formato de estandarización.....	53
Figura 23. Código formato.....	54
Figura 24. Diagrama de flujo Software.....	56
Figura 25. Diagrama de Pareto repuestos críticos.....	57
Figura 26. Diagrama de espina de pescado cable metálico.....	59
Figura 27. Isolucion-Manejo de documentos.....	64
Figura 28. Isolucion-Manejo de documentos.....	64
Figura 29. Disponibilidad (enero-septiembre 2019).....	69
Figura 30. Disponibilidad promedio 2019.....	70

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Formato De Inspección
- Anexo B. Hoja De Vida
- Anexo C. Formato De Estándar Diligenciado
- Anexo D. Frecuencia De Cambios De Repuestos

GLOSARIO

AREA DE LAMINACION: área de la empresa en la cual se realiza la producción de distintos tipos de varilla y ángulos con la palanquilla, mediante el paso de esta a través de las cajas laminadoras.

DIAGRAMA DE PARETO: diagrama mediante el cual se identifica el 80% de las consecuencias de un suceso que es causado por el 20% de las causas.

FACILITADORES: término empleado por Gerdau Diaco para nombrar a los jefes de área de la empresa.

LUZ: distancia entre los puntos de apoyo o vigas estructurales del puente grúa que definen el largo de las vigas del puente.

MANTENEDORES: término utilizado en Gerdau Diaco para referirse a los técnicos encargados del mantenimiento en las diversas áreas de la empresa.

NAVE: espacio encontrado entre el largo de dos vigas estructurales en determinada área de una planta.

PALANQUILLA: es una barra de acero de forma rectangular, la cual se obtiene después del proceso de refrigeración y moldeo del acero líquido y es el elemento al cual se realiza el proceso de laminación para obtener los distintos productos que fabrica la empresa.

RAMALES: número de veces que el cable metálico baja y sube desde del tambor hasta las poleas.

UTILIDADES: área de la empresa la cual se encarga de atender distintos requerimientos y/o tareas de mantenimiento en las demás áreas de la planta (acería, laminación, planta de agua, coproductos), complementando con ayuda técnica.

VIGAS ESTRUCTURALES: son aquellas estructuras que se encuentran en la parte superior de la nave las cuales se emplean como apoyo para el desplazamiento de los puentes grúa.

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza una complementación del programa de mantenimiento preventivo que se encuentra implementado para los 17 puentes grúa del área de laminación de la siderúrgica Gerdau Diaco planta Tuta, teniendo en cuenta la importancia que los puentes grúa representan a lo largo del proceso de fabricación del acero, se considera necesario mejorar la vida útil del equipo realizando un enfoque en sus componentes críticos, teniendo en cuenta sus condiciones de trabajo y las horas de operación con las cuales los equipos deben cumplir.

Mediante la previa identificación del programa de mantenimiento se determinaron acciones necesarias para generar una mejora de este, con base en lo faltante y a su vez necesario para disminuir el mantenimiento correctivo y aumentar la disponibilidad de los equipos.

Dentro de estas acciones a realizar se ejecutaron las siguientes: diligenciamiento de hojas de vida de los equipos, determinación de los repuestos críticos con los cuales cuentan los puentes grúa y a su vez se estableció una frecuencia de cambio para estos componentes, con base en el historial registrado en la hoja de vida, además, se realizaron inspecciones periódicas con el fin de mejorar la disponibilidad de los puentes grúa y por último, se realiza el proceso de estandarización de acciones rutinarias.

A partir de la realización de las acciones anteriormente mencionadas, se cumplió a cabalidad con el objetivo del proyecto, donde se complementó el plan de mantenimiento preventivo. Con base en la hoja de vida, se realizó el seguimiento del cumplimiento y cierre de órdenes de trabajo por parte de los mantenedores y como resultado se obtuvo una mejora en la disponibilidad de los puentes grúa de laminación, por lo tanto, se dejaron establecidos los procedimientos realizados y necesarios, con el fin de dar continuidad a su desarrollo y en un corto plazo aumentar la disponibilidad de los equipos del área.

INTRODUCCIÓN

Gerdau Diaco es una compañía líder en la producción de aceros largos en el continente y gran distribuidor de los mismos a distintos países tanto europeos como latinoamericanos, así mismo cuenta con 3 plantas productivas en el país. Al posicionarse en dicho nivel en el mercado del acero la empresa debe asegurar procesos estables y altamente confiables, evitando de esta forma dar lugar a posibles fallas las cuales pueden ocasionar grandes pérdidas.

Actualmente el mantenimiento juega un papel muy importante en las empresas de los distintos sectores y Gerdau Diaco no es la excepción, día a día se busca llevar a cabo una mejora continua de los procedimientos realizados en todas sus áreas y el mantenimiento se va desarrollando mediante la aplicación de sistemas y técnicas avanzadas, sin embargo, se ignoran aspectos pequeños pero importantes para la empresa.

La empresa cuenta con 17 puentes grúa instalados en el área de laminación, estos equipos son de gran importancia, ya que dan continuidad a los procesos de producción, por lo tanto, es necesario que cuenten con un plan de mantenimiento preventivo completo y así evitar paradas correctivas.

Teniendo en cuenta lo anterior se deben tomar acciones complementarias para mejorar el mantenimiento preventivo de los puentes grúa y sus indicadores, prolongando de esta forma la vida útil de los equipos y de sus respectivos componentes.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Complementar el programa de mantenimiento preventivo de los puentes grúa en el área de laminación de Gerdau Diaco planta Tuta.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el plan de mantenimiento con el cual cuentan los puentes grúa del área de laminación e identificar sus componentes.
- Realizar la hoja de vida de cada equipo con sus respectivas especificaciones técnicas y su histórico correspondiente.
- Determinar los repuestos críticos y la frecuencia para el cambio de los mismos.
- Elaborar la estandarización de los procedimientos ejecutados en los puentes grúa del área de laminación y subirlos al programa Isolución.

2 DEFINICION DEL PROBLEMA

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el sector industrial existen innumerables compañías las cuales requieren de maquinaria o equipos claves para llevar a cabo su proceso de producción, por lo tanto, sin estos no se podría desarrollar adecuadamente las actividades necesarias en la empresa, viéndose de esta forma afectado el proceso y así mismo se generaría incumplimiento con los clientes. Con base en lo anterior se requiere mantener una disponibilidad máxima de dichos equipos, implementando el tipo de mantenimiento adecuado para garantizar su vida útil.

En GERDAU DIACO se lleva a cabo la producción de acero mediante la utilización de chatarra como materia prima del proceso, para el cual se requiere de maquinaria, la cual cumpla con determinadas funciones, como lo son los puentes grúa. Estos equipos se encuentran presentes a lo largo del proceso de fabricación de los distintos productos que elabora la empresa, es decir, desde la fundición de la chatarra (cargando la cuchara con acero líquido), hasta el cargue del producto fabricado en el medio de transporte para su distribución.

Actualmente con ayuda del software SAP se realizan mantenimientos correctivos, preventivos y correctivos planeado a los puentes grúa, este hace referencia a que se identifica la falla del equipo, ya sea mediante el reporte del operario de la grúa a los mantenedores encargados o durante la realización de otro trabajo en los puentes. La reparación puede esperar y de esta forma se programa el día de mantenimiento, creando una orden de trabajo en SAP, donde se establece una prioridad dependiendo la urgencia con la que se requiera realizar el mantenimiento.

Para el mantenimiento preventivo que se lleva a cabo, se encuentran los planes creados en SAP, con base a una frecuencia determinada se crea una orden de mantenimiento para realizar al respectivo equipo. Estas órdenes consisten en ejecutar el mantenimiento de la grúa programada donde se realizan tareas como revisar sus componentes, ajustes, lubricación, y aseo de la misma.

Sin embargo, los operarios no llevan un registro de los cambios que realizan a cada equipo, considerándose esta acción clave, ya que así se podría determinar la frecuencia de cambio preventiva, con la cual se deberían ejecutar los cambios de dichos repuestos y también se tendría en cuenta la cantidad de estos con la que se debe contar en almacén.

Igualmente, no están definidos los repuestos críticos que pueden llegar a ser requeridos, lo cual es de gran importancia al tener presentes factores como el tiempo de entrega del repuesto y su costo. El no contar con los repuestos

críticos puede comprometer los equipos, provocando fallas graves y originando interrupciones en el proceso e incluso generar un accidente.

Teniendo en cuenta lo anterior, se requiere implementar ciertas acciones complementarias para realizar una mejora en el programa de mantenimiento de los equipos, de esta forma aumentar la vida útil de los mismos y reducir los tiempos muertos y los mantenimientos correctivos de estos.

Evitando también: posibles fallas las cuales puedan llegar a afectar de forma considerable el equipo, pérdidas monetarias en cuando a la reparación o cambio de este, en el proceso de producción ocasionando paradas o en cuanto a pérdidas humanas.

2.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Es posible complementar el plan de mantenimiento establecido para los puentes grúa del área de laminación de Gerdau Diaco y de esta forma mejorar la efectividad del mantenimiento preventivo, la disponibilidad y vida útil de los equipos?

3 DELIMITACIÓN

Llevar a cabo un mantenimiento adecuado es de gran importancia, pero de igual forma es una tarea laboriosa, ya que se deben tener en cuenta distintos factores para realizar la gestión indicada de este y así mismo obtener resultados positivos mediante la implementación, mejora o ejecución del programa de mantenimiento.

La complementación del programa de mantenimiento preventivo, que se encuentra establecido para los puentes grúa de Diaco planta Tuta, se realiza a los 6 puentes grúa de mayor criticidad, que se encuentran ubicados en el área de laminación de la planta, donde inicialmente se establece para estos equipos, teniendo en cuenta su criticidad con base a los tiempos de parada ocasionados por fallas y las horas de trabajo con las cuales deben cumplir. Los 6 puentes grúa son:

- Puente grúa #1 nave de palanquilla
- Puente grúa #2 nave de palanquilla
- Puente grúa #3 nave de palanquilla
- Puente grúa #1 nave de bodega
- Puente grúa #2 nave de bodega
- Puente grúa #3 nave de bodega

Cabe aclarar que en total se encuentran 17 puentes grúa en el área de laminación y las acciones tomadas para la complementación del plan pueden realizarse también en los equipos restantes. Los 17 puentes grúa son:

- Puente grúa #1 nave de palanquilla
- Puente grúa #2 nave de palanquilla
- Puente grúa #3 nave de palanquilla
- Puente grúa #1 nave de bodega
- Puente grúa #2 nave de bodega
- Puente grúa #3 nave de bodega
- Puente grúa #1 retiro de producción
- Puente grúa #2 retiro de producción
- Puente grúa #1 talleres
- Puente grúa #2 talleres
- Puente grúa máquinas y herramientas
- Puente grúa taller guías tren 2
- Puente grúa taller guías tren 3
- Puente grúa #1 tren 2
- Puente grúa #2 tren 2
- Puente grúa #1 tren 3
- Puente grúa #2 tren 3

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO TEÓRICO

4.1.1 Grúas. Es una máquina cuya principal función es realizar el levantamiento y/o desplazamiento de grandes cargas, estas funcionan mediante la aplicación de diversos principios mecánicos, se pueden encontrar en distintas formas según la función que vayan a desarrollar y en distintos espacios, ya sea en obras civiles o a nivel industrial, así mismo se pueden distinguir distintos tipos de grúas, grúas pórtico, semiótico, grúa torre, puente grúa.

4.1.2 Puente grúa. Como se mencionó anteriormente entre los tipos de grúas existentes se encuentra el puente grúa, este está compuesto por una o dos vigas principales y se encuentra en la parte superior de la nave sobre la estructura de la misma; este se utiliza principalmente a nivel industrial y se emplea para realizar el traslado del producto por las distintas etapas del proceso de fabricación.

Existen distintos tipos de puentes grúa según ciertas características, dentro de esta clasificación se pueden encontrar¹:

- **Según mando.**

El mando de un puente grúa puede ser desde piso, mediante un sistema de control remoto (botonera) o desde cabina, esta va instalada en la parte superior haciendo parte y desplazándose de igual forma con el puente, donde el operario tiene un tablero de control.

- **Según su tamaño.**

Entre estas se pueden encontrar las grúas pórtico, puente grúas, grúa torre, grúa telescópica, grúa móvil, grúa estática, grúas marítimas, entre otras, cada tipo de grúa se utiliza dependiendo el trabajo a realizar.

- **Según su estructura.**

Dentro de esta clasificación pueden encontrarse grúas monorriel, las cuales poseen solamente una viga principal, y birriel, la cual posee dos vigas principales sobre las cuales se desplaza el carro a lo largo del puente.

4.1.3 Partes de un puente grúa. Entre las partes principales de un puente grúa se encuentran las siguientes:

¹ Grúas, [online]. [citado 18 de octubre del 2019].

- **Cable.**

El cable es un elemento el cual permite elevar la carga, puede ser fabricado en distintos materiales y numerosos diámetros, teniendo en cuenta la capacidad que deba soportar. El cable está compuesto por 3 partes:

- Cordones o torones: son aquellos que se encuentran enrollados alrededor del alma.
- Hilos o alambres: son aquellos que mediante la unión de varios hilos conforman un torón.
- Alma: es el centro del cable y puede ser fabricada en acero o fibra.

- **Gancho.**

Es el dispositivo mediante el cual se sujeta directamente la carga (con ayuda de accesorios) y a su vez permite elevarla y transportarla, se encuentra ubicado en un extremo del cable.

- **Ruedas.**

Las ruedas permiten el desplazamiento tanto del carro de forma trasversal sobre la(s) viga(s), como del puente sobre los rieles a lo largo de la estructura sobre la cual se encuentran, por lo tanto, estas ruedas son acanaladas para encajar en el riel. Las ruedas pueden ser fabricadas en fundición nodular o en acero SAE 4140.

- **Tambor.**

Es un cilindro acanalado en el cual encaja el cable donde este se fija de un extremo al tambor y se va enrollando o extendiendo dependiendo el trabajo a realizar. El tambor posee un eje interno y rodamientos, elementos los cuales permiten el giro de este.

- **Polipasto.**

Es el mecanismo de elevación de la carga, este está compuesto por distintos componentes como motor, reductor, tambor, cable, eje de transmisión, polea fija, transversa.

- **Pasteca.**

Es el conjunto de elementos con los cuales se lleva a cabo el izaje de la carga, entre estos se encuentran el gancho, poleas, ejes internos y rodamientos.

- **Testeros.**

Se encargan de desplazar la viga principal del puente sobre el camino de rodadura a lo largo de la estructura.

- **Camino de rueda.**

Elemento sobre el cual se lleva a cabo el desplazamiento del puente grúa.

- **Accesorios de izaje.**

Son aquellos elementos que se utilizan para realizar el izaje de cargas, estos accesorios pueden ser eslingas, cadenas o cables.

- **Cabina.**

Es el espacio en el cual se ubica el puesto de trabajo del operador del puente grúa, desde allí controla todos los movimientos de este.

- **Carro.**

Es el elemento el cual en conjunto con el polipasto se realiza el movimiento transversal de la carga.

4.1.4 Repuestos críticos. Aquellos repuestos que representan gran importancia para el equipo, estos son considerados como críticos teniendo en cuenta el tiempo de llegada después de solicitados al proveedor, considerando, además, que algunos de estos repuestos son importados y pueden tardar meses en llegar.

4.1.5 SAP². Por sus siglas en inglés “Systems, Applications, Products in Data Processing” en español significa “Sistemas, Aplicaciones y Productos para el procesamiento de datos”, es un software creado con el fin de ejecutar una gestión empresarial acorde con las necesidades de cada empresa, el SAP cuenta con la integración de distintos módulos los cuales se implementan a cada área y/o departamento, contando con las debidas herramientas para llevar un control óptimo en el desarrollo diario de las tareas. El programa a su vez permite relacionar la información de todas las áreas.

El software SAP está compuesto por los siguientes módulos:

² Granada Serrano, J. A. Desarrollo de procedimientos para la ejecución del modelo de planificación de mantenimiento en el sistema SAP para la empresa Perfilamos del Cauca SA, [online]. Agosto de 2009. [citado 18 de octubre del 2019]. (Bachelor's thesis, Universidad Autónoma de Occidente).

- **Ventas y distribución (SD):** apoya los procesos de ventas y facturación.
- **Materiales (MM):** apoya las actividades de abastecimiento de materiales para producción e insumos de la planta.
- **Producción (PP):** planificación y control de producción.
- **Calidad (QM):** apoyo al control de la calidad.
- **Mantenimiento (PM):** planificación y ejecución de actividades de mantenimiento.
- **Recursos humanos (HR):** la planificación y control total del personal.
- **Finanzas (FI):** movimiento de flujo y dinero.
- **Contraloría (CO):** movimientos de costo y flujo de dinero.
- **Sistemas de proyectos (PS):** administración de proyectos.

A su vez los módulos están conformados por transacciones las cuales son un conjunto de caracteres que conforman cada módulo de SAP; estas realizan una actividad determinada, por ejemplo, en el módulo PM existen transacciones mediante las cuales se puede realizar la creación de ubicación de equipos, creación modificación o visualización de órdenes de trabajo, reservar repuestos de almacén, generar la orden de compra de repuestos y/o componentes, entre otras.

4.1.6 Inspecciones. Es una herramienta empleada con el fin de asegurar y/o verificar el correcto funcionamiento de determinados equipos mediante la observación y revisión de estos, al mismo tiempo garantizar la seguridad de los operarios que intervienen en el proceso, detectando riesgos y tomando las medidas necesarias, previniendo de esta forma posibles accidentes por una falla que se pudo haber identificado con anterioridad, por lo tanto las inspecciones se deben realizar con una frecuencia determinada teniendo en cuenta la criticidad del equipo.

4.1.7 Criticidad. La criticidad es un indicador de riesgo, el cual permite establecer prioridades para tratar un determinado equipo y sus respectivos componentes teniendo en cuenta distintos factores. Para determinar dicha criticidad de los equipos y los componentes de los mismos, en Gerdau Diaco se utiliza la matriz de calificación ABC, donde se tienen en cuenta criterios como: seguridad, calidad, régimen de trabajo, atención, frecuencia y costo; así se califican los equipos:

- A: Criticidad alta
- B: Criticidad media
- C: Criticidad baja

4.1.8 Estándares. Son documentos los cuales contienen la descripción del paso a paso que se realiza en el momento de ejecutar alguna tarea de rutina, y se debe realizar de esa forma por el mantenedor encargado, estos documentos

son de gran importancia en la empresa, ya que en el momento que ocurra algún accidente, se procede a evaluar el seguimiento del estándar o determinar si hubo alguna acción fuera del mismo.

4.1.9 Isolución³. Es el software implementado en Gerdau Diaco donde se lleva el control del sistema de gestión de calidad, en este programa se encuentra parte de la documentación de la empresa y está compuesto por los siguientes módulos:

- Documentación.
- Mejoramiento.
- Indicadores.
- Auditorias.
- Actas.
- Mapa de Procesos.
- Tableros de control avanzados.
- Clientes.
- Talento humano.
- Calibración de equipos.
- Proveedores.
- Administración.
- Riesgos.
- Planeación Estratégica.
- SARO.
- Ambiental

³ Isolución, [online]. [citado 18 de octubre del 2019].

4.2 ESTADO DEL ARTE

4.2.1 Propuesta de mejora al proceso de gestión de mantenimiento y procura de repuestos para equipos de control de acceso empleado en las instalaciones de una empresa de consumo masivo, a nivel nacional. En este trabajo se ve una serie de propuestas para mejorar la gestión de mantenimiento en la empresa venezolana Polar, donde además se debe mejorar la gestión de repuestos, ya que en esta empresa se aplicaba mantenimiento correctivo y no se manejaba un stock por lo tanto si se presentaba una falla debían parar el proceso y esperar la llegada del repuesto, debido a que muchos de estos eran importados. Este trabajo se puede aplicar al proyecto ya que se ve la necesidad de dar gran prioridad a los repuestos críticos y principalmente a aquellos que deben ser importados para así evitar paradas y por lo tanto pérdidas de tiempo y económicas⁴.

4.2.2 Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. En este artículo se habla de una propuesta la cual implementa una metodología determinada para llevar a cabo la gestión de un mantenimiento adecuado, a través de la mejora continua, mediante la aplicación de algunas herramientas propias de mantenimiento y la ejecución de distintas actividades. De este artículo hay factores relevantes los cuales se pueden considerar en el proyecto como, por ejemplo, tener en cuenta los elementos mencionados para realizar la identificación de los repuestos críticos en base al análisis de criticidad previo de los equipos⁵.

4.2.3 Plan de mantenimiento de puentes grúas con capacidad de 10 toneladas. En este trabajo se lleva a cabo la realización de un plan de mantenimiento para puente grúas, dentro de este se muestra el desarrollo del plan realizado, donde se crearon los respectivos formatos como: el correspondiente al plan de mantenimiento, se realizó un cronograma, una lista de revisión, un historial del equipo, se realizó un inventario y codificación de los equipos, bitácoras, ordenes de trabajo, inspecciones, manuales de mantenimiento, entre otros⁶. En base a este trabajo se pueden tomar tipos y factores que se tienen en cuenta para la ejecución de las inspecciones, además se ve la creación de un cronograma con frecuencias de mantenimiento establecidas a lo largo del año, con actividades a realizar dependiendo el

⁴ DE GRADO, T. E. Propuestas de mejoras a los procesos de gestión de mantenimiento y procura de repuestos para equipos de control de acceso, empleados en las instalaciones de una empresa de consumo masivo, a nivel nacional, [online]. febrero 2017. [Citado 18 de octubre del 2019].

⁵ VIVEROS, P, *et al.* Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo, [online]. 2013. [citado 18 de octubre del 2019]. Ingeniar. Revista chilena de ingeniería, 21 (1), 125-138.

⁶ GALARZA Jaramillo, J. G. (2012). Plan de mantenimiento de un puente grúa con capacidad de diez toneladas, [online]. octubre 2012. [citado 18 de octubre del 2019]. (Bachelor's thesis, QUITO, 2012).

tiempo requerido para la ejecución de estas, lo cual sería de gran utilidad para la organización del mantenimiento.

4.2.4 Propuesta de mejora de la gestión de repuestos. En este trabajo se expone una gestión de repuestos deficiente por parte de una empresa donde se manejaba un alto volumen de los mismos en almacén, por lo cual se tuvo que realizar mejoras en este sistema de gestión mediante la implementación de distintas metodologías como la aplicación de la calificación ABC de los repuestos y así determinar la criticidad de estos en base a la rotación que hubo en ese año, por lo tanto los repuestos con menor rotación se calificaron como críticos es decir con la letra A, posteriormente se replanteo la cantidad de repuestos a pedir, características de planificación de necesidades y se disminuyó el volumen de repuestos en almacén siguiendo el plan de acción.

De este trabajo se considera llevar a cabo la realización de un análisis de criticidad para determinar los repuestos críticos requeridos, ya que este es de gran importancia para evitar que se pidan una cantidad innecesaria de repuestos, como le sucedió a la empresa en cuestión, y además incrementar los costos⁷.

4.2.5 Análisis de la rentabilidad de cambio de componentes de alta gama. En este artículo se realiza un análisis de la rentabilidad al realizar el cambio de algún repuesto costoso, donde se tiene en cuenta tanto el costo del repuesto como el costo por las horas que el operario emplea en ejecutar el trabajo, al tiempo se analiza el número de cambios anual y si se reducen los costos en cuanto a mantenimiento, se realiza un ejemplo con 13 máquinas y se analiza dicha inversión y cuánto tarda en recuperarse. De este trabajo se puede tener en cuenta si resulta factible la frecuencia de cambio de los repuestos determinada o si representara más costos⁸.

4.2.6 Prevención de defectos en los puentes grúas. En la publicación se habla de los factores que pueden causar un daño en los puentes grúa, ya sea por mala operación, poco mantenimiento, y por lo tanto se encuentran acciones mediante las cuales se puede tratar este inconveniente, teniendo en cuenta la realización de revisiones periódicas y la ejecución del análisis de las causas de falla, prevención de defectos y recomendaciones de mantenimiento. De esta publicación se puede tener en cuenta la aplicación de dichas acciones mediante las cuales se asegurará una complementación del mantenimiento empleado, centrándose en las revisiones periódicas a realizar⁹.

⁷ FARFÁN AGUILAR, E. Propuestas de mejora en la gestión de repuestos, [online]. Enero 2005. [citado 18 de octubre del 2019].

⁸ JARÁ, F. J. V. Análisis de la rentabilidad del cambio a un componente de gama superior, [online]. 2011. [citado 18 de octubre del 2019]. Técnica Industrial, 293, 44-48.

⁹ VERBAL, F. (1987). Prevención de defectos en puentes grúa. Ingeniería de Construcción, (2), [online]. Marzo 1987. [citado 18 de octubre del 2019].

4.2.7 Inspección de seguridad y análisis de tareas. Este manual se encuentra la importancia de llevar a cabo las inspecciones ya sea a estructuras o a equipos en específico, en este se establece una metodología para desarrollar adecuadamente las inspecciones siguiendo unos parámetros de como planificarlas, realizar una lista de chequeo, realizar un análisis de tareas entre otros. En el proyecto se pueden implementar pasos de esta metodología, ya que se tienen en cuenta factores determinantes para realizar una buena inspección¹⁰.

4.2.8 Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para un taller de mecánica de precisión. En este trabajo se realiza el diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para un taller donde el tipo de mantenimiento implementado era netamente correctivo, por lo tanto, los costos de mantenimiento eran elevados y se veía la necesidad de implementar el plan preventivo, para el desarrollo de este se tuvo en cuenta los requerimientos necesarios como: análisis de criticidad, codificación, inventarios, inspecciones, frecuencias para realización del mantenimiento, entre otros. En el proyecto se puede implementar la creación de un cronograma de inspecciones planteado en el trabajo anterior, este se establecería en base a la frecuencia determinada de inspecciones para cada grúa del área¹¹.

4.2.9 Diseño e implementación de un plan de mantenimiento en una empresa metalmecánica. En este trabajo se crea un plan de mantenimiento preventivo basado en inspecciones realizadas a los distintos equipos, dentro de este se establece la frecuencia de realización de las inspecciones y así generar una mayor disponibilidad y confiabilidad a los equipos, además se busca la manera de reducir costos en mantenimiento. Para el proyecto se puede tener en cuenta las actividades de inspección para realizar la creación de los formatos, además con ayuda de los mantenedores determinar si las frecuencias se pueden establecer de la manera que se plantea en el trabajo descrito¹².

4.2.10 Modelo de jerarquización de equipos en función de su criticidad aplicada a un sistema tranviario. En este trabajo se realiza un análisis de las diversas metodologías existentes para determinar una jerarquización de equipos mediante la realización de un análisis de criticidad, la elaboración propia define la implementación de la combinación de 3 metodologías distintas y posteriormente la aplica para definir la jerarquización en el sistema de

¹⁰ Peña, J. F. Inspecciones de seguridad y análisis de tareas. Manual para la formación de nivel superior en prevención de riesgos laborales, [online]. 2005. [citado 18 de octubre del 2019]. P. 53-60.

¹¹ OLÍS-CHAVARRÍA, R. Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para un taller de mecánica de precisión, [online]. noviembre 2017. [citado 18 de octubre del 2019].

¹² PÉREZ, I, Andy, A., & SANTANDER SILVA, R. A. Diseño e implementación de un plan de mantenimiento en una empresa metalmecánica, [online]. 2013. [citado 18 de octubre del 2019].

tranviario. En el proyecto se puede considerar el trabajo anterior para conocer las demás metodologías establecidas y realizar un análisis de criticidad e indagar sobre los resultados obtenidos al utilizarlos¹³.

¹³ JARRAMILLO ASTUDILLO, R. H., & MATAILO QUITUISACA, M. V. Modelo de jerarquización de equipos en función de su criticidad aplicado a un sistema tranviario, [online]. 2016. [citado 18 de octubre del 2019]. (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).

5. METODOLOGÍA

5.1 ETAPA 1: RECONOCIMIENTO DE EQUIPOS

Inicialmente se realizó el reconocimiento de cómo están y/o donde se encuentran ubicados los puentes grúa dentro de la planta, al igual que su nombre e identificación, por otro lado se evidencio la gestión que se ha llevado a cabo respecto a repuestos, estándares, programa de mantenimiento, como se realizan los procedimientos, se conoció la estructura de los equipos y de esta forma se determinó la manera indicada en que se pueda complementar el programa, buscando una mejora en el mantenimiento realizado.

5.1.1 Inventario de equipos. Se realizó una previa identificación de los equipos en los cuales se enfocó el proyecto, mediante la implementación de la matriz de criticidad ABC establecida en Gerdau Diaco y además se tuvo en cuenta las horas de trabajo y las paradas realizadas, de esta forma se determinaron los equipos de mayor criticidad y se conoció la ubicación técnica de estos con base al área en el cual se encuentran instalados, además se identificaron los componentes de los puentes grúa realizando el debido acompañamiento a los mantenedores.

5.2 ETAPA 2: GESTIÓN DE FORMATOS

Para llevar a cabo la complementación del programa de mantenimiento en base a las necesidades anteriormente mencionadas se trabajó en los siguientes formatos:

5.2.1 Formatos de repuestos críticos. Para realizar el formato de repuestos críticos se tomaron como referencia los formatos implementados en las demás áreas de la planta, con el fin de llevar un formato unificado y avalado por el área de calidad de la empresa. Posteriormente se evaluaron y realizaron ajustes teniendo en cuenta información relevante. Estos formatos se realizaron en el programa EXCEL.

5.2.2 Formato de hojas de vida. Para este, se toma como base el formato de otras áreas y se adecuó a los puentes grúa de laminación, en el cual se encuentra toda la información del equipo, como las especificaciones técnicas, los cambios realizados en su respectivo día, el tiempo que tomo llevar a cabo el trabajo y en base al historial que se generó, se determinó el tiempo apropiado para realizar de manera preventiva los cambios de los componentes críticos.

5.2.3 Formato de inspección. Con la ayuda de los mantenedores se creó un formato de inspección, el cual se diligencio para cada puente grúa con una frecuencia determinada, la cual fue semanal, esto con el fin de fortalecer el programa de mantenimiento preventivo y tener un registro actualizado de los equipos.

5.2.4 Formato de estandarización. Estos formatos se encontraban establecidos y se diligenciaron en compañía del mantenedor encargado de ejecutar el trabajo correspondiente, además se anexaron fotos y posteriormente se subió este formato al programa Isolución, donde luego se envió automáticamente a revisión y aprobación por el respectivo facilitador del área, quedando así establecido el estándar.

5.3 ETAPA 3: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Con ayuda de los mantenedores encargados y utilizando la matriz de criticidad ABC se determinaron los repuestos críticos, dentro del mismo formato se manejó un inventario de aquellos que se encuentran tanto en almacén como en el taller, además se realizó acompañamiento al área cuando se debía hacer algún tipo de mantenimiento con el fin de identificar las partes del equipo y así tener mayor claridad acerca de los repuestos y procedimientos.

5.3.1 Frecuencias de los cambios de repuestos. Se verificó la frecuencia de los cambios efectuados según las notificaciones realizadas con anterioridad en el software SAP y con el acompañamiento de los mantenedores se determinó la frecuencia indicada para realizar los cambios preventivos de los repuestos críticos, ya que se evidenció que no todos los elementos de refacción fueron registrados en el software.

5.3.2 Hoja de vida. Luego de tener el formato de la hoja de vida y complementarlo, este se entregó y socializó con los mantenedores para iniciar su respectivo diligenciamiento, además se realizó una revisión de las notificaciones registradas en SAP en el módulo PM transacción IW38 (Modificación / Visualización masiva de órdenes de trabajo), desde enero del 2019 con el fin de contar con un historial más sólido y así tener referencias más amplias para establecer las frecuencias de los cambios de los repuestos críticos.

5.4 ETAPA 4: REALIZACIÓN DE INSPECCIONES

Mediante la realización de inspecciones, cuyo objetivo fue determinar el estado de los puentes grúa y sus componentes, se llevó a cabo un seguimiento de estos para verificar las actividades preventivas realizadas en los mantenimientos y así se conocieron los procedimientos para la estandarización, además con las inspecciones se verificó el diligenciamiento de los listados de pre-uso que se encuentran en cada grúa, los cuales se deben diligenciar por los operarios antes de la utilización de estas.

5.5 ETAPA 5: ACTUALIZACIÓN Y ELABORACIÓN DE ESTANDARES

Para llevar a cabo la estandarización de los procedimientos realizados durante la rutina de los mantenedores, junto con ellos, se revisaron y actualizaron los estándares ya creados y así mismo se elaboraron los faltantes, incluyendo fotos del paso a paso realizado.

5.6 ETAPA 6: ESTANDARIZACIÓN EN ISOLUCIÓN

Una vez actualizados y creados los estándares estos se subieron al programa Isolución, para que queden en la plataforma, donde posteriormente entran en proceso de revisión y aprobación por parte de los ingenieros encargados del área.

5.7 ETAPA 7: ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE FRECUENCIA DE CAMBIO DE REPUESTOS CRÍTICOS

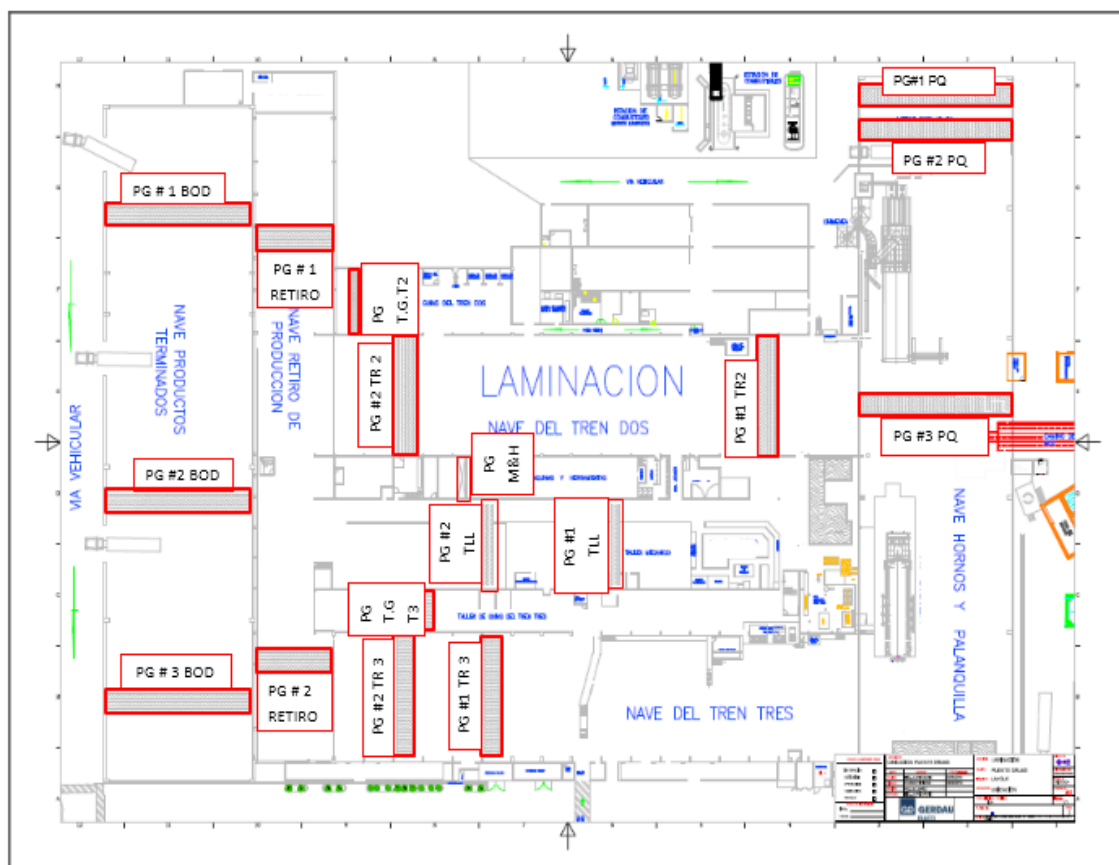
Se realizó una revisión y análisis de los formatos dando prioridad a la hoja de vida de los equipos y con base en la información anteriormente recopilada se estableció el tiempo de cambio preventivo de los repuestos y el tiempo que lleva la realización de la actividad, disminuyendo de esta forma el mantenimiento correctivo y llevando un control más preciso.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1 RECONOCIMIENTO DE EQUIPOS

Para realizar el reconocimiento de equipos se requirió inicialmente un plano (layout) ver figura 1, con la ubicación de los puentes grúa de laminación y se identificaron posteriormente en un recorrido por el área de la planta; con base a dicha colocación, se distingue la ubicación técnica de cada puente grúa, ver tabla 1.

Figura 1. Ubicación puentes grúa laminación.



Fuente: Documentación Gerdau Diaco.

Tabla 1. Ubicación técnica puentes grúa de laminación.

<i>EQUIPOS</i>		
<i>PUENTE GRUA</i>	<i>SECCION</i>	<i>UBICACIÓN TECNICA DEL EQUIPO</i>
GRUA # 1	NAVE DE PALANQUILLA	1000-LA2-PGPL-PGP01
GRUA # 2	NAVE DE PALANQUILLA	1000-LA2-PGPL-PGP02
GRUA # 3	NAVE DE PALANQUILLA	1000-LA2-PGPL-PGP03
GRUA # 1	NAVE DE BODEGA	1000-LA3-PGRU-PGT04
GRUA # 2	NAVE DE BODEGA	1000-LA3-PGRU-PGT05
GRUA # 3	NAVE DE BODEGA	1000-LA3-PGRU-PGT06
GRUA # 1	RETIRO DE PRODUCTO	1000-LA3-PGRU-PGR07
GRUA # 2	RETIRO DE PRODUCTO	1000-LA3-PGRU-PGR08
GRUA # 1	TALLERES	1000-LA3-PGRU-PGP15
GRUA # 2	TALLERES	1000-LA3-PGRU-PGP16
GRUA # 1	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	1000-LA3-PGRU-PGP17
GRUA # 1	TALLER GUIAS TREN 2	1000-LA2-PGT2-PGP13
GRUA # 1	TALLER GUIAS TREN 3	1000-LA3-PGT2-PGP14
GRUA # 1	TREN 2	1000-LA2-PGT2-PGT09
GRUA # 2	TREN 2	1000-LA2-PGT2-PGT10
GRUA # 1	TREN 3	1000-LA3-PGT3-PGT11
GRUA # 2	TREN 3	1000-LA3-PGT3-PGT12

Fuente: elaboración propia.

6.1.1 Identificación de mantenimiento. Una vez identificados los puentes grúa del área de laminación, se lleva a cabo el diagnóstico del plan de mantenimiento que se implementa en estos, en compañía de los mantenedores y junto con el planeador encargado del área, se evalúa el estado actual de los planes, los cuales se realizan mediante el software SAP y se encuentran conformados por hojas de ruta y órdenes de trabajo las cuales se crean con una frecuencia determinada para cada equipo, en donde se estipulan las acciones y/o procedimientos a realizar en cada mantenimiento, ya sea correctivo, preventivo o correctivo planeado.

Además, se tiene delimitada una duración de actividades acorde con las tareas a ejecutar dentro de las cuales se encuentran lubricación y revisión de componentes y conexiones, ajustes de tornillería, aseo del equipo, entre otras, sin embargo, esta frecuencia varía según la disponibilidad del equipo por el área de producción, ver tabla 2.

Tabla 2. Identificación del tipo de mantenimiento.

TÁCTICAS DE MTTD	PREVENTIVO	CORRECTIVO	CORRECTIVO PLANEADO
DESCRIPCIÓN	.Inspecciones periódicas (semanales). .Mantenimientos programados. .Parada mayor (overhaul).	.Cambio de repuesto o componente ante detección de falla y dejar el equipo en operación.	.Cambio de repuesto días después de la detección de la falla.
INTERVENCIÓN	.Periódica	.Ante detección de falla	.Programada
REPUESTOS	.Se realiza pedido de los repuestos con anterioridad.	.Se cuenta con el repuesto en stock.	.Se verifica existencia de repuestos en stock (si no hay, se realiza pedido).

Fuente: elaboración propia, con base en modelo integral de gestión de repuestos para mantenimiento, en empresas intensivas en uso de capital, 2018.

Durante la evaluación del plan se identificó la ausencia de una frecuencia para realizar los cambios de repuestos, lo cual brindaría una mayor eficiencia en la aplicación del mantenimiento preventivo, el cual se encuentra en un proceso de mejora continua. Esta frecuencia se estableció con base en el reporte de cambios realizados a lo largo del año 2019.

6.1.2 Gestión de repuestos. Para identificar cómo se realiza la gestión de repuestos se dialogó con el facilitador del área y los mantenedores de los puentes grúa, de esta forma se conoció que se maneja un stock de los componentes de mayor rotación, como por ejemplo rodamientos, sellos mecánicos, etc.

Cuando en algún mantenimiento realizado se detecta la falla de un reductor o motor, este se retira completamente y se coloca uno de repuesto, con el fin de reparar (si es posible) el componente averiado en el taller del área (utilidades) bajo condiciones de mayor seguridad, evitando que el operario este expuesto a un posible accidente y así mismo se garantiza que pueda tener los repuestos necesarios a la mano. De esta forma se repara el reductor o motor y se tiene un repuesto disponible en el momento de presentarse una parada por falla de alguno de estos componentes y de tal manera se busca alargar el tiempo de trabajo del puente grúa correspondiente, mientras se gestiona el pedido del repuesto, ya que este puede tardar meses en llegar, por lo tanto, en el taller se encuentran en stock reductores y motores disponibles.

En caso de que no sea posible reparar el reductor o motor, este se dispondrá para chatarrizar, pero por esto no se contará con un repuesto en caso de requerirse, por lo tanto, es importante tener un formato con los repuestos críticos establecidos y para su determinación se deben tener en cuenta factores como: criticidad del componente (determinado por matriz de criticidad ABC), costo y el tiempo de llegada del componente para contar con este en stock y no afectar la operación de los equipos y ni la producción de la empresa.

6.1.3 Identificación de proceso de estandarización. En cuanto al proceso de estandarización, Gerdau Diaco implementó el software Isolución, en el cual se encuentra la documentación de la empresa respecto a la gestión de calidad, el software permite llevar un control de la misma. Por lo tanto, se actualizaron los estándares existentes y se crean los faltantes.

6.1.4 Análisis de criticidad. Observando los planes establecidos en SAP y haciendo el respectivo acompañamiento con los mantenedores encargados de los puentes grúa, se decidió realizar un análisis de criticidad donde se trabajó con los equipos más propensos a daños y los cuales pueden llegar a generar más pérdidas para la empresa.

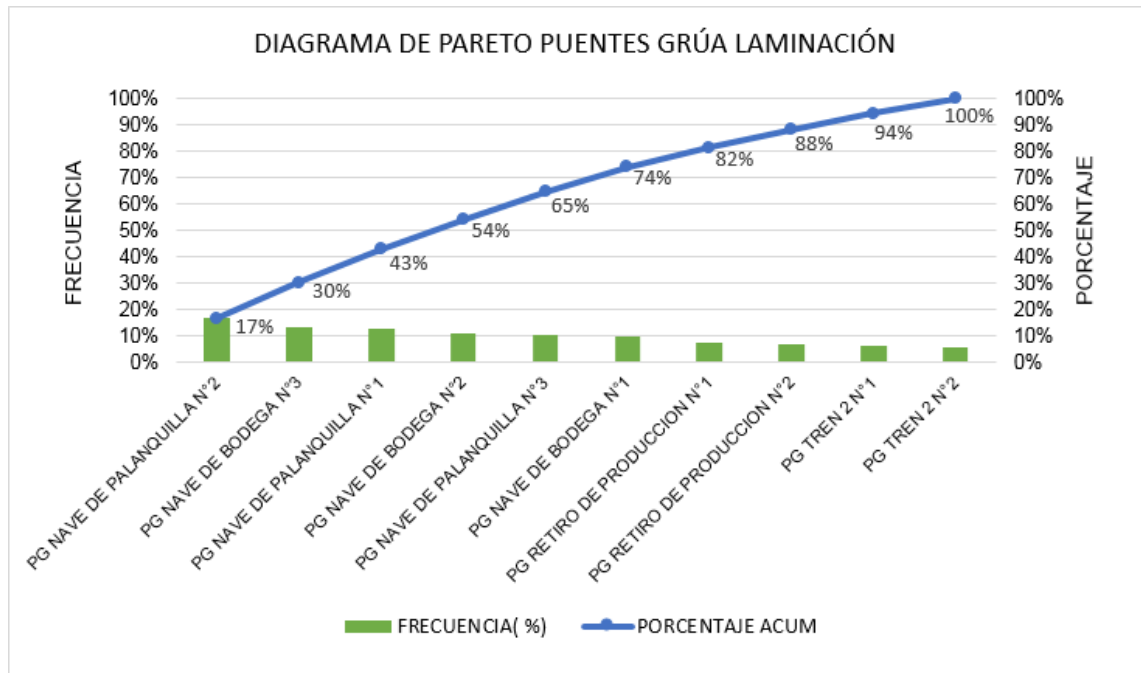
Para llevar a cabo el análisis de criticidad de los equipos en los cuales se enfocará el proyecto, se elaboró un diagrama de Pareto, el cual está basado en el número de paradas realizadas por cada uno de los puentes grúa durante el periodo comprendido entre el mes de enero y el mes de septiembre del año 2019, así mismo se tuvo en cuenta la matriz de criticidad ABC establecida por Gerdau Diaco donde se analizaron distintos factores.

- **Diagrama de Pareto.**

En el caso de generarse una parada se identificaron los puentes grúa que representan mayor afectación en el proceso y sobre los cuales se enfocó el proyecto, mediante la elaboración de un diagrama de Pareto, donde se evidencian los puentes grúa más críticos, como se ve en la figura 2.

Con el fin de dar una mejor explicación del desarrollo de los procedimientos realizados para dar cumplimiento al proyecto, se obtuvo a partir del diagrama, el puente grúa de mayor criticidad, teniendo en cuenta las horas de trabajo y el número de paradas generadas de este.

Figura 2. Diagrama de Pareto puentes grúa de laminación.



Fuente: elaboración propia.

El diagrama de Pareto se realizó teniendo en cuenta el número de paradas de los puentes grúa de laminación desde el mes de enero de 2019 hasta el mes de septiembre del mismo año, cabe aclarar que estas paradas pueden ser programadas o no programadas.

Con base en el diagrama anterior se establece que, en el intervalo de tiempo anteriormente mencionado, el 74% de paradas se generaron a causa de los primeros 6 puentes grúa:

- Pg nave de palanquilla n°2.
- Pg nave de bodega n°3.
- Pg nave de palanquilla n°1.
- Pg nave de bodega n°2.
- Pg nave de palanquilla n°3.
- Pg nave de bodega n°1

Se establece como muestra para observar el desarrollo del proyecto el puente grúa pg nave de palanquilla n°2, teniendo en cuenta que presentó el mayor número de paradas y las horas de trabajo de este, ya que se utiliza 24/7.

- **Matriz de criticidad ABC.**

El análisis de criticidad cumple con la función de priorizar procesos, equipos y sus componentes, instalaciones, sistemas, entre otros, con el fin de identificarlos jerárquicamente y así facilitar la toma de decisiones dependiendo la necesidad de mejora operacional y productiva¹⁴.

En Gerdau Diaco el análisis de criticidad se encuentra establecido según la matriz de criticidad ABC, donde A representa alta criticidad, B media criticidad y C baja criticidad. Para llevar a cabo el análisis de criticidad ABC se aplicó la matriz establecida, donde se evaluaron 6 factores a tener en cuenta: seguridad, calidad, régimen de trabajo, atención, frecuencia y costo, (en la tabla 3 se describe cada factor), para los 17 puentes grúa.

Posteriormente se siguió el diagrama de flujo correspondiente a la figura 3 y con base en los factores mencionados, se estableció el nivel de criticidad de cada puente grúa como se muestra en la tabla 4, esta actividad se realizó en compañía los mantenedores de los equipos.

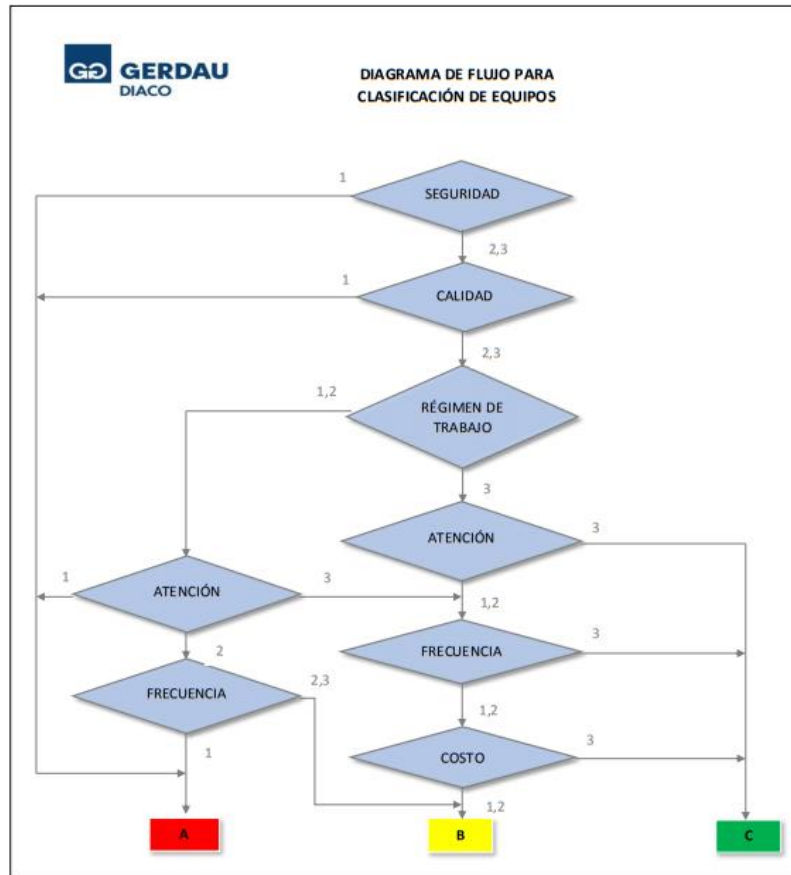
Tabla 3. Evaluación de factores de criticidad.

EVALUACIÓN DE FACTORES DE CRITICIDAD			
FACTOR	SEVERIDAD DEL FACTOR		
	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
SEGURIDAD Riesgos potenciales para las personas, medio ambiente e instalaciones.	La falla del equipo provoca graves efectos sobre el hombre, medio ambiente o instalaciones.	La falla del equipo implicaba riesgos para el hombre, instalaciones y medio ambiente.	No hay consecuencias.
CALIDAD Efecto de falla de los equipos sobre la calidad de los productos en las varias etapas de la producción.	La falla del equipo afecta mucho la calidad, generando productos fuera de las especificación.	La falla del equipo hace variar la calidad del producto.	Sin efecto sobre el producto.
RÉGIMEN DE TRABAJO Tiempo que el equipo es utilizado.	El equipo es exigido todo el tiempo.	El equipo es utilizado aproximadamente durante la mitad del periodo.	Uso ocasional, también dependiendo de la campaña.
ATENCIÓN Efecto de la falla de los equipos sobre el proceso productivo.	La falla del equipo provoca una interrupción mayor que 3 horas del proceso productivo.	La falla del equipo provoca una interrupción de hasta 3 horas del proceso productivo o crea restricciones operativas.	Existe un equipo de reserva o la falla no provoca la interrupción del proceso productivo.
FRECUENCIA Cantidad de fallas por periodo de utilización.	Muchas paradas debidas a fallas (2 o más cada 6 meses).	Paradas ocasiones (3 cada año)	Poco frecuente (menos de 3 por año).
COSTO Mano de obra y materiales utilizados en la reparación.	El costo de la mano de obra y materiales son altos (<\$10.000 USD).	El costo de la mano de obra y materiales son entre \$3000.00 y \$10.000 USD.	El costo de la mano de obra y materiales son bajos (<\$3.000 USD).

Fuente: Documentación Gerdau Diaco.

¹⁴ JIMÉNEZ SILVA, Erika Estephania, et al. Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en línea piloto en la Compañía Nacional De Chocolates SAS.

Figura 3. Diagrama de flujo para clasificación de equipos.



Fuente: Documentación Gerdau Diaco.

Tabla 4. Análisis de criticidad ABC según matriz.

EQUIPO	ANÁLISIS DE CRITICIDAD ABC						NIVEL DE CRITICIDAD
	FACTORES						
	SEGURIDAD	CALIDAD	R. DE TRABAJO	ATENCIÓN	FRECUENCIA	COSTO	
PG NAVE DE PALANQUILLA N°2	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 1	NIVEL 1	NIVEL 1	NIVEL 2	A
PG NAVE DE BODEGA N°3	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 1	NIVEL 2	A
PG NAVE DE PALANQUILLA N°1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 1	NIVEL 2	A
PG NAVE DE BODEGA N°2	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 1	NIVEL 2	A
PG NAVE DE PALANQUILLA N°3	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 1	NIVEL 2	A
PG NAVE DE BODEGA N°1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 1	NIVEL 2	A
PG RETIRO DE PRODUCCION N°1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 2	NIVEL 2	NIVEL 1	NIVEL 2	A
PG RETIRO DE PRODUCCION N°2	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 2	NIVEL 2	NIVEL 1	NIVEL 2	A
PG TREN 2 N°1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 3	NIVEL 2	NIVEL 2	NIVEL 2	B
PG TREN 2 N°2	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 3	NIVEL 2	NIVEL 2	NIVEL 2	B
PG TREN 3 N°1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 3	NIVEL 2	NIVEL 2	NIVEL 2	B
PG TREN 3 N°2	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 3	NIVEL 2	NIVEL 2	NIVEL 2	B
PG TALLERES N°1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 3	NIVEL 2	C
PG GUIAS TREN 2	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 3	NIVEL 3	NIVEL 3	NIVEL 2	C
PG TALLERES N°2	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 3	NIVEL 2	C
PG GUIAS TREN 3	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 3	NIVEL 3	NIVEL 3	NIVEL 2	C
PG MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 3	NIVEL 3	NIVEL 3	NIVEL 2	C

Fuente: elaboración propia.

Según el análisis de criticidad realizado a los 17 puentes grúa de laminación, con base a la matriz correspondiente y siguiendo el diagrama de la figura 5 y la tabla 3, se obtuvo que ocho puentes grúa presentaron una mayor criticidad. Se compararon los resultados del diagrama de Pareto con la tabla anterior y se determinó junto con el facilitador del área, enfocar el proyecto únicamente en los primeros 6 puentes grúa:

- Pg nave de palanquilla n°2
- Pg nave de bodega n°3
- Pg nave de palanquilla n°1
- Pg nave de bodega n°2
- Pg nave de palanquilla n°3
- Pg nave de bodega n°1

6.1.5 Identificación de componentes de puentes grúa. Luego de identificar los puentes grúa de mayor criticidad, se procedió a conocer los componentes por los cuales estos están conformados, este reconocimiento se hizo mediante el acompañamiento en las inspecciones y mantenimientos realizados por los mantenedores y a su vez se definieron los repuestos críticos y sus características.

Dentro de los componentes se identificaron como principales los siguientes:

- **Ruedas.**

Los puentes grúa constan de cuatro ruedas: dos ruedas motrices y dos ruedas libres, de las cuales las ruedas motrices pueden ser independientes una de la otra, ya que cada una cuenta con su respectivo motorreductor con el fin de lograr un desplazamiento unificado sobre los rieles de traslación. En el caso de las ruedas de los carros se pueden encontrar con la misma distribución anterior o también una de las ruedas motrices puede contar con un motorreductor y mediante un eje transmitir el movimiento a la rueda motriz del lado opuesto.

Las ruedas tanto libres como motrices son de doble pestaña, esto para dar mayor estabilidad al puente y evitar que se descarrile del riel de traslación. Las ruedas están fabricadas en fundición nodular y están diseñadas para soportar distintos pesos, se pueden encontrar ruedas de distintos diámetros dependiendo el área en el cual se encuentren.

Las ruedas se consideran repuestos críticos, ya que si una rueda falla se genera tiempo perdido y es de alto riesgo, teniendo en cuenta que afectaría la traslación normal del equipo generando que se pueda descarrilar y caerse completamente.

Algunos puentes grúas de la planta cuentan con ruedas de chumacera dividida instaladas para la traslación del carro, se pueden encontrar en dos configuraciones como se observa en las figuras 4 y 5, lo cual para los

mantenedores facilita realizar el montaje y desmontaje de las mismas en el momento que se requiera, por el contrario, las ruedas de traslación del puente se encuentran ajustadas a presión, por lo tanto cuando necesita cambiar la rueda, esta se debe calentar mediante un equipo de oxicorte y posteriormente se golpea para retirarla. Cuando se realiza el montaje completo en taller de rueda, eje y rodamientos estos se calientan por inducción en un horno eléctrico para dilatar su diámetro interno y ajustarlo nuevamente a presión.

Figura 4. Rueda chumacera dividida.



Fuente: elaboración propia

Figura 5. Rueda de carcasa dividida.



Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la imagen anterior, esta configuración trae una carcasa dividida, la cual brinda protección a la rueda y como se menciona anteriormente, facilita el montaje y desmontaje de esta, así mismo ayuda a optimizar los tiempos de mantenimiento.

- **Eje para rueda motriz.**

Los ejes son estriados dado que su función es transmitir movimiento, estos se encuentran en cada rueda tanto del puente como del carro de traslación. El puente y el carro cuentan con dos ruedas motrices, dos a cada lado. Para las ruedas motrices, los ejes transmiten el movimiento del motorreductor a la rueda figura 6, por lo tanto, el estriado tiende a sufrir de desgaste debido a las fuerzas que experimenta cada vez que se genera el arranque del puente grúa y debido a la diferencia de materiales entre la corona con la que engrana el estriado y el eje.

Cuando se realiza el cambio de alguna rueda se cambia el juego completo, rueda, eje y rodamientos, ya que como se mencionaba anteriormente, en el calentamiento que se debe realizar a las ruedas para realizar el montaje y desmontaje, el eje tiende a verse comprometido y dañarse.

En el caso de las ruedas de chumacera dividida, de igual forma se hace el cambio del juego completo y si el eje se encuentra en buen estado se conserva este componente y se deja disponible como repuesto.

Figura 6. Eje de transmisión entre motorreductor y rueda del puente.



Fuente: Catálogo grúa universal Demag

- **Riel de electrificación.**

Los rieles de electrificación se encuentran instalados sobre las vigas del puente grúa como se ve en la figura 7, estos rieles transportan un cable plano o cable festoon, el cual energiza el carro del puente grúa mediante la conexión realizada desde el tablero de control hasta los componentes de accionamiento del carro, los cuales pueden trabajar con una tensión de 220 o 440v.

Figura 7. Riel de electrificación con cable festoon.



Fuente: Diseño de un puente grúa tipo de 5 toneladas de capacidad para la industria metalmeccánica, p. 207, Quito, 2011,

La longitud del cable debe ser la indicada para permitir el movimiento transversal del carro sobre el puente. Para determinar dicha longitud se debe realizar un cálculo efectuado desde la fábrica del proveedor, donde se tienen en cuenta de igual forma el número de bucles a formar.

Para el desplazamiento del cable en cada pico de cada bucle, se encuentran instalados unos carrillos porta cable como se ve en la figura 8, los cuales, como su nombre lo indica, sujetan el cable mediante tornillos y una platina, permitiendo el desplazamiento del cable a lo largo de la luz del puente grúa.

En el último carrito porta cable del riel se encuentra un brazo de arrastre, el cual va asegurado al carro del puente grúa, ver figura 9.

Figura 8. Carros portacable.



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Brazo de arrastre.



Fuente: elaboración propia.

- **Polipastos.**

Los polipastos son el mecanismo de elevación de carga, su accionamiento es efectuado mediante un motorreductor, el cual se acopla al tambor haciendo que este gire en los dos sentidos, ver figura 10, estos se encuentran ubicados sobre el carro del puente grúa y están conformados por los siguientes componentes principales:

- Reductor.
- Motor.
- Tambor.
- Pasteca o motón (Gancho y poleas).
- Cable metálico.

Los polipastos se encuentran diseñados para trabajar bajo condiciones específicas, por lo cual se deben seleccionar según los requerimientos de aplicación y ambiente de trabajo, como lo son las condiciones de temperatura, polución, humedad y la capacidad de carga a las cuales se encontrarán sometidos.

Los polipastos pueden implementar una cadena o un cable metálico para realizar el izaje de cargas y según esta clasificación pueden encontrarse distintas referencias.

En Gerdau Diaco los puentes grúa son marca Demag, por lo tanto, la mayoría de sus componentes son de la misma marca, los polipastos implementados para la nave de bodega son de referencia DH 1025 H24 y en la nave de palanquilla se encuentran instalados polipastos de referencia P616H12 y P1025H12.

Figura 10. Polipasto.



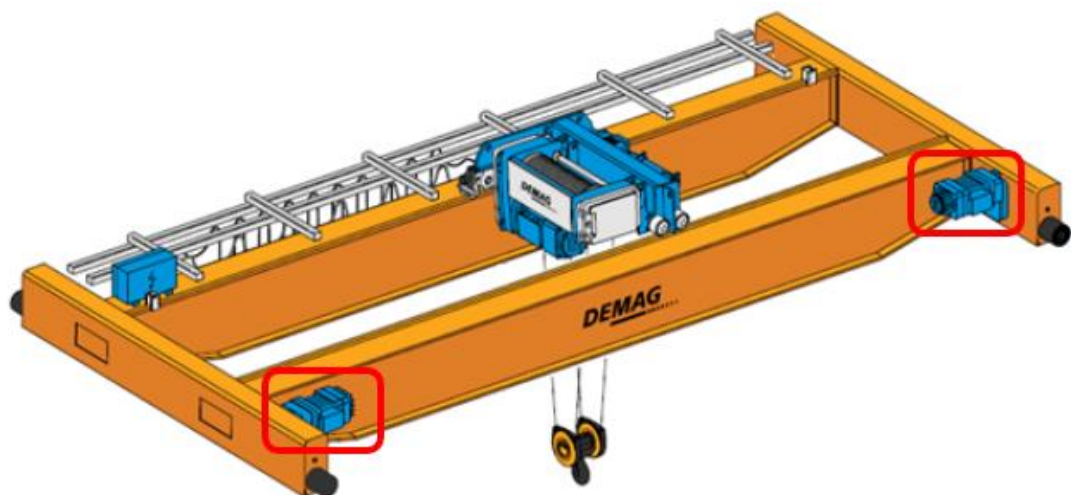
Fuente: elaboración propia.

- **Motorreductor.**

Los motorreductores que se encuentran instalados en la planta, al igual que los polipastos, son marca Demag estos se encuentran en distintas referencias dependiendo del tamaño del motor y del respectivo reductor. Entre estos se pueden encontrar 4 o 5 motorreductores instalados, los cuales permiten la traslación del puente, carro y a su vez accionan el tambor del polipasto.

Para la traslación del puente se encuentran 2 motorreductores instalados, uno a cada lado de este, como se representa en la figura 11. Los motorreductores pueden ser de distintas referencias, para el motor se encuentran KBF 90 o KBF 112 y para reductores se encuentran AF 08, AF10 o AF12, conectados a cada una de las ruedas motrices.

Figura 11. Posición motorreductores puente.



Fuente: Catálogo Grúa universal Demag.

Para la traslación del carro se encuentra 1 motorreductor instalado en una rueda motriz (o en las dos) y desde esta se transmite el movimiento a la rueda motriz del lado opuesto mediante un eje, como se muestra en la figura 12, los motores son de referencias KBF 71 o KBF 90 y los reductores son de referencias AF 05 o AF 06.

Figura 12. Motorreductor traslación carro.



Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el izaje de la carga también se emplea un motorreductor, el cual va conectado al tambor que conforma el polipasto, los motores son de referencias 24/14 K 4P, KBH 140 B4 O KBH 160 B4 y los reductores son de referencias P616 o DH1025, estos corresponden a las referencias más antiguas de reductores que se encuentran instalados para los puentes grúa de laminación.

- **Cable.**

El cable es el elemento que permite elevar la carga mediante la conexión entre el tambor, al cual se asegura con broches y tornillos Bristol figura 13 y la pasteca, figura 14. El cable puede ser fabricado en distintos tipos de acero y numerosos diámetros, se debe seleccionar según su ambiente de trabajo como lo es la temperatura de ambiente de trabajo y la capacidad que deba soportar.

Figura 13. Elementos de fijación.



Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Pasteca.



Fuente: elaboración propia.

El cable debe pasar por 3 poleas, 2 poleas de la pasteca y una polea de reenvío la cual se encuentra en la parte trasera del polipasto ver figura 15.

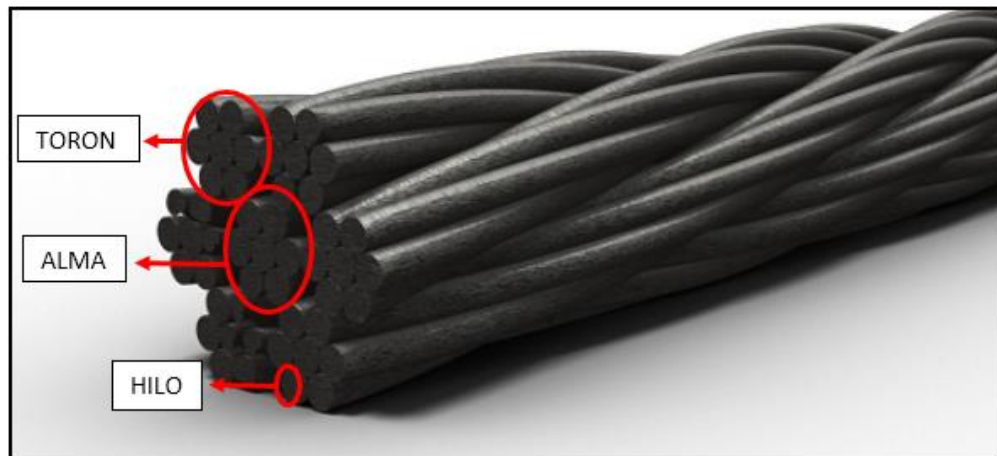
Figura 15. Polea de reenvío.



Fuente: elaboración propia.

Este cable está compuesto por alambres los cuales se entrelazan formando un torón, a su vez estos torones se entrelazan alrededor del alma como se observa en la figura 16. El alma puede ser de acero, polipropileno o de fibras naturales.

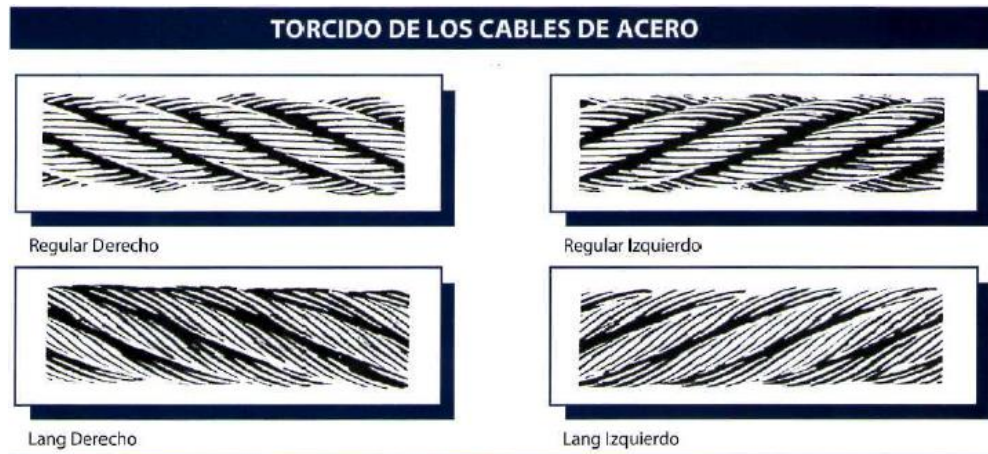
Figura 16. Cable metálico.



Fuente: elaboración propia, con base en CSBEAVER. Cables de acero.

Los cables instalados en los puentes grúa de laminación son de paso regular derecho, esto hace referencia al torcido o a la manera en que se encuentran enrollados los cables. Regular hace referencia a que el torcido de los hilos se encuentra en sentido opuesto al sentido de los torones y cuando están en el mismo sentido se denomina lang. Derecho quiere decir que el cable se encuentra enrollado en sentido anti horario, ver figura 17.

Figura 17. Paso regular derecho.



Fuente: www.servicables.com.mx

El cable es un elemento de alta criticidad, en base a los esfuerzos de tracción y torsión a los que se encuentra sometido, este se desgasta con facilidad e incluso puede llegar a generarse su ruptura, provocando un alto riesgo para el personal y causar pérdidas tanto económicas como humanas.

Además, otro aspecto a tener en cuenta, es el manejo que el operario le dé al puente grúa, ya que se pueden presentar distintos inconvenientes como, por ejemplo, provocar que el cable se salga de las canales del tambor enrollándose en este, ver figura 18, esto acelera el desgaste del cable, provocando complicaciones y generando paradas no contempladas.

Figura 18. Cable enrollado en tambor.



Fuente: elaboración propia

- **Riel de alimentación.**

La electrificación del puente grúa se realiza mediante tres platinas llamadas patines, los cuales se encuentran ubicados verticalmente y unidos a las vigas de los puentes ver figura 19, estos poseen un resorte el cual ejerce una presión sobre el patín causando que este permanezca en contacto permanente con tres rieles de electrificación.

Los rieles están instalados a lo largo de la viga estructural sobre la cual se desplazan los puentes grúa. En las naves donde se encuentran más de un equipo instalado los rieles de electrificación están divididos en el número de equipos, es decir, en la nave de palanquilla se encuentran tres puentes grúa por lo tanto, el riel de electrificación está dividido en tres secciones a lo largo de la nave, de esta forma en el caso que se genere una parada se podrá desenergizar solo la sección en la cual se encuentra el puente grúa afectado y los demás puentes podrán operar con normalidad, sin embargo, se puede presentar el caso en el cual dos puentes grúa queden en la misma sección, uno varado y el otro operando, de esta forma este no se podrá desplazar, lo cual generaría una parada.

Los rieles de electrificación trabajan con una tensión de 440v y se encuentran instalados solamente en la viga estructural opuesta a la cabina del operario del puente grúa, evitando así poner en riesgo la vida del mismo.

Figura 19. Rieles de alimentación.



Fuente: elaboración propia.


6.2 GESTION DE FORMATOS

Se establece una reunión con el encargado del área de mantenimiento, en la cual se trataron temas respecto a la existencia o no de los diferentes formatos, como: hojas de vida, repuestos críticos, inspecciones y estándares, dentro del cual, se evidenció que hacían falta ciertos formatos, los cuales se solicitaron a los facilitadores de las demás áreas. A estos formatos se les realizó una revisión y se agregaron datos relevantes que hacían falta, sin cambiar el formato inicial.

El formato para realizar las inspecciones se debió crear, y previamente a su implementación este fue aprobado por el área mantenimiento.

6.2.1 Formatos de repuestos críticos. El formato suministrado inicialmente por el facilitador del área, ver figura 20, se diligenció por última vez en el mes de abril del año 2019, lo cual dio origen a largas paradas y se tuvieron que asumir costos los cuales no estaban previstos, ya que no se tenía claridad de cuántos repuestos se encontraban en almacén, además, tampoco se tenían establecidos completamente los repuestos críticos como se observa a continuación.

Figura 20. Formato inicial, repuestos críticos.

LISTADO REPUESTOS CRITICOS PUENTE GRUAS LAMINACION								
	abr-19				O.T.			
	PLANTA TUTA - UTILIDADES Y LAMINACION				SECCION: UTILIDADES			
	AREA: MANTENIMIENTO CENTRAL				CARLOS MENDIVELSO ARAQUE		REVISO	
EQUIPO	DESCRIPCION	SAP	INSTALADO	REQUERIDO	EX. ALMACEN	TALLER	FALTANTE	CARRITO COMPRA
PUENTE GRUAS PALANQUILLA N. 1,2,3	Grúa palanquilla #3	CREAR	2	1	0	0	1	0
	Reductor AF12-M-0-1-85-1	CREAR	2	1	0	0	1	0
	Ejes estriados de montaje reductor diametro de 85mm	CREAR	2	1	0	0	1	0
	Tambor cable de 16mm polipasto referencia Demag P616H26 POLIPASTO	10025261	3	1	0	0	1	1
	EJE DE TRANSMISION PARTE 589126-44 (H-26) GRUA D	10029086	3	1	0	0	0	1
	Ruedas traslacion carro palanquilla n.2	CREAR	4		0			0
PUENTE GRUA N.2 TALLERES	Ruedas conjunto parte EZDR10 70588133 125NA	10030100	2	2	0		0	0
	Reductor EZDR 10	CREAR	2	1	0		0	0
	Trasversa segur.contr.sobrec. MGS H20 4/1 2m	crear	2	1	0	0	1	1
	Carcasa eqpo.eiéct. DR10	CREAR	2	1	0	0	1	1

Fuente: Documentación Gerdau Diaco.

6.2.2 Formato de hojas de vida. Este formato se encontraba diseñado para el área de acería y fue suministrado por el facilitador de mantenimiento, ver figura 21, inicialmente se especificaban componentes con los cuales no contaban los puentes grúa del área de laminación como gancho auxiliar, cable para gancho auxiliar, motor y reductor de gancho auxiliar, aire acondicionado y el número de ruedas del puente, teniendo en cuenta que los puente grúas del área de acería cuentan con 8 ruedas, por lo tanto se tuvo que adecuar el formato suprimiendo esta información y agregando campos importantes a tener en cuenta.

Figura 21. Formato inicial, Hoja de vida.







<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>MARCA</td><td>DEMAG</td></tr> <tr><td>Modelo</td><td></td></tr> <tr><td>N° de serie</td><td></td></tr> <tr><td>Año de fabricación</td><td></td></tr> <tr><td>Tensión de servicio</td><td></td></tr> <tr><td>Tensión de mando</td><td></td></tr> <tr><td>Clase de mando</td><td></td></tr> <tr><td>Ubicación del mando</td><td></td></tr> <tr><td>Capacidad de carga</td><td></td></tr> <tr><td>Altura de elevación</td><td></td></tr> <tr><td>Ramales</td><td></td></tr> <tr><td>Velocidad de elevación</td><td></td></tr> </table>	MARCA	DEMAG	Modelo		N° de serie		Año de fabricación		Tensión de servicio		Tensión de mando		Clase de mando		Ubicación del mando		Capacidad de carga		Altura de elevación		Ramales		Velocidad de elevación		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2">Mecanismo(s) Elevación Principal:</td></tr> <tr><td>Tipo de motor</td><td></td></tr> <tr><td>Motor Nr.</td><td></td></tr> <tr><td>KW</td><td></td></tr> <tr><td>R.P.M</td><td></td></tr> <tr><td>Amperaje</td><td></td></tr> <tr><td>Clase de Freno</td><td></td></tr> </table>	Mecanismo(s) Elevación Principal:		Tipo de motor		Motor Nr.		KW		R.P.M		Amperaje		Clase de Freno		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2">Mecanismo(s) Traslación del Carro:</td></tr> <tr><td>Tipo de motor</td><td></td></tr> <tr><td>Motor Nr.</td><td></td></tr> <tr><td>KW</td><td></td></tr> <tr><td>R.P.M</td><td></td></tr> <tr><td>Amperaje</td><td></td></tr> <tr><td>Clase de Freno</td><td></td></tr> </table>	Mecanismo(s) Traslación del Carro:		Tipo de motor		Motor Nr.		KW		R.P.M		Amperaje		Clase de Freno		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2">Mecanismo(s) Traslación del Puente:</td></tr> <tr><td>Tipo de motor</td><td></td></tr> <tr><td>Motor 1 Nr.</td><td></td></tr> <tr><td>Motor 2 Nr.</td><td></td></tr> <tr><td>KW</td><td></td></tr> <tr><td>R.P.M</td><td></td></tr> <tr><td>Amperaje</td><td></td></tr> <tr><td>Clase de Freno</td><td></td></tr> <tr><td>Tipo reductor</td><td></td></tr> <tr><td>Tipo de rueda</td><td></td></tr> <tr><td>Diámetro de Rueda</td><td></td></tr> </table>	Mecanismo(s) Traslación del Puente:		Tipo de motor		Motor 1 Nr.		Motor 2 Nr.		KW		R.P.M		Amperaje		Clase de Freno		Tipo reductor		Tipo de rueda		Diámetro de Rueda	
MARCA	DEMAG																																																																												
Modelo																																																																													
N° de serie																																																																													
Año de fabricación																																																																													
Tensión de servicio																																																																													
Tensión de mando																																																																													
Clase de mando																																																																													
Ubicación del mando																																																																													
Capacidad de carga																																																																													
Altura de elevación																																																																													
Ramales																																																																													
Velocidad de elevación																																																																													
Mecanismo(s) Elevación Principal:																																																																													
Tipo de motor																																																																													
Motor Nr.																																																																													
KW																																																																													
R.P.M																																																																													
Amperaje																																																																													
Clase de Freno																																																																													
Mecanismo(s) Traslación del Carro:																																																																													
Tipo de motor																																																																													
Motor Nr.																																																																													
KW																																																																													
R.P.M																																																																													
Amperaje																																																																													
Clase de Freno																																																																													
Mecanismo(s) Traslación del Puente:																																																																													
Tipo de motor																																																																													
Motor 1 Nr.																																																																													
Motor 2 Nr.																																																																													
KW																																																																													
R.P.M																																																																													
Amperaje																																																																													
Clase de Freno																																																																													
Tipo reductor																																																																													
Tipo de rueda																																																																													
Diámetro de Rueda																																																																													

RUEDAS PUENTE				
RUEDA N° 1				
CAMBIO DE RUEDA POR DESGASTE O DAÑO EN RODAMIENTOS				
DESCRIPCION	CAUSA	FECHA CAMBIO	AFECTACION	OBSERVACIONES

RUEDAS CARRO				
RUEDA N° 1				
CAMBIO DE RUEDA POR DESGASTE O DAÑO EN RODAMIENTOS				
DESCRIPCION	CAUSA	FECHA CAMBIO	AFECTACION	OBSERVACIONES

DESCRIPCION

Fuente: Documentación Gerdau Diaco.

6.2.3 Formato de inspección. Previamente no se contaba con un formato de inspección establecido, por lo tanto, este se tuvo que crear con la ayuda de los mantenedores, ver anexo A, donde se establecieron los factores principales a tener en cuenta para realizar una inspección concreta y no intervenir con las actividades programadas de mantenimiento de los mantenedores.

Este formato se realiza con el fin de hacer un breve seguimiento preventivo semanal a los puentes grúa de mayor criticidad, ya que no se pueden programar mantenimientos preventivos con dicha frecuencia teniendo en cuenta lo siguiente:

- Número de puentes grúa.
- La ejecución de los mantenimientos no planeados generados por fallas que estos presentan.
- Falta de personal, ya que para realizar el mantenimiento a los 17 puentes grúa solo se cuenta con 2 técnicos mecánicos y 2 técnicos eléctricos y para desarrollar a cabalidad las actividades programadas de mantenimiento se necesita que los 4 mantenedores trabajen en el puente grúa programado.

6.2.4 Formato de estandarización. El proceso de estandarización inicialmente se manejaba en el software Docmanager, pero teniendo en cuenta el nuevo indicador “excelencia operacional”, Gerdau Diaco tomó la decisión de migrar al software Isolucion, el cual es más robusto en comparación al primero, ya que integra y permite llevar el control de los sistemas de gestión ambiental, de calidad y de seguridad.

Así mismo permite controlar los indicadores tanto administrativos como operativos, centralizando de esta forma toda la información de la empresa, además, través de este se llevan a cabo tratamientos de fallas, a partir de los cuales se generan planes de acción de mejora y a su vez asigna responsables para realizar el seguimiento de dichos planes.

En Isolucion se encuentra la información de la empresa incluyendo documentación, actas, mejora, auditorias (internas y externas), indicadores, entre otros, por lo tanto, como parte del proceso de estandarización se debían descargar los estándares anteriormente creados en Docmanager y posteriormente actualizarlos y/o crearlos en el formato requerido, ver figura 22. Este formato es básico teniendo en cuenta que Isolucion automáticamente lo complementa, agregando encabezados, firmas de aprobación y distinciones de la empresa.

Figura 22. Formato de estandarización.

Etapas	Como	Puntos - Clave	Cuidados (Seguridad, Medio Ambiente, Calidad, Costo, Entrega)

Fuente: Documentación Gerdau Diaco.

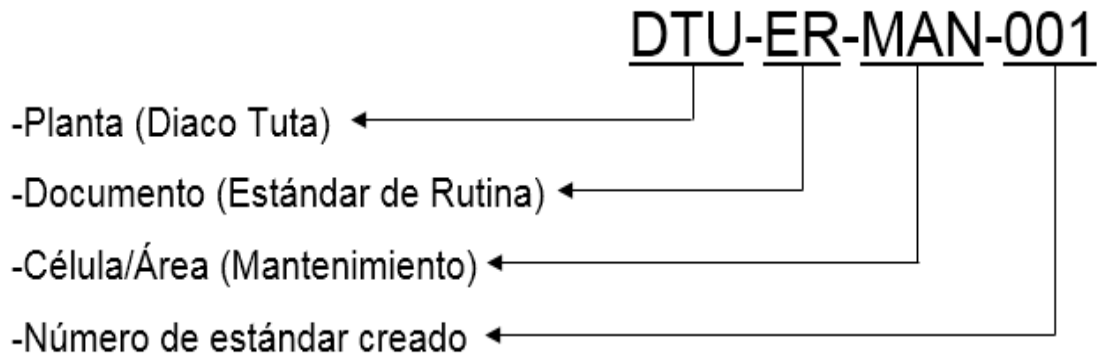
Para el desarrollo del formato de estandarización se debían tener en cuenta los siguientes factores:

- Etapas.
- Como.
- Puntos-clave.
- Cuidados (seguridad, medio ambiente, calidad, costo, entrega).

Como se veía en la imagen anterior, la columna “Etapas”, corresponde al paso a paso que se realiza para llevar a cabo un procedimiento rutinario, en el “Como” se describe la manera en que se debe realizar dicha etapa, en la siguiente columna “Puntos-clave” se diligencian acciones importantes a tener en cuenta respecto a la seguridad del mantenedor o herramientas y en “cuidados”, se registran las acciones que se deben realizar para evitar contaminar el medio ambiente, cuidar la seguridad de los mantenedores y entrega del equipo por parte del mantenedor al operario.

Isolucion genera un código cuando se crea el estándar teniendo en cuenta: la planta para la cual se realiza, el tipo de documento, el área por el cual es creado y el número de estándar al cual corresponde, ver figura 23, este código aparece en el encabezado del formato que crea isolucion.

Figura 23. Código formato.



Fuente: Documentación Gerdau Diaco.

6.3 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

6.3.1 Hoja de vida. En Gerdau Diaco se manejan las carpetas compartidas en su red local, donde se encuentra información de las distintas áreas que conforman la empresa y donde se suben los archivos por cada una de ellas, con el fin de tener información necesaria a la mano y que desde los técnicos hasta el facilitador del área pueda acceder a la información que requieran.

El acceso a las carpetas se realiza con el usuario de inicio de sesión, pero dependiendo del cargo de la persona se tiene acceso a cierta información, por lo tanto, se pueden encontrar carpetas bloqueadas al igual que algunos de los documentos para no poder modificarlos, evitando de esta forma pérdida de información relevante. En caso de que se requiera tener acceso a una carpeta se debía gestionar el acceso con el área de sistemas (TI).

Luego de llevar a cabo la debida modificación del formato, adaptarlo para los puentes grúa del área de laminación y realizar el levantamiento de información con las debidas especificaciones de motores, reductores, cables y ruedas para la hoja de vida de los equipos, se procede a subir el archivo a las carpetas compartidas desde el usuario de los mantenedores y se explica cómo se debe diligenciar, de esta forma se da inicio a la recopilación de información para tener el historial de cambios.

Sin embargo, para tener un historial más amplio se toman los cambios realizados desde el mes de enero hasta el mes de septiembre del año 2019, mediante una capacitación recibida por el planeador del área, se realiza la revisión de las notificaciones registradas en SAP, mediante el módulo PM transacción IW38 (Modificación / Visualización masiva de órdenes de trabajo). En este se obtiene un listado de las áreas de la empresa y dentro del mismo se buscó equipo por equipo con su respectiva ubicación técnica, para los cuales

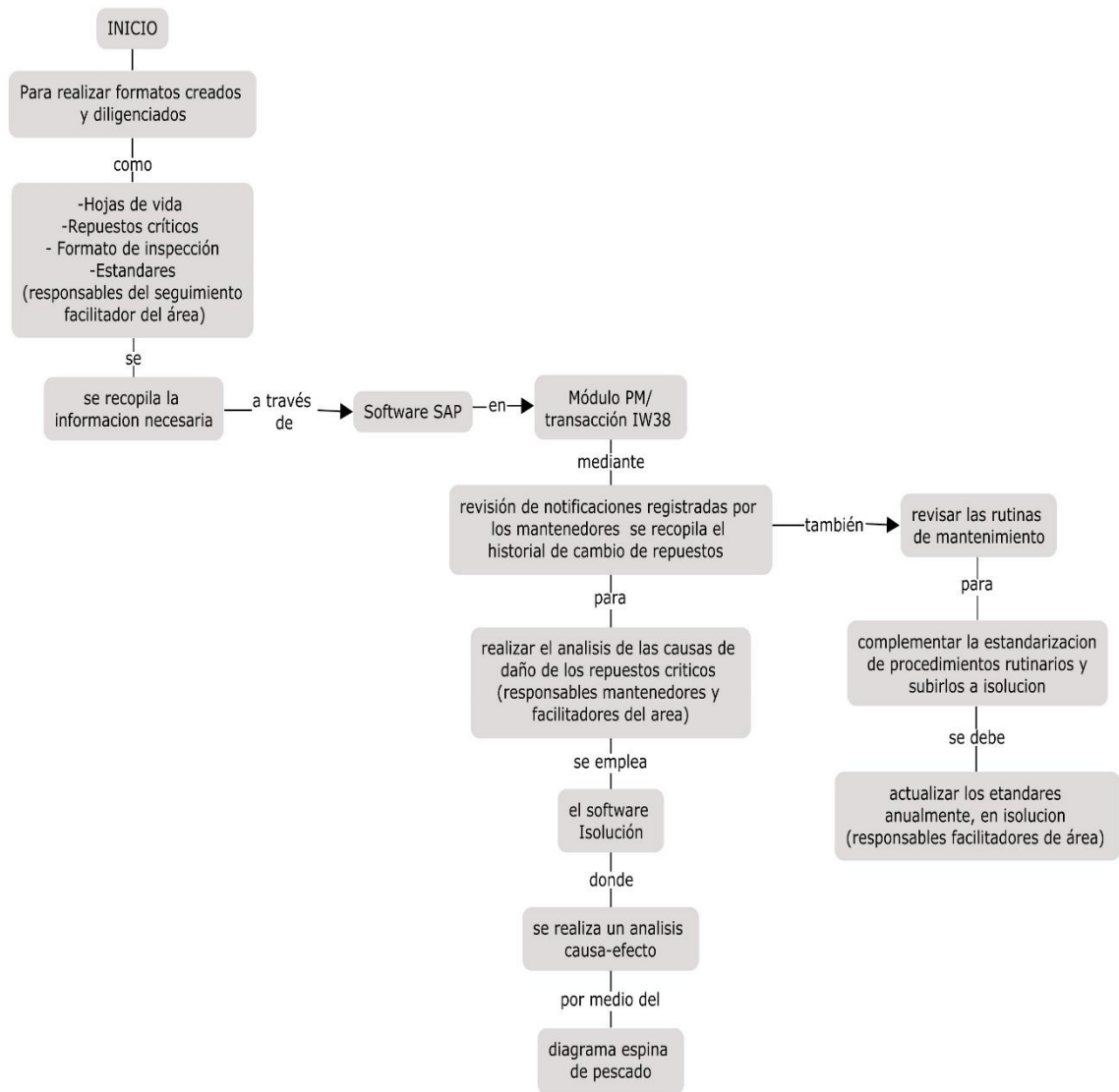
se obtiene el listado de órdenes de los mantenimientos realizados ya sean correctivos, correctivos no planeados o preventivos.

Este listado se buscó mes a mes en el periodo anteriormente mencionado y se registraron en la hoja de vida las notificaciones correspondientes a mantenimientos correctivos realizados, como ejemplo se toman los cambios registrados del cable metálico, ver anexo B, sin embargo, los mantenedores dieron a conocer que algunos trabajos no fueron notificados, por lo tanto, no se encuentra un dato exacto, pero si aproximado de los cambios efectuados. Por este motivo se hizo el debido seguimiento para verificar que los mantenedores realizaran cada notificación en SAP y así mismo registraran los cambios realizados a los equipos en su respectiva hoja de vida.

Teniendo en cuenta lo anterior la ejecución de los mantenimientos se registra tanto en el software SAP/módulo PM/transacción IW38 como en las hojas de vida, las cuales se encuentran en las carpetas compartidas de la empresa.

Con el fin de dar mayor claridad a la información que se recolecta y las acciones realizadas en cada software se realiza un diagrama de flujo, figura 24, mediante el cual se explica la información tomada de cada uno y las acciones realizadas en los formatos, además se asignan responsables con el fin de garantizar el seguimiento y cumplimiento del diligenciamiento de la información.

Figura 24. Diagrama de flujo Software.



Fuente: elaboración propia

6.3.2 Identificación de repuestos críticos.

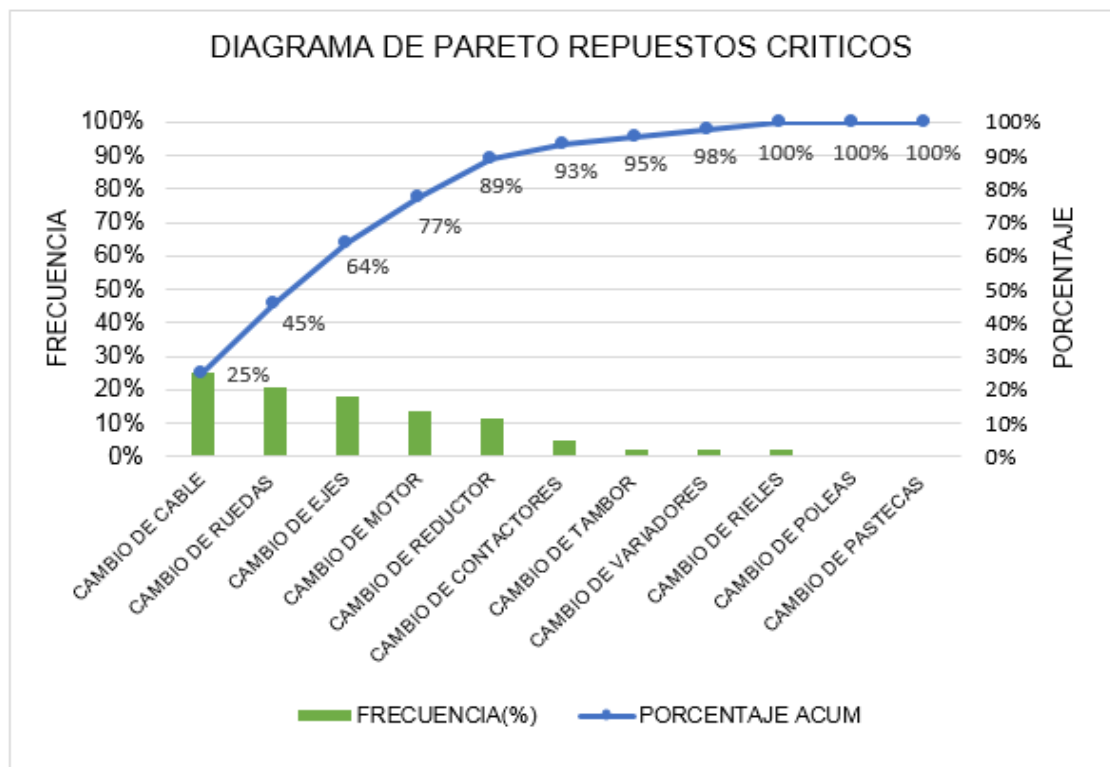
- **Análisis de criticidad.**

Posteriormente a la identificación de los puentes grúa y de sus componentes mediante el acompañamiento a los mantenedores en sus labores, se obtuvo una visión más amplia acerca de estos equipos y se establecieron los repuestos críticos, implementando el mismo procedimiento que se desarrolló para establecer los puentes grúa críticos. Inicialmente se aplicó el diagrama de Pareto y en base al resultado obtenido se realizó la matriz de criticidad ABC

para lo cual, se seleccionaron previamente los elementos principales de un puente grúa.

En base a la información de paradas generadas por cambios de repuestos en mantenimiento correctivos, según el histórico recolectado, el cual va desde el mes de enero hasta el mes de septiembre, se realizó un diagrama de Pareto, entre dicho periodo para establecer los repuestos críticos, ver figura 25.

Figura 25. Diagrama de Pareto repuestos críticos.



Fuente: elaboración propia.

Según el diagrama de Pareto el 77% de paradas se presentó debido a la cantidad de cambios registrados por los 4 primeros repuestos, cable, ruedas, ejes y motor, es decir que estos son los repuestos que mayores paradas generan en los puentes grúa.

Teniendo en cuenta que para establecer los repuestos críticos se requería evaluar distintos factores, con base en los resultados obtenidos en el diagrama de Pareto, se procedió a realizar el análisis de criticidad ABC, teniendo en cuenta la evaluación de factores como seguridad, calidad, régimen de trabajo, frecuencia y costo, ver tabla 5.

Tabla 5. Análisis de criticidad ABC de repuestos críticos.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD ABC							
REPUESTO	FACTORES						NIVEL DE CRITICIDAD
	SEGURIDAD	CALIDAD	R. DE TRABAJO	ATENCIÓN	FRECUENCIA	COSTO	
CABLE	NIVEL 2	NIVEL 2	NIVEL 1	NIVEL 1	NIVEL 1	NIVEL 2	A
RUEDAS	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 1	NIVEL 1	NIVEL 1	NIVEL 2	A
EJES	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 1	NIVEL 1	NIVEL 1	NIVEL 2	A
MOTOR	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 1	NIVEL 1	NIVEL 1	NIVEL 2	A
REDUCTOR	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 1	NIVEL 1	NIVEL 1	NIVEL 1	A
TAMBOR	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 1	NIVEL 1	NIVEL 3	NIVEL 1	A
CONTACTORES	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 2	NIVEL 3	B
VARIADORES	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 3	B
RIELES	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 2	B
POLEAS	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 3	B
PASTECAS	NIVEL 3	NIVEL 3	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 3	B

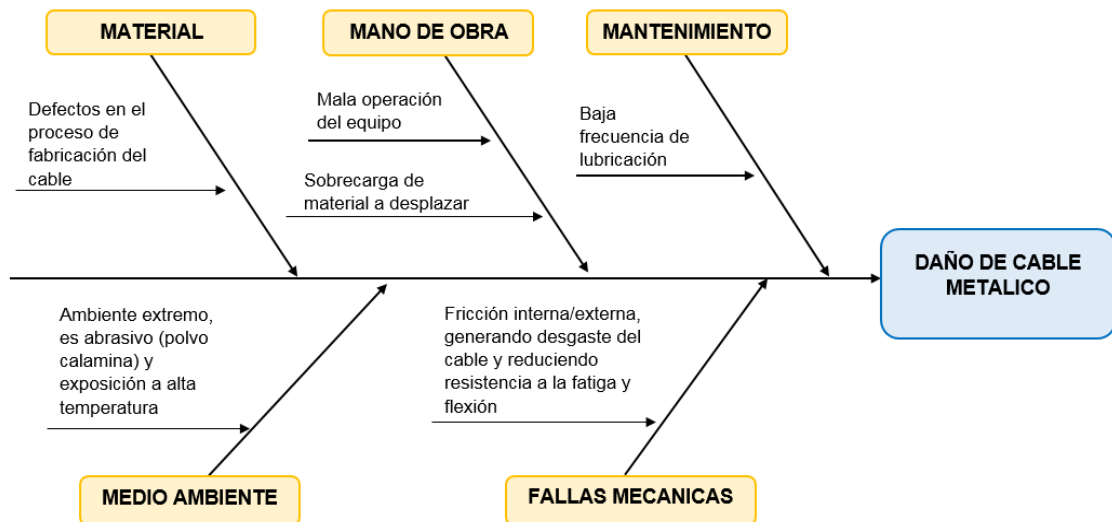
Fuente: elaboración propia.

Según la tabla de criticidad ABC los 6 primeros elementos que se encuentran en la tabla son los repuestos de mayor criticidad teniendo en cuenta: el régimen de trabajo, al que se encuentran sometidos, a la atención, es decir el tiempo que detendrían el proceso productivo o en que podrían llegar a generar restricciones del mismo en caso de presentarse una falla, y el costo, en el caso del tambor, si la falla es grave, se debe tener en cuenta que este no es un componente de alta rotación por lo tanto se deberá gestionar su pedido, además, para el caso del reductor y motor se considera el factor de tiempo de llegada del repuesto, ya que estos son importados y pueden llegar a tardar 10 semanas en recibirse después de gestionarse su orden de compra.

- **Análisis causa-efecto**

Para determinar la criticidad de los repuestos e identificar su respectiva causa raíz de falla, se realiza un análisis causa-efecto con cada repuesto, mediante el diagrama de Ishikawa o mejor conocido como diagrama de espina de pescado. Para enseñar el procedimiento realizado se selecciona como ejemplo el diagrama del cable metálico, figura 26, en este diagrama se encuentran las causas que generan un determinado efecto y mediante su análisis se lleva a cabo un plan de acción para corregir las debidas falencias.

Figura 26. Diagrama de espina de pescado cable metálico.



Fuente: elaboración propia.

Para llevar a cabo el diagrama anterior se tuvieron en cuenta 5 factores comunes los cuales comprometen el ciclo de vida útil del cable, como lo son: las prácticas de mantenimiento, el manejo del puente grúa por parte de los operarios, ya que muchas veces no es el indicado y un mal movimiento puede repercutir negativamente afectando el equipo, el proceso de fabricación del cable, ya que en este se puede generar una disminución en la capacidad de carga del cable al sobrepasar o ser insuficiente la torsión de los alambres o de los torones, los factores ambientales a los que se encuentra expuesto el cable y las fallas mecánicas las cuales generan su ruptura.

Con base en el diagrama anterior se realiza un análisis mediante la tabla 6 y se determinan las acciones que se pueden tomar teniendo en cuenta las causas que reducen el ciclo de vida útil del repuesto y según este, se priorizan las soluciones que se pueden ejecutar en un corto tiempo y a un bajo costo.

Tabla 6. Análisis del diagrama espina de pescado.

RUPTURA DE CABLE								
CAUSAS	SOLUCIÓN	EVALUACIÓN DE CRITERIOS						TOTAL
MATERIAL	Solución	Factor	Causa	Solución	Factible	Medible	Costo	Total
Defectos en el proceso de fabricación	Inspección detallada del repuesto por parte de almacén	2	1	1	3	1	1	9
MANO DE OBRA	Solución	Factor	Causa	Solución	Factible	Medible	Costo	Total
Mala operación del equipo	Aumentar la realización de capacitaciones a los operarios	3	3	2	2	1	2	13
Sobrecarga de material a desplazar	Establecer límite de carga para el área y verificar su cumplimiento	3	3	2	3	2	1	14
MANTENIMIENTO	Solución	Factor	Causa	Solución	Factible	Medible	Costo	Total
Baja frecuencia de lubricación	Aumentar la frecuencia de lubricación en cada mantenimiento	3	3	3	3	2	2	16
MEDIO AMBIENTE	Solución	Factor	Causa	Solución	Factible	Medible	Costo	Total
Ambiente extremo, es abrasivo (polvo calamina) y exposición a alta temperatura	Optimizar el proceso de enfriamiento de la palanquilla	3	3	3	1	2	3	15
FALLAS MECANICAS	Solución	Factor	Causa	Solución	Factible	Medible	Costo	Total
Fricción interna/externa, generando desgaste del cable y reduciendo resistencia a la fatiga y flexión	Mejorando la lubricación del cable en la debida frecuencia	3	3	3	3	2	2	16

Fuente: elaboración propia, con base en diagrama causa-efecto, o de Ishikawa. IPEA formación.

En la primera columna de la tabla se ubican las causas que ocasionan el daño del cable, en la segunda columna se encuentran las soluciones de dichas causas, en la tercera columna se encuentra la evaluación con calificación de 1 a 3 (siendo 1 el resultado mínimo) de 6 criterios a tener en cuenta en el momento de determinar 3 parámetros: si verdaderamente las causas influyen en el efecto, qué tan importante es la aplicación de las soluciones mencionadas y analizar si los resultados obtenidos son representativos y en la última columna se encuentra el total de dicha frecuencia.

Los 6 criterios mencionados anteriormente son la respuesta a las siguientes preguntas:

- Factor: ¿La causa evaluada es determinante en el efecto?
- Causa directa: ¿La causa evaluada lleva directamente al efecto?
- Solución: ¿La solución acaba definitivamente con el problema?
- Solución factible: ¿La solución planteada es difícil de aplicar? (Se evalúan factores como: tiempo para llevar a cabo la solución, costo, si se requiere modificar la infraestructura).
- Solución medible: ¿Es posible medir la solución a ejecutar?
- Costo: ¿La solución es de bajo costo?

Según los resultados obtenidos en la tabla, se obtiene un mayor valor en el total de las soluciones en cuanto a mantenimiento y fallas mecánicas, con un resultado de 16, por lo tanto, se prioriza la ejecución de las acciones necesarias para llevar a cabo las soluciones planteadas, donde se debe el aumentar la frecuencia de lubricación, por lo tanto, es necesario reducir los intervalos en que esta se realiza. Anteriormente se lubricaba el cable cada mantenimiento intermedio, así que se establece realizar la lubricación en cada

mantenimiento, además, mediante la realización de inspecciones se determina si es necesario realizar la lubricación antes del mantenimiento preventivo o durante las mismas.

El siguiente valor representativo es en el factor de medio ambiente, con un valor de 15, sin embargo, cabe aclarar que las soluciones para estas causas son para ejecutar a largo plazo, ya que se requiere un estudio ingenieril previo, donde es posible que se deba intervenir la infraestructura del área.

El siguiente factor con un alto resultado es en cuanto a mano de obra, con un valor de 14, donde se plantea establecer un límite de carga de palanquilla y así evitar que el equipo trabaje con sobrecarga del material a desplazar, esta solución se ejecuta mediante una reunión con los mantenedores y el facilitador del área para establecer el límite de carga seguro a desplazar, el cual es de 6 toneladas y se realiza la respectiva socialización con los operarios.

El cumplimiento de este parámetro se verifica mediante la supervisión del facilitador al área.

- **Formato de repuestos críticos**

En el formato de repuestos críticos, se tiene en cuenta los siguientes datos:

- Tipo, hace referencia si el componente es mecánico o eléctrico.
- Tipo de sistema en el cual se realiza el cambio, con el fin de tener información más detallada para la creación del código SAP de cada componente, teniendo en cuenta el sistema al que pertenece.
- Descripción del repuesto.
- Código SAP de cada repuesto.
- Repuestos instalados por cada uno de los equipos.
- Repuestos requeridos, cuántos repuestos se necesita tener en stock.
- Existencia de repuesto en almacén.
- Existencias en el taller, repuestos que se averiaron y se podían reparar, quedando como respaldo en caso de averiarse el instalado.
- Existencias faltantes, cuántos de los requeridos no se tienen.
- Carrito de compra, repuestos que se encuentran en proceso de compra.

Para este formato se agregaron las casillas de “tipo” y “tipo de sistema” y se gestionó la creación de algunos códigos SAP priorizando aquellos correspondientes a los repuestos de mayor rotación. Para la casilla de descripción se realizó el levantamiento de información respectivo, con base a planos de fabricación, placas de características específicas y el conocimiento de los mantenedores y de esta forma tener la información más detallada.

Inicialmente los repuestos críticos se encontraban establecidos por nave, es decir, repuestos críticos para los 3 puentes grúa de la nave de palanquilla, pero se decidió determinar los repuestos críticos para cada puente grúa teniendo en

cuenta que las especificaciones de los 3 equipos no son las mismas, por ejemplo, el diámetro de las ruedas y ejes.

Este formato a su vez permite llevar un inventario actualizado de los componentes con los que se cuenta, lo cual es de gran importancia, ya que en caso de requerirse alguno de estos repuestos críticos, se tendrían disponibles en almacén y no habría que parar el equipo por un tiempo mayor al del cambio del componente en caso de presentarse alguna falla. Por ello se debía diligenciar el formato con una frecuencia mensual, teniendo en cuenta que en el transcurso del mes se podía requerir el cambio de alguno de los repuestos críticos, ocasionando una variación en las cantidades encontradas en el inventario.

6.4 REALIZACIÓN DE INSPECCIONES

Para realizar las inspecciones se estableció una frecuencia semanal, por lo tanto, se inspeccionaba un puente grúa crítico por día al inicio de la jornada laboral, con el fin de no interrumpir con las labores diarias de los mantenedores. Durante estas inspecciones se iba diligenciando el formato creado tanto eléctrico como mecánico.

La ejecución de las inspecciones permitió tener un conocimiento más amplio de los puentes grúa, sus componentes y su funcionamiento, así mismo se observó en qué consisten los procedimientos rutinarios de mantenimiento establecidos en SAP, para los equipos y se obtuvieron las herramientas necesarias en cuanto a conocimiento para llevar a cabo la creación y actualización de los estándares necesarios en compañía de los mantenedores.

6.5 ACTUALIZACIÓN Y ELABORACIÓN DE ESTÁNDARES

Para llevar a cabo la actualización de los estándares inicialmente estos se descargaron del software Docmanager (el cual ya no se utiliza), donde se encontraban antiguamente y junto con los mantenedores se realizó la respectiva revisión cambiando algunas acciones o complementando la información ya existente.

Algunas de las fotos de cada etapa debieron ser actualizadas, teniendo en cuenta que las instalaciones cambiaban o los accesos a los equipos eran distintos, además, se revisó que estándares hacían falta por elaborar.

Posteriormente se realizó el acompañamiento y las inspecciones anteriormente mencionadas, conociendo paso a paso los procedimientos de mantenimiento desarrollados por los mantenedores en las distintas naves del área de

laminación y se tomó el registro fotográfico necesario para realizar la actualización y elaboración de los estándares.

En la tabla 7 se encuentran los estándares que se actualizaron y los estándares que se crearon, en total se realizaron 22 estándares de los cuales 8 fueron actualizados y 14 fueron creados, complementando de esta forma el proceso de estandarización para estos equipos.

Tabla 7. Estándares actualizados y elaborados.

ESTANDAR	ACTUALIZADO	CREADO
Mantenimiento general electrico gruas laminacion	x	
Mantenimiento general puentes grua de laminacion	x	
Mantenimiento mecanico preventivo gruas nave bodega	x	
Mantenimiento mecanico preventivo gruas nave palanquilla	x	
Mantenimiento mecanico preventivo gruas nave retiro	x	
Mantenimiento mecanico preventivo gruas trenes, talleres y guias	x	
Mantenimiento reductores de traslacion (puente y carro) puente gruas de laminacion	x	
Cambio de cable gruas laminacion	x	
Cambio de reductores a puentes grua nave de palanquilla		x
Cambio de reductores a puentes grua nave de bodega		x
Cambio de reductores a puentes grua nave de retiro		x
Cambio de ruedas de puente puente gruas de laminacion		x
Cambio de ruedas de carro puente gruas de laminacion		x
Mantenimiento electrico preventivo circuitos electricos de fuerza y control puente gruas nave de palanquilla		x
Mantenimiento electrico preventivo circuitos electricos de fuerza y control puente gruas nave de bodega		x
Mantenimiento electrico preventivo circuitos electricos de fuerza y control puente gruas nave de retiro		x
Mantenimiento electrico preventivo circuitos electricos de fuerza y control puente gruas trenes, talleres y guias		x
Cambio de motores a puentes grua palanquilla		x
Cambio de motores a puentes grua bodega		x
Cambio de motores a puentes grua retiro		x
Cambio de breakers tableros de control puente gruas nave de palanquilla		x
Cambio de breakers tableros de control puente gruas nave de bodega		x

Fuente: Elaboración propia.

Una vez actualizados o creados los estándares, estos se iban subiendo al programa Isolucion accediendo mediante el usuario del facilitador de área. Una vez en la pestaña “Manejo de documentos” ver figura 27, se creaba un nuevo estándar seleccionando la información necesaria para la creación del respectivo código y se abría una nueva ventana, ver figura 28, donde se copiaba el formato diligenciado ver anexo C, se ajustaba el texto y las fotos correspondientes.

Como último paso a seguir se asignaba a los facilitadores del área para llevar a cabo tanto de la revisión como la aprobación del documento. Tan pronto se subía el documento, isolucion notificaba mediante el correo a las personas asignadas.

afectada la vida útil de los mismos mediante su disminución, es decir que los componentes del puente grúa estarán expuestos a sufrir diversos daños en un tiempo menor al estimado por el fabricante, sin embargo, a continuación, se recomienda una frecuencia de cambio para los repuestos críticos de los equipos con base a la muestra de los 6 puentes que presentaron mayor criticidad.

Una vez identificados los repuestos críticos mediante el análisis ABC, diagrama de Pareto y evaluación mediante diagrama causa-efecto, se recolectó en las hojas de vida el historial de cambios realizados de estos repuestos a lo largo del año 2019 y mediante la revisión de las notificaciones realizadas por los mantenedores en SAP del periodo comprendido entre enero y septiembre del año en mención, se obtuvo mayor información.

Luego de reunir la información requerida se procedió a organizar un listado con los repuestos críticos y se identificaron las respectivas fechas de instalación del componente y la fecha de falla de este para cada cambio realizado; cabe aclarar que como únicamente se tomó el año 2019 para tener el historial de los cambios, no fue suficiente, ya que hubo repuestos que solo se cambiaron una vez durante este año, sin embargo, los mantenedores cada vez que realizan un cambio colocan la fecha en el repuesto instalado, por lo tanto cuando se realizó el último cambio se tomó la fecha que se encontraba en el repuesto averiado como fecha de instalación y la fecha en que se realizó el cambio, se tomó como fecha de falla.

Posteriormente, según las fechas se determinó el tiempo que hubo entre cada falla en días y horas, luego se determina el indicador MTBF¹⁵ correspondiente a la ecuación 1, el cual es el tiempo medio entre fallas de los repuestos que presentaron más de un cambio en el año como se muestra en la tabla 8, donde r1 y r2 son las ruedas motrices del puente o del carro #1 y #2 y se toma el puente grúa de la nave de palanquilla #2 como referencia.

Indicador MTBF expresado mediante la ecuación 1:

$$MTBF = \frac{\text{Horas totales del periodo}}{\text{Numero de paradas}} \quad [1]$$

Donde:

- **Horas totales del periodo:** tiempo operativo transcurrido entre fallas.
- **Número de paradas:** cantidad de intervenciones realizadas al equipo en un tiempo determinado.

¹⁵ RENOVE TECNOLOGIA, IRIM. Indicadores de disponibilidad [sitio web]. Fuenlabrada – Madrid; [Consultado: 09 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://renovetec.com/irim/304-indicadores-de-disponibilidad>.

Tabla 8. Historial de fallas

HISTORIAL FALLAS						
PG Nave de palanquilla #2						
Componente	Instalacion	Falla	Tiempo entre fallas (dias)	Tiempo entre fallas (horas)	Tiempo medio entre fallas (meses)	
Cable	16/05/2019	27/09/2019	114	2736	4	
	27/09/2019	19/12/2019	113	2712		
Ruedas	Carro (r1)	09/05/2018	26/08/2019	474	11376	15
	Carro (r2)	15/08/2018	30/10/2019	441	10584	
	Puente	22/02/2018	21/02/2019	364	8736	12
Ejes	Carro (r1)	09/05/2018	26/08/2019	474	11376	15
	Carro (r2)	15/08/2018	30/10/2019	441	10584	
	Puente	22/02/2018	21/02/2019	364	8736	12
Reductor	Carro	01/06/2018	02/07/2019	396	9504	13
	Puente	08/12/2017	19/11/2019	711	17064	24
Motor	Puente	10/09/2017	21/04/2019	588	14112	20
	Gancho	18/08/2017	05/02/2019	536	12864	18

Fuente: elaboración propia

El tiempo MTBF se encuentra expresado en meses, teniendo en cuenta el extenso tiempo en que algunos repuestos se cambiaron y así dar mayor claridad.

Este procedimiento del historial de falla se realizó también para los 6 puentes grúa críticos, ver anexo D, y mediante el MTBF establecido para cada puente, se realizó un promedio general con base a los 6 puentes grúas, ver tabla 9, por medio del cual se establece la base de la frecuencia de cambio aproximada de cada repuesto.

Tabla 9. Promedio general historial de fallas

HISTORIAL FALLAS			
FRECUENCIA DE CAMBIOS			
REPUESTO		Promedio tiempo entre fallas (meses)	Promedio tiempo entre fallas (años)
Cable		4	
Ruedas	Carro	18	1,5
	Puente	22	1,9
Ejes	Carro	18	1,5
	Puente	22	1,9
Reductor	Gancho	27	2,3
	Carro	22	1,8
	Puente	25	2,1
Motor	Gancho	25	2,1
	Carro	24	2,0
	Puente	20	1,6

Fuente: elaboración propia

Como se mencionaba anteriormente algunos componentes solo se cambiaron una vez en el año y en un solo equipo de los 6, como fue el caso del reductor del gancho y el motor del puente, además los mantenedores no siempre notificaron los cambios realizados en SAP a lo largo del año, una vez evidenciada esta falencia, a través de la implementación de las hojas de vida, se realizó simultáneamente el seguimiento de las notificaciones que realizaban los mantenedores para llevar al día el historial. Por lo anterior se debe considerar y aclarar que este tiempo promedio entre fallas es una frecuencia aproximada.

Teniendo en cuenta el intervalo de frecuencia obtenido a partir del historial recolectado según SAP, se tomaron medidas para mejorar dicha frecuencia de cambio en cada componente. Como se mencionó anteriormente y con base en el diagrama de espina de pescado efectuado para el cable, entre las medidas tomadas se redujo su periodo de lubricación, anteriormente esta acción se realizaba cada mantenimiento intermedio, por lo tanto, se inició a lubricar el cable en cada mantenimiento preventivo y con ayuda de las inspecciones realizadas, de ser necesario, se lubricaba el cable en estas, prolongando de esta forma el ciclo de vida del componente, además, se establecieron límites de carga y se verifico su cumplimiento, para evitar sobrecarga del equipo y reducir la vida útil del cable.

Mediante la ejecución de las acciones mencionadas y su continua realización, para el cable se establece una frecuencia de cambio de 5 meses, mejorando la

frecuencia en un 25%. Cabe aclarar que dicha frecuencia puede variar teniendo en cuenta factores como mala operación del equipo, lo cual puede acelerar el desgaste del cable, deformaciones o su ruptura y provocar que este se deba cambiar antes de tiempo establecido.

Mediante este procedimiento se muestra la importancia de tener presentes los cambios registrados en la hoja de vida, para así mismo tener en cuenta las fechas aproximadas de cambio y realizarlos antes de que el repuesto falle y genere paradas que se podrían evitar.

Al contar con la frecuencia de cambio preventiva de los repuestos se puede tener en cuenta el tiempo en el cual estos tardan en llegar a planta y así realizar el pedido del componente anticipadamente, a su vez con esto se logra tener un stock controlado y no tener represados repuestos costosos de baja rotación.

- **Disponibilidad.**

La disponibilidad es un indicador importante dentro del mantenimiento, ya que esta hace referencia al porcentaje del tiempo de servicio de un determinado equipo que trabaja en óptimas condiciones durante un intervalo de tiempo específico, en base a este se pueden observar las condiciones en la cuales se encuentra un equipo y a si mismo generar planes de acción¹⁶.

La disponibilidad se expresa mediante la ecuación 2:

$$Disponibilidad = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}} \quad [2]$$

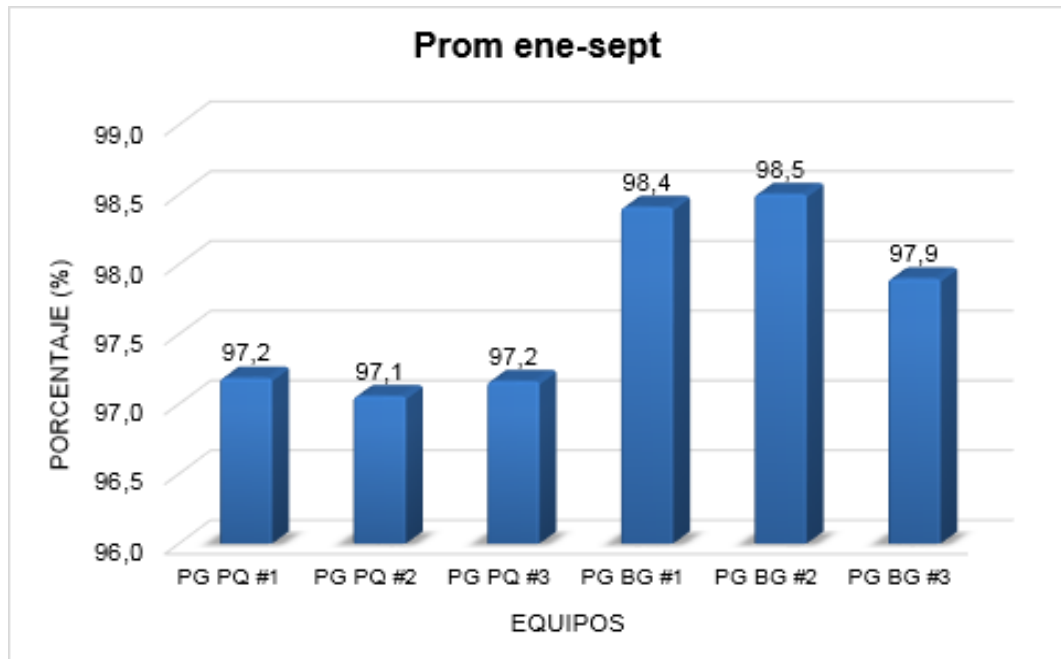
Donde:

- **Horas totales:** periodo de tiempo del cual se desea conocer la disponibilidad.
-
- **Horas de parada por mantenimiento:** Intervalo de tiempo en el cual se detiene la operación del equipo por mantenimiento.

Inicialmente al llegar a la empresa se encuentro un promedio de disponibilidad de los puentes grúa relativamente alto en el periodo de tiempo comprendido entre los meses de enero y septiembre del 2019, ver figura 29, sin embargo, este se podía mejorar y a su vez aumentar el mantenimiento preventivo.

¹⁶ RENOVE TECNOLOGIA, IRIM. Indicadores de disponibilidad [sitio web]. Fuenlabrada – Madrid; [Consultado: 09 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://renovetec.com/irim/304-indicadores-de-disponibilidad>.

Figura 29. Disponibilidad (enero-septiembre 2019).



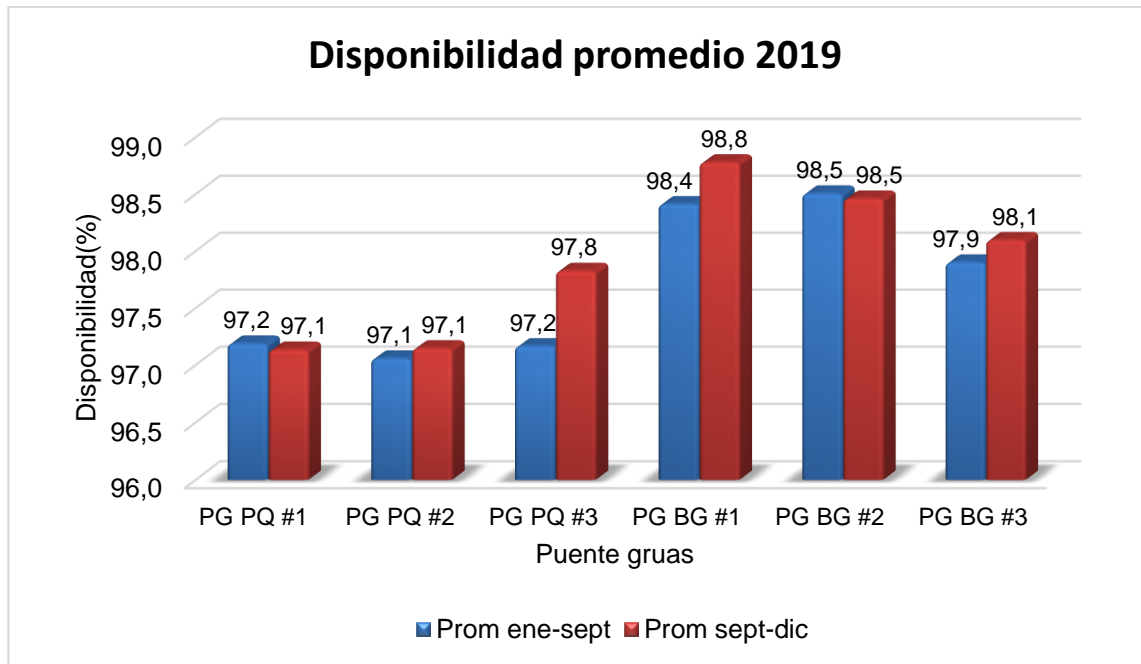
Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta que por disposición del área de producción solo se podían programar dos mantenimientos preventivos mensuales para los puentes grúa del área de palanquilla y un mantenimiento mensual para los puentes grúa del área de bodega, se implementaron las inspecciones, ya que estas se realizaban con una frecuencia semanal para los 6 puentes críticos.

Durante estas se verificaba el correcto funcionamiento de los componentes críticos del puente y así el mantenedor identificaba posibles fallas, por lo tanto, en caso de encontrar una irregularidad, este se anticipaba y programaba la grúa para realizar un mantenimiento y en lo posible tener los repuestos listos en caso de requerirse el cambio del componente.

Por lo tanto, mediante la realización de las inspecciones se lograron reducir los mantenimientos correctivos y de esta forma aumentar el promedio de la disponibilidad de los puentes grúa críticos, esto en el periodo comprendido entre los meses de septiembre y diciembre en comparación con la disponibilidad obtenida entre los meses de enero y septiembre, como se evidencia en la figura 30.

Figura 30. Disponibilidad promedio 2019.



Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta la gráfica anterior, se evidencia un incremento en el promedio de la disponibilidad correspondiente al periodo comprendido entre septiembre y diciembre, de los siguientes puentes grúa: nave de palanquilla n.3 (0,6%), nave de bodega n.1 (0,4%) y nave de bodega n.3 (0,2%).

Por el contrario, en el puente grúa nave de palanquilla n.1 la disponibilidad disminuyo (0,1%) y en los restantes la disponibilidad se mantuvo, por lo tanto, mediante una mejora progresiva a partir de la realización de inspecciones, se puede aumentar la disponibilidad de los equipos restantes.

7. CONCLUSIONES

Al finalizar el proyecto se logró complementar el plan de mantenimiento preventivo mediante el análisis y priorización de riesgos de los equipos, la ejecución de los formatos realizados a lo largo de la pasantía y así mismo se obtuvieron resultados significativos en cuanto a la disponibilidad de los equipos, donde se evidenció la efectividad de las acciones ejecutadas, prolongando la vida útil de los mismos y de sus respectivos componentes.

El diagnóstico del plan de mantenimiento permitió identificar la carencia de procedimientos tales como: hojas de vida, repuestos críticos, frecuencia de cambio de los mismos, realización de inspecciones; los cuales a medida que se iban implementando generaban resultados positivos en cuanto a factores de producción mejorando la disponibilidad de los equipos.

Se realizaron las hojas de vida correspondientes a cada equipo con sus debidas especificaciones e histórico de cambios efectuados, garantizando un control del mantenimiento de los equipos, lo cual es de gran importancia para llevar un seguimiento de los distintos factores de mantenibilidad.

El historial de cambio de los componentes brinda la base necesaria para determinar la frecuencia de cambio de estos y con ello evaluar las acciones a realizar para poder extender dicha frecuencia, así mismo es importante identificar los repuestos críticos, ya que estos representan un nivel alto de criticidad en cuanto a seguridad, horas de trabajo, costos. De igual manera es crucial en cuanto al manejo del stock que se requiere de estos, para así tener disponibles los repuestos cuando se necesiten y evitar mantener componentes de baja rotación acumulados por mucho tiempo.

La estandarización de procedimientos es una herramienta fundamental ya que permite establecer acciones para mejorar el mantenimiento, ampliando de esta forma el ciclo de vida útil de los repuestos. Además, es fundamental para la seguridad de los colaboradores tanto en la empresa como fuera de ella, ya que durante nuestro diario vivir se pueden implementar practicas seguras, las cuales muchas veces parecen no tener importancia, pero pueden llegar a ser muy relevantes.

8. RECOMENDACIÓN

Se recomienda dar continuidad con la aplicación de las acciones implementadas como la realización de inspecciones, el diligenciamiento de la hoja de vida, actualización y creación de estándares y las frecuencias de cambio establecidas, en los 11 puentes grúa restantes del área de laminación, para obtener una mejora continua en los resultados de los respectivos KPI.

BIBLIOGRAFÍA

DE GRADO, T. E. Propuestas de mejoras a los procesos de gestión de mantenimiento y procura de repuestos para equipos de control de acceso, empleados en las instalaciones de una empresa de consumo masivo, a nivel nacional, [online]. febrero 2017. [Citado 18 de octubre del 2019]. Disponible en: <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAT6435.pdf>

FARFÁN AGUILAR, E. Propuestas de mejora en la gestión de repuestos, [online]. Enero 2005. [citado 18 de octubre del 2019]. Disponible en: <http://159.90.80.55/tesis/000142217.pdf>

GALARZA JARAMILLO, J. G. (2012). Plan de mantenimiento de un puente grúa con capacidad de diez toneladas, [online]. octubre 2012. [citado 18 de octubre del 2019]. (Bachelor's thesis, QUITO, 2012.). Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5145/1/CD-4563.pdf>

GRANADA SERRANO, J. A. Desarrollo de procedimientos para la ejecución del modelo de planificación de mantenimiento en el sistema SAP para la empresa Perfilamos del Cauca SA, [online]. Agosto de 2009. [citado 18 de octubre del 2019]. (Bachelor's thesis, Universidad Autónoma de Occidente). Disponible en: <http://red.uao.edu.co/bitstream/10614/6169/1/T04175.pdf>

Grúas, [online]. [citado 18 de octubre del 2019]. Disponible en: <https://ingeniero-de-caminos.com/gruas/>

Isolución, [online]. [citado 18 de octubre del 2019]. Disponible en: <https://www.guiadesolucionestic.com/sistemas-de-informacion/gestion-de-procesos-de-negocios-bpm-herramientas-de-productividad/gestion-de-calidad-mejoramiento-continuo-iso-9001-ntcgp1000-meci/1891-isolucion-calidad>

JARÁ, F. J. V. Análisis de la rentabilidad del cambio a un componente de gama superior, [online]. 2011. [citado 18 de octubre del 2019]. Técnica Industrial, 293, 44-48. Disponible en: <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/78/627/a627.pdf>

JARAMILLO ASTUDILLO, R. H., & Matailo Quituisaca, M. V. Modelo de jerarquización de equipos en función de su criticidad aplicado a un sistema tranviario, [online]. 2016. [citado 18 de octubre del 2019]. (Bachelor's thesis,

Universidad del Azuay). Disponible en:
<http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5822/1/12142.pdf>

JIMÉNEZ SILVA, Erika Estephania, et al. Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en línea piloto en la Compañía Nacional De Chocolates SAS, [online]. 2017. [citado 12 de abril del 2020]. Disponible en:
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7021/1/JimenezSilvaErikaEstephania2017.pdf>

PEÑA, J. F. Inspecciones de seguridad y análisis de tareas. Manual para la formación de nivel superior en prevención de riesgos laborales, [online]. 2005. [citado 18 de octubre del 2019]. P. 53-60. Disponible en:
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2x-5BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA53&dq=puede+gruas+INSPECCIONES+&ots=PgYKwxV67t&sig=_83cm4h3_wQaGOCXgPrdpFp4w4Y#v=onepage&q=puede%20gruas%20INSPECCIONES&f=false

PÉREZ, I., Andy, A., & Santander Silva, R. A. Diseño e implementación de un plan de mantenimiento en una empresa metalmecánica, [online]. 2013. [citado 18 de octubre del 2019]. Disponible en:
http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/407/1/Inostroza_Perez_Alex.pdf

RENOVE TECNOLOGIA, IRIM. Indicadores de disponibilidad [sitio web]. Fuenlabrada – Madrid; [Consultado: 09 de mayo de 2020]. Disponible en:
<http://renovetec.com/irim/304-indicadores-de-disponibilidad>.

SOLÍS-CHAVARRÍA, R. Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para un taller de mecánica de precisión, [online]. noviembre 2017. [citado 18 de octubre del 2019]. Disponible en:
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9627/dise%c3%b1o_programa_mantenimiento_preventivo_para_taller_mecanico_precision.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Verbal, F. (1987). Prevención de defectos en puentes grúa. Ingeniería de Construcción, (2), [online]. Marzo 1987. [citado 18 de octubre del 2019]. Disponible en:
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=vQ8NAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PA80&dq=puede+gruas+INSPECCIONES+&ots=0eLiqb6mIE&sig=4_BjHZOyQ8ZqPpvDSvAfBICBq4c#v=onepage&q&f=false.

VIVEROS, P, *et al.* Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo, [online]. 2013. [citado 18 de octubre del 2019]. Ingeniar. Revista chilena de ingeniería, 21 (1), 125-138. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v21n1/art11.pdf>

