



ELABORACIÓN DE UN PROTOCOLO PARA LAS ACTIVIDADES DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MOTORES DE BAJA TENSIÓN EN LA
EMPRESA LEOTECNICAS.

Modalidad: Proyecto de investigación

RAFAEL ANTONIO MIRANDA VECINO

C.C.: 1047465385

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
PROGRAMA TECNOLOGÍA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
ELECTROMECAÁNICO

BARRANCABERMEJA

(08/11/2020)



ELABORACIÓN DE UN PROTOCOLO PARA LAS ACTIVIDADES DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MOTORES DE BAJA TENSIÓN EN LA
EMPRESA LEOTECNICAS.

Modalidad: Proyecto de investigación

RAFAEL ANTONIO MIRANDA VECINO

C.C.: 1047465385

Trabajo de grado para optar al título de
Tecnólogo En Operación Y Mantenimiento Electromecánico

DIRECTOR

JUAN MANUEL BAYONA ARENAS

GRUPO DE INVESTIGACIÓN – DIANOIA

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
PROGRAMA TECNOLOGÍA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
ELECTROMECAÁNICO
BARRANCABERMEJA**

Fecha de Presentación: (08/11/2020)

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

Nota de Aceptación



Firma del Evaluador



Firma del director

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a mis padres, quienes me han enseñado la importancia del estudio y la disciplina para llevar a cabo las metas que me propongo. También está dedicado a la empresa Leotecnicas, la cual me dio la oportunidad de realizar este trabajo de grado y formar parte de un equipo de trabajo en el que pude fortalecer mis conocimientos teóricos aprendidos en las Unidades Tecnológicas de Santander.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la institución Unidades Tecnológicas de Santander por brindarme la oportunidad de formarme tanto académicamente como personalmente, también agradezco al director de este proyecto, el ingeniero Juan Manuel Bayona Arenas, quien estuvo acompañándome durante el desarrollo de la investigación, para finalmente presentar el trabajo de grado.

Le doy gracias a Luis Eduardo Gómez Castaño jefe del área de mantenimiento en Leotecnicas, quien me ayudó a fortalecer mis conocimientos en temas de mecánica y electricidad. De igual modo agradezco a la empresa Leotecnicas por facilitarme las herramientas necesarias y todo su apoyo durante el desarrollo de la presente investigación.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2. JUSTIFICACIÓN	16
1.3. OBJETIVOS	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4. ESTADO DEL ARTE	19
2. MARCO REFERENCIAL	27
2.1. MARCO TEÓRICO	27
2.1.1. PLANIFICACIÓN	27
2.1.2. ESTABLECIMIENTO DE MEDIDAS ADMINISTRATIVAS Y TÉCNICAS	27
2.1.3. OPERACIÓN, REVISIÓN Y EVALUACIÓN	27
2.1.4. ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ MEDIANTE ÁRBOL LÓGICO DE FALLAS	28
2.1.5. MANTENIBILIDAD	28
2.1.6. TÉCNICA DE AUDITORIA EN MANTENIMIENTO	29
2.1.7. COSTO BENEFICIO DEL MANTENIMIENTO	29
2.1.8. PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO	30
2.1.9. PRUEBAS BAKER Y DE AISLAMIENTO	30
2.1.10. ANÁLISIS DE CRITICIDAD	31
2.1.11. MEJORAMIENTO CONTINUO	31
2.1.12. MOTORES CONTROLADOS POR FRECUENCIA	31
2.2. MARCO CONCEPTUAL	32
2.2.3. MEJORAMIENTO CONTINUO	34
2.3. MARCO LEGAL	34
2.3.1. NORMA CONVENIO 3046. MANTENIMIENTO CENTRALIZADO	34
2.3.2. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	35
2.3.3. ACTIVIDADES DE GESTIÓN DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO	35
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	36
3.2. FASES DE LA INVESTIGACIÓN	37

<u>4.</u>	<u>DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO</u>	<u>38</u>
<u>5.</u>	<u>RESULTADOS</u>	<u>74</u>
<u>6.</u>	<u>CONCLUSIONES</u>	<u>75</u>
<u>7.</u>	<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>77</u>
<u>8.</u>	<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>79</u>
<u>9.</u>	<u>ANEXOS.....</u>	<u>84</u>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mantenimiento preventivo, pruebas estáticas.....	40
Figura 2. Mantenimiento preventivo, condición del motor presenta vibraciones	41
Figura 3. Mantenimiento preventivo, condición del motor presenta desbalance de corrientes y altas temperaturas	42
Figura 4. Mantenimiento preventivo bajo aislamiento, cambio de RTD	43
Figura 5. Cambio de rodamientos de abiertos a sellados referencia 2Z/ C3 SKF	44
Figura 6. Formato de pruebas de análisis de vibraciones	46
Figura 7. Formato de registro de equipos para mantenimiento	47
Figura 8. Formato de metrología.....	48
Figura 9. Formato de registro de mantenimiento preventivo de motores	50
Figura 10. Recepción de motores eléctricos, Zona cero.....	55
Figura 11. Inspección visual al equipo Wester Electric.....	56
Figura 12. Desarme completo del motor Wester Electric 40hp.....	57
Figura 13. Grúa para el traslado de motores eléctricos	58
Figura 14. Inspección eléctrica al equipo Wester Electric.....	59
Figura 15. Ensamble de rotor al equipo Wester Electric.....	60
Figura 16. Banco de pruebas estáticas	61
Figura 17. Prueba metrológica realizada al equipo xxx	62
Figura 18. Resultado final del equipo Wester Electric 40hp.....	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Control de mantenimiento preventivo eléctrico.	52
Tabla 2. Protocolos de mantenimiento preventivo	64

LISTA DE TABLAS

Anexo 1. Solicitud mantenimiento correctivo	84
Anexo 2. Lista de chequeo para motores eléctricos	85
Anexo 3. Acta de entrega de equipos y herramientas	86
Anexo 4. Formato Hoja de vida del equipo.....	87
Anexo 5. Formato para el ingreso de equipos a la empresa.....	88

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Pregunta 1, actividades y observaciones	70
Gráfica 2. Pregunta 2, practicidad del protocolo de mantenimiento.....	71
Gráfica 3. Pregunta 3, facilidad del protocolo de mantenimiento	71
Gráfica 4. Pregunta 4, documentación del protocolo	72
Gráfica 5. Orientación dada para el uso del protocolo de mantenimiento.....	72
Gráfica 6. Pregunta 6, satisfacción del usuario	73
Gráfica 7. Aporta soluciones o mejoras a las actividades de mantenimiento.....	73

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tuvo por objetivo principal elaborar un protocolo para las actividades de mantenimiento preventivo que se llevan a cabo a los motores de baja tensión en la empresa Leotecnicas. Durante su desarrollo se documentaron los hallazgos encontrados en la ejecución de las tareas propias del área de mantenimiento, implementando una metodología de tipo descriptiva, en la cual se detalla de forma general todo el sistema que se intervino, obteniendo información real del estado de los equipos e instalaciones, con el fin de proveer una exposición detallada y aclarativa de los argumentos planteados.

Como resultado, se obtuvo un protocolo de actividades de mantenimiento preventivo que permite mejorar el proceso de operación en motores de baja tensión, a partir de un diagnóstico previo para tomar registro de los equipos. Dentro de las conclusiones del trabajo, se destaca la importancia de una mejora continua y efectiva de las labores que se desarrollan, y la manera en la que la implementación de una metodología permite prolongar la vida útil de las maquinas que se intervienen.

PALABRAS CLAVE. Protocolo, mantenimiento, motores eléctricos, control, fallas.

INTRODUCCIÓN

Las empresas modernas precisan ser competitivas para sobrevivir. Esta necesidad es especialmente importante en momentos de crisis económica e incertidumbre, en el que las empresas requieren de flexibilidad para garantizar su rentabilidad, a través de ajustes en su estructura organizacional y productiva. Para conseguir aumentar la competitividad, muchas compañías se plantean estrategias con el fin de obtener mejoras tangibles e intangibles en la organización que les ayude a afrontar las dificultades del negocio.

En general, las empresas se benefician de las buenas prácticas de mantenimiento. Sin embargo, se deben considerar varios factores antes de poder determinar si el mantenimiento está ayudando o perjudicando su operación. Algunas ventajas son el aumento en la longevidad de los equipos, la optimización del rendimiento de estos, menor tiempo de inactividad, disminución de costos, entre otros. Un protocolo de mantenimiento preventivo bien planificado es la clave para la operación confiable y de larga duración de motores y generadores.

Empresas como Cimentaciones de Colombia Ltda., han implementado modelos de mantenimiento preventivo. Torres (2017) diseñó un protocolo de mantenimiento que le permitió a la compañía una mayor confiabilidad, disponibilidad y eficiencia, disminuyendo los costos de operación para los equipos de perforación, obteniendo otros beneficios como mejora en la vida útil de los equipos. El trabajo incluyó una pre evaluación o diagnóstico, metodología, características de uso, clasificación de sistemas y subsistemas, listado de componentes, estado actual de los equipos, lo cual se obtuvo mediante inspecciones, estableciendo las circunstancias de causalidad de la falla en consecuencia su posible diagnóstico y solución.

En la primera parte de la presente investigación se presenta el planteamiento del problema, en el que se aborda la problemática principal de la empresa objeto de estudio, se continúa con la justificación del proyecto, los objetivos a realizar, el estado del arte al momento de la presente investigación, en ella, se señalan autores como Guzmán (2016), Gasca & Vargas (2014), entre otros autores clave para el proyecto de investigación, así mismo se realiza el desarrollo de las actividades planteadas en los objetivos y el seguimiento de estas últimas. Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones del autor.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El frecuente uso de métodos y técnicas de supervisión por parte de las industrias, orientadas a la implementación adecuada de un mantenimiento ya sea preventivo o correctivo que permita el control de cada una de las actividades realizadas, monitoreo de las condiciones de trabajo de cada equipo e identificación de factores que alteran paulatinamente el desarrollo de las actividades diarias, se da con la finalidad de prevenir el surgimiento de fallas e inconsistencias que perjudican evidentemente el desarrollo productivo, competitivo y económico de la empresa (Muñoz, 2017).

La empresa Leotecnicas LTDA es considerada como una empresa competitiva en el mercado, especializada en la prestación de servicios en el área de electromecánica, lo cual incluye el mantenimiento a motores eléctricos. Sin embargo, actualmente en la sede, ubicada en el municipio de Barrancabermeja - Santander, se ha venido evidenciando una serie de acontecimientos que ha conllevado a la derivación de fallas y anomalías que afectan el cumplimiento de las actividades diarias, las cuales se caracterizan por la falta de un protocolo de mantenimiento acorde a los parámetros requeridos para la supervisión y mejora en las áreas de control, que permita mantener en óptimas condiciones y total disponibilidad los equipos de trabajo.

Del mismo modo, el incremento en los tiempos muertos de trabajo, paradas no programadas y falta de personal que efectúe diariamente las labores pertinentes de mantenimiento o actividades básicas que se requieren, puesto que solo se recurre a procesos de mantenimiento a los clientes de mayor prioridad.

De igual forma se hace notoria la necesidad que tiene el sector electromecánico de Leotecnicas LTDA de implementar una metodología que agilice los procesos de gestión, mantenga un monitoreo constante a los puntos críticos de las labores y ayude a reducir las actividades que generan pérdidas en la organización. Por lo cual surge la siguiente interrogante de ¿Cómo diseñar un protocolo de actividades mediante la metodología de mantenimiento preventivo en motores de baja tensión en la empresa Leotecnicas LTDA?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Al desarrollar un protocolo para las actividades de mantenimiento preventivo a motores de baja tensión se pueden llevar a cabo una serie de indicaciones, las cuales permiten detectar, clasificar, analizar y cuantificar las fallas que pueden llegar a presentarse durante un proceso, aminorando la generación de pérdidas y afectaciones en el cronograma del área de mantenimiento, con el objetivo de crear e implementar una metodología de gestión y apoyo que garantice el óptimo funcionamiento de las labores en Leotecnicas LTDA. Dicha gestión es posible a través de la recolección de datos, la observación de fallas y un importante método de revisión que permita identificar o detectar cualquier anomalía en los procesos.

El diseño de un protocolo de actividades promueve la optimización de los procesos aplicados en el área de trabajo, identificando de manera eficiente y efectiva los inconvenientes y posibles fallas, además permite generar planes de mantenimiento más acorde con las labores de la empresa, minimizando los procesos de revisión y reparación por complicaciones. Con un protocolo de actividades se pueden optimizar las mismas, lo cual aumenta los niveles de producción y reduce las pérdidas. Por tanto, se evidencia la importancia de implementar un paso a paso

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

para el desarrollo del mantenimiento preventivo, que contribuya de manera directa con la corrección efectiva de las mejoras en los procedimientos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un protocolo de actividades mediante la metodología de mantenimiento preventivo en motores de baja tensión en la empresa Leotecnicas LTDA.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las condiciones actuales de mantenimiento, la información y el modelo que se realiza actualmente en la empresa Leotecnicas LTDA, a partir de un diagnóstico para tomar registro de los equipos.
- Documentar los hallazgos encontrados en la ejecución de las tareas, mediante el seguimiento de cada equipo para conservar la trazabilidad de la información.
- Validar mediante la implementación de los protocolos en la reparación de motores eléctricos, la conveniencia de estos.

1.4. ESTADO DEL ARTE

Internacional

Ortega (2016) realizó un trabajo de grado en el cual implementó un plan de mantenimiento a una empresa llamada Vitrinas Páramo Ortega, que se dedica al diseño, construcción y el montaje de vitrinas. La investigación incluyó un análisis financiero para la evaluación de la inversión del mantenimiento, aplicando los procedimientos teóricos.

El objetivo fundamental consistió en implementar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para las máquinas que se involucran en el proceso que realiza la empresa.

La metodología aplicada, se basó a partir de la recolección de la información técnica de los activos. Posteriormente, la jerarquización y caracterización de los equipos para la evaluación de modos y causas de fallos (Ortega, 2016). Con lo cual, se pudo determinar el RPN (Riesgo prioridad número) y definir el plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, programando las actividades pertinentes según las necesidades previstas.

En Ecuador, se presentó por parte del autor Fernández (2014) un trabajo de tesis de grado elaborado en la empresa Industrias Lacto Cía. Ltda. En la que propuso un plan de mantenimiento acorde a las necesidades y la realidad actual de la empresa, para un adecuado sostenimiento de los equipos de manera que se pueda garantizar productos de calidad y una mayor rentabilidad. Para realizar este proyecto, se utilizó el historial de averías de la compañía objeto de estudio para definir las tareas de mantenimientos más comunes, repuestos más utilizados y su costo. Además, se abordó el costo que tendría que implementar el plan de mantenimiento dentro de la empresa para lo cual se consideraron factores y normativas internas, y se

concluyó que es razonable para la empresa disponer de este plan en sus actividades de mantenimiento de maquinaria, pues demostró una reducción en los costos y gastos de mantenimiento.

Por otro lado, Guzmán (2016) planteó en su plan de trabajo, la estructuración de la base de la información para el mantenimiento preventivo, en el cual expuso el diagnóstico realizado al proceso actual de mantenimiento de la empresa La Tercer S.A.C. El método utilizado consistió en un modelo de mantenimiento, en el que se detallan los activos del equipo y se realizan las observaciones y características de mayor importancia con los puntos de control o de chequeo de mantenimiento para cada equipo. Al final, se obtuvo un manual o programa de mantenimiento preventivo, con chequeos detallados y puntuales que genera confiabilidad en cuanto funcionamiento y seguridad, además de un mayor rendimiento medido en términos de eficiencia, disminuyendo riesgos de daños a los materiales, equipos o personas.

El desarrollo del trabajo de Guzmán (2016) amplió la capacidad de producción con un aumento equivalente al 12% pasando de una producción semanal de 410,557 millares a 459,824 millares por semana, con un rendimiento de 49.427 unidades adicionales de ladrillo tipo estándar

En relación con lo anterior, el autor Fernández C. (2013) diseñó un modelo de mantenimiento preventivo para los remolcadores modelo FLTT Dodge específicamente para el tema de lubricación en el Grupo Aéreo de Caza N.º 16 adscrito al componente de la Aviación Militar Bolivariana. La propuesta se diseñó en dos fases, la primera incluyó el diagnóstico de las condiciones actuales de los remolcadores empleados en las aeronaves de Caza Bombardero F-16 y se apoyó en una investigación de campo, en la segunda etapa se identificaron las características técnicas de los remolcadores empleados en actividades aeronáuticas, y se utilizó para ello la técnica de revisión de datos bibliográficos que

permitió conocer exhaustivamente el sistema de lubricación de los remolcadores. En la segunda fase del proyecto, se elaboró la propuesta de implementación, que surgió a partir del estudio de registros de mantenimiento y descripciones de la conducción operativa del plan de mantenimiento, esto permitió planificar los trabajos de mantenimiento administrativamente, se estructuraron los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo, se crearon registros de mantenimiento de los equipos, por otro lado, se pudo crear un proceso de conducción operativo del mantenimiento, permitiendo de esta manera prolongar la vida útil del motor del remolcador tipo FLTT marca Dodge.

Félix Cesáreo (1998) ratifica que a partir de los años 50 comienzan a distinguirse dos líneas de trabajo bien definidas dentro del mantenimiento industrial: por un lado, las técnicas de análisis de la fiabilidad de los equipos, ya mencionadas; por otro lado, las técnicas de verificación mecánica, cuya finalidad es la detección prematura de los posibles fallos o defectos en las máquinas, lo que supone el advenimiento formal del mantenimiento predictivo. Dentro de la primera línea cabe mencionar los trabajos de Greer, en 1960, y Hanks, en 1961, acerca de la planificación del mantenimiento, resaltando la gran utilidad de disponer de estadísticas que reflejaran la evolución histórica de las máquinas y las averías. Posteriormente en 1965, describe diversos métodos de optimización de las políticas de mantenimiento.

En cuanto a la segunda línea, en la ASME Petroleum Mechanical Engineering Conference de Dallas, en Septiembre de 1968, se produce un hecho de vital importancia para el desarrollo de las técnicas y la posterior aplicación de forma generalizada a la industria (Hernando, 2005): la publicación de los trabajos realizados por J.S. Sohre en 1968, en los que se hace una recopilación de las manifestaciones vibratorias producidas por los defectos más frecuentes de la maquinaria rotativa.

En cuanto al desarrollo experimentado en las últimas décadas por el mantenimiento, puede decirse que la historia reciente del mismo ha supuesto su confirmación como una tecnología con un cuerpo de ciencia propio. Impulsado principalmente por la industria norteamericana militar, Aero espacial y electrónica, ha ido poco a poco introduciéndose en todo el panorama industrializado mundial, con una incidencia temprana y muy importante en los sectores Químico, Naval y Energético. Su aplicación hoy en día se extiende a todos los sectores industriales, hasta el punto de que su grado de implantación en la industria de un país llega a utilizarse como un indicador de su estado de desarrollo (Cesareo, 1998, pág. 39).

Mientras que a comienzos de los 50, los ingenieros de los Estados Unidos realizaban estudios teóricos acerca del mantenimiento industrial, y empezaban a aplicar de forma sistemática una tecnología de mantenimiento, en la U.R.S.S. se empezó por estudiar un sistema de mantenimiento de máquinas herramientas (Cesareo, 1998). En la Europa occidental, la preocupación por la tecnología de mantenimiento llegó algo más tarde, y no lo hizo de manera uniforme en todos los países, sino a un ritmo acorde con su nivel de industrialización, lo que produjo marcadas diferencias en cuanto a investigación, desarrollo, y obviamente grado de implantación de la tecnología, entre los distintos países.

El primer dispositivo giratorio impulsado por electromagnetismo fue construido por el inglés Peter Barlow en 1822 (Barlow's Wheel).

Después de muchos otros intentos más o menos exitosos con aparatos rotativos y recíprocos relativamente débiles, el prusiano de habla alemana Moritz Jacobi creó el primer motor eléctrico rotativo real en mayo de 1834 que en realidad desarrolló una notable potencia mecánica de salida. Su motor estableció un récord mundial que fue mejorado solo cuatro años después en septiembre de 1838 por el propio Jacobi. Su segundo motor era lo suficientemente potente como para conducir un

bote con 14 personas a través de un ancho río (Castellanos, 2005). No fue sino hasta 1839/40 que otros desarrolladores de todo el mundo lograron construir motores de similar rendimiento y más tarde también de mayor rendimiento.

Ya en 1833, el alemán Heinrich Friedrich Emil Lenz publicó un artículo sobre la ley de reciprocidad de los fenómenos magnetoeléctricos y electromagnéticos, es decir, la reversibilidad del generador y motor eléctricos.

Nacional

En el ámbito nacional, Salazar (2008) en su proyecto elaborado para el Hospital Susana López de Valencia E.S.E titulado “Manual de protocolos de mantenimiento de equipos biomédicos”, presenta un modelo de gestión de mantenimiento como una herramienta de apoyo para el personal médico y de ingeniería en el desarrollo, control y dirección en todo lo relacionado con equipo biomédico, con el ánimo de generar confiabilidad de equipos, seguridad, eficiencia, máximo rendimiento, uso de tecnología. En el proyecto se realizaron actividades de caracterización, inventario y clasificación del riesgo, de manera tal que los equipos de mayor utilización e importancia fueron priorizados para el Hospital Susana López de Valencia E.S.E. Allí se concluyó con un exitoso resultado de diseño de procedimientos, hojas de chequeos o revisión, evaluación test de resultados, caracterización de cada uno de los equipos, a este informe se le tituló Protocolo de Inspección y Mantenimiento Preventivo Planificado.

Así mismo, Monsalve (2011) llevó a cabo una investigación en la que se realizó un manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de calderas y bomba de alimentar calderas de la planta Termo barranca, para ello, se recolectó la información de los equipos, así como la revisión de los registros pertinentes para la elaboración del manual. Como metodología se realizó un trabajo de campo en la empresa objeto de estudio, en la que se elaboró un cuadro de actividades que

permitieron concluir con la elaboración del manual. En este manual se incluyó la ficha técnica, la ficha de operación y el procedimiento del mantenimiento preventivo que se le debe hacer a la maquina según las horas de trabajo cumplidas.

Finalmente, se sintetizaron los procedimientos de entrega de información eficiente, en el que se reflejan de manera detallada, pero de fácil acceso a las características del equipo tales como información técnica, maniobras realizadas, tiempos de mantenimiento, repuestos, encargado o responsable para así determinar el estado vigente y las actuaciones del inspector para el mantenimiento preventivo. El modelo de sistema de gestión de equipos biomédicos definió detalles de planificación anual, para determinar, procedimientos, tablas de frecuencia, formatos, ordenes de trabajo, listas de chequeo, modelos de órdenes de trabajo, de esta manera se obtuvo una integridad del sistema de mantenimiento de equipos biomédicos y hospitalarios con pruebas de seguridad eléctrica, de eficiencia y de rendimiento.

Igualmente, Acevedo (2012) diseñó un modelo de mantenimiento en equipos de campo para la producción de petróleo, en la medida que los equipos disponibles no eran suficientes. Entonces después de una evaluación, clasificación, análisis de pruebas y ensayos del sistema de mantenimiento predictivo teniendo como guía la norma ISO 17359 se logró su implementación. Este proyecto, tiene una característica que además describe las instalaciones del campo donde se desarrolló el proyecto, así como los resultados obtenidos, los cuales incluyen, la disminución de las pérdidas de producción, debido a la detección temprana, la disminución de los riesgos operativos y el incremento de la disponibilidad de equipos en operación.

En relación a lo anterior, Gasca & Vargas (2014) crearon un plan para identificar y prever fallas en un modelo predictivo con énfasis en frecuencia y modo de mantenimiento, este trabajo se desarrolló para la compañía AGROANGEL con la creación de listas de chequeo detallando las actividades a realizar de manera que

el técnico y operario cometan menos errores en la operación y para que el mantenimiento llegue antes de que ocurra un problema, logrando mayor eficiencia. Por otro lado, el diseño de tarjetas de operación y mantenimiento con frecuencias, instructivos, detalle de cambio de partes, reparaciones, ajustes, lubricación, permite que la compañía reduzca los costos de operación y evite las fallas en servicio.

El diseño realizado por Gasca & Vargas (2014) incluye, un plan de trabajo con el adecuado uso de componentes, conservación, mantenimiento, puntualmente establece responsabilidades de manera jerarquizada para el pleno cumplimiento mediante doble chequeo. Toda la información obtenida sirvió como fundamento para evitar las fallas súbitas, efectividad en la detección de errores gracias a las tablas de frecuencia de trabajos y cambios de piezas ya se por tiempo uso como corresponda

También encontramos el autor Torres (2017) quien mediante un modelo de mantenimiento preventivo con destino a la empresa Cimentaciones de Colombia Ltda., igualmente se logró mayor confiabilidad, disponibilidad y eficiencia con menos costos de operación para los equipos de perforación, esto gracias al plan de mantenimiento preventivo, obteniendo además una vida útil de los equipos más amplia. El trabajo incluye la preevaluación, metodología, características de uso, exposición en línea de perforación, priorización, clasificación de sistemas y subsistemas, listado de componentes, estado actual de los equipos con predicción de periodicidad de fallas lo cual se obtuvo mediante entrevistas, encuestas inspecciones, estableciendo las circunstancias de causalidad de la falla en consecuencia su posible diagnóstico y solución.

El método utilizado en la investigación de Torres (2017) fue el de análisis de factores críticos, estado y diagnóstico de equipos, reincidencia, analizando como esto afecta la producción y al personal, la factibilidad del proyecto se obtiene tras analizar el

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

costo beneficio del modelo de mantenimiento con un análisis de tiempos de producción indicadores de reincidencia en fallas, disponibilidad, requerimientos de producción con aplicación del modelo de gestión PHVA de manera que se lleva un registro para mejora continua.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Planificación

“Consiste en la formulación de un plan que establezca objetivos, metas de las actividades a realizar y los encargados de dichas labores; esto con el fin de realizar una labor de mantenimiento ordenada” (Castellanos, 2005, pág. 38).

2.1.2. Establecimiento de medidas administrativas y técnicas

Es necesario que exista una estructuración administrativa eficiente, en el cual se asignen las funciones, se contrate el personal de mantenimiento especializado para las tareas asignadas y la capacitación del personal existente para operar de forma eficiente (Guaman, 2013). Es necesario una estructura de soporte técnico que sea capaz de responder ante cualquier emergencia durante el periodo del mantenimiento.

2.1.3. Operación, revisión y evaluación

“Una vez iniciado la implementación del plan de mantenimiento, es necesario que el responsable del área de mantenimiento verifique que las actividades se estén realizando. El monitoreo y la revisión de la ejecución del plan es muy importante para poder evaluar los resultados del plan implementado” (Castellanos, 2005, pág. 39).

2.1.4. Análisis de causa raíz mediante árbol lógico de fallas

Análisis cuantitativo de una falla cuenta con diversas herramientas para realizar el análisis de causa raíz, lo importante de la herramienta que se utilice es que los resultados a obtener sean acertados y precisos. “Todas estas herramientas tienen algo en común, que trabajan mediante la relación de las causas y efectos para encontrar las causas posibles de la falla de una manera organizada” (Vera, 2011, pág. 71).

El árbol lógico de fallas es considerado una herramienta de la confiabilidad operacional que “permite representar gráficamente las relaciones de causa y efecto que conduce a descubrir el evento indeseable y cuál fue la causa raíz del problema (Vera, 2011). En la práctica el equipo RCA es quién coloca los datos de una falla en forma lógica y comprensible, mostrando en un diagrama la toma de decisiones verificadas a través de preguntas que ayudan a guiar al grupo en busca de la respuesta correcta.

2.1.5. Mantenibilidad

La mantenibilidad de un sistema está íntimamente relacionada con el apoyo logístico requerido por el mismo (Sols, 2000). Los análisis de mantenibilidad son una de las principales fuentes de identificación de recursos de apoyo, tales como documentación, equipo de apoyo y prueba, repuestos, instalaciones especiales, personal.

La documentación de mantenimiento y la formación que deban recibir las personas encargadas de realizarlo depende de la mantenibilidad del sistema, que también influye en los equipos de apoyo y prueba requeridos. En general, cuanto menor sea la mantenibilidad (desde el punto de vista de complejidad del mantenimiento) más extensa y detallada deberán ser tanto la documentación de mantenimiento como la

formación correspondiente que reciban los técnicos, y más exigentes serán los requisitos de los equipos de apoyo y prueba. Además, las instalaciones de apoyo al mantenimiento están condicionadas por la mantenibilidad del sistema (Pazmiño, 2018).

2.1.6. Técnica de auditoria en mantenimiento

Las auditorias de diagnóstico de la gestión del mantenimiento están diseñadas para hacer a las compañías cada vez más rentables dentro de los escenarios de alta competitividad existentes (Parra, 2012). Las auditorias identifican de manera detallada y objetiva el estado de madurez y capacidad de una compañía en el manejo de los activos físicos sin importar el tamaño o la actividad económica, convirtiéndose en una ventaja y en una herramienta estratégica que define el éxito de una empresa. Las auditorias contemplan un amplio conjunto de elementos medibles utilizados para evaluar la aplicación de las mejores prácticas de gestión, donde se identifican las oportunidades de mejora y se conforma la línea base para la implementación de técnicas de soporte de ingeniería de mantenimiento y fiabilidad.

2.1.7. Costo beneficio del mantenimiento

Cuando se habla de la implementación de algo novedoso en cualquier empresa, hay que tener en cuenta que primero se debe convencer al personal del área financiera; demostrarle la necesidad del proyecto y convencerlo que existirán ahorros, pero a mediano y largo plazo (Ruiz, 2012). Por lo general, la compra de activos se plantea de la misma forma: el precio de compra más la instalación y los costos de capacitación, los cuales deben pagarse dentro de un número limitado de años (preferiblemente corto) y después, seguir mostrando una ganancia sustancial después de deducir el importe del capital prestado, los costos de operación, y así

sucesivamente. En consecuencia, cualquier proyecto que implique una inversión, debe demostrar un retorno de esta, en el menor tiempo posible.

2.1.8. Protocolo de mantenimiento

Un protocolo de mantenimiento estándar es un conjunto escrito de instrucciones que especifica cómo se debe realizar un procedimiento de mantenimiento. Debe ser lo suficientemente específico y detallado para que un técnico de mantenimiento calificado que nunca haya realizado la tarea pueda hacerlo con éxito al leer y seguir las instrucciones que contiene (Sánchez, 2017).

2.1.9. Pruebas Baker y de aislamiento

La prueba de Baker también se conoce como prueba de sobretensión, es un medio confiable para evaluar la resistencia de aislamiento de giro a giro y de fase a fase, y para detectar debilidades que podrían conducir a una falla prematura del motor (Amador, 2013).

La falla del aislamiento del conductor es una de las primeras señales de que un motor fallará eléctricamente. La causa principal es a menudo un aislamiento insuficiente en los devanados, especialmente en las curvas. Esto puede suceder durante la fabricación o en el proceso de rebobinar un motor. Para motores en servicio, la falla del aislamiento puede deberse a una variedad de factores. Los depósitos químicos en los devanados romperán el aislamiento. El movimiento del devanado durante los arranques puede causar un desgaste excesivo en el aislamiento. Ambas condiciones conducen al desgaste del aislamiento e inevitablemente falla del motor.

Debido a que el 80% de las fallas del motor eléctrico comienzan como fallas de giro a giro, las pruebas de sobretensión deben ser parte de un programa integral de mantenimiento. La prueba de sobretensión se realiza con una máquina de prueba tipo Baker siguiendo los procedimientos aceptados (Amador, 2013). En resumen, ese proceso incluye conectar la máquina de prueba al lado de carga del arrancador de motor. Se colma un pulso de voltaje en un par de devanados. La prueba se repite para los tres pares de bobinados para permitir una buena comparación.

2.1.10. Análisis de criticidad

Eduardo Huertas (2007) afirma que el análisis de la criticidad de los equipos de una empresa sirve para poder jerarquizar, por importancia, los elementos (sistemas) sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). Además, ayuda a identificar eventos potenciales indeseados, en el contexto de la confiabilidad operacional.

2.1.11. Mejoramiento Continuo

Espinell, Criado y Pérez (2016) declaran que después de un cierto periodo de operación del plan de mantenimiento que podría ser al final de una temporada, es necesario hacer una evaluación de resultados para ver el grado de efectividad obtenido con el plan. Las recomendaciones de mejora que se hagan deberán ser acatadas con el fin de hacer más eficientes las actividades de mantenimiento. Es muy importante para los ingenios el darles continuidad a los programas de mantenimiento predictivo, para así minimizar el tiempo de paro de los equipos.

2.1.12. Motores controlados por frecuencia

Los motores controlados por frecuencia se refieren a series de motores que se utilizan invariablemente junto con un convertidor de frecuencia. Esta categoría de

motores incluye dos tipos de motores síncronos, a saber, motores síncronos de reluctancia y motores de imanes permanentes, así como motores de mesa de rodillos, motores de alta velocidad y servomotores (Viego, Gómez, & Quispe, 2015).

Los motores de alto rendimiento son los más adecuados para aplicaciones que requieren una alta relación potencia/tamaño y se extienden desde un tamaño de bastidor de 90 a 315, o de 1,1 a 350 kW, con un nivel de eficiencia mínimo de IE2 (Amador, 2013). Como sugiere el nombre, los motores síncronos de reluctancia IE4 proporcionan la mayor eficiencia disponible y varían desde un tamaño de bastidor de 160 a 315, correspondiente a 7,5 a 315 kW.

Los motores de imanes permanentes son adecuados para aplicaciones que requieren una alta densidad de par y funcionan a una velocidad máxima de 600 r/min a 400 V. Los motores de imanes permanentes se suministran con enfriamiento automático o con enfriamiento por separado. Los tamaños de bastidor en el área de baja tensión oscilan entre 280 y 450 y un máximo de 1000 kW (con una tensión de 690 V) (Amador, 2013).

El rango de alta velocidad cubre motores estándar en el área de velocidad de 3600 a 5100 rpm. Además, se han fabricado motores personalizados para aplicaciones específicas hasta 60000 rpm.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Javier Carrasco (2014) señala que los principios básicos en que se debe centrar un modelo de gestión del conocimiento en la aplicación al mantenimiento deben basarse en los mecanismos que se observan en cómo se produce la adquisición del conocimiento, cómo se produce la retención, recuperación y utilización. Lo cual

conllevará al estudio de cómo se produce el aprendizaje, agregación y estructuración a los esquemas de memoria para la retención y recuperación y los ajustes pertinentes que se deben tener en cuenta para utilización del conocimiento estratégico y táctico que hace mejorar la eficiencia de dicho servicio.

El sistema propuesto debe tratar de integrar conceptos y técnicas de aplicación al Mantenimiento, con objeto de dar respuesta al problema de la pérdida de la experiencia, reducir los tiempos de actuación y aumentar la eficiencia del servicio de mantenimiento (ante la operación, fiabilidad y mejora de la eficiencia energética). Vega (2017) ratifica que el concepto de mantenimiento puede definirse de muy distintas formas, atendiendo al enfoque que se le dé en cada caso. Incluso resulta insuficiente, hoy en día, pretender una definición basada simplemente en términos económicos. Resulta obvio que el punto de partida del mantenimiento es mantener el correcto estado funcional de los equipos e instalaciones, sin embargo, las consecuencias que el desarrollo de dicho principio elemental puede tener sobrepasan ampliamente el objetivo inicial.

2.2.1. Funciones del mantenimiento

En términos generales, puede afirmarse que las funciones básicas del mantenimiento se pueden resumir en el cumplimiento de todos los trabajos necesarios para establecer y mantener el equipo de producción de modo que cumpla los requisitos normales del proceso. La concreción de la definición tan amplia dependerá de diversos factores entre los que puede mencionarse el tipo de industria, así como tamaño, la política de la empresa, las características de la producción, e incluso el emplazamiento. Aun así, las tareas encomendadas al departamento encargado del mantenimiento pueden diferir entre distintas empresas, atendiendo a la estructura organizativa de las mismas, con lo que las funciones del mantenimiento, en cada una de las mismas, no serán obviamente las mismas (Pérez, Quiñónez, Valencia, & Góngora, 2018).

2.2.2. Responsabilidades en un departamento de mantenimiento

Mantener los equipos e instalaciones en condiciones operativas eficaces y seguras, efectuar un control del estado de los equipos, así como la disponibilidad, realizar los estudios necesarios para reducir el número de averías imprevistas (García, 2019). En función de los datos históricos disponibles, efectuar una previsión de los repuestos de almacén necesarios, intervenir en los proyectos de modificación del diseño de equipos e instalaciones, llevar a cabo aquellas tareas que implican la modificación o reparación de los equipos o instalaciones, instalación de nuevo equipo, asesorar a los mandos de producción, velar por el correcto suministro y distribución de energía, realizar el seguimiento de los costes de mantenimiento.

2.2.3. Mejoramiento Continuo

Espinel, Criado y Pérez (2016) declaran que después de un cierto periodo de operación del plan de mantenimiento que podría ser al final de una temporada, es necesario hacer una evaluación de resultados para ver el grado de efectividad obtenido con el plan. Las recomendaciones de mejora que se hagan deberán ser acatadas con el fin de hacer más eficientes las actividades de mantenimiento.

2.3. MARCO LEGAL

2.3.1. Norma convenio 3046. Mantenimiento centralizado

La Norma establece el marco conceptual de la función mantenimiento a fin de tender a la unificación de criterios y principios básicos de dicha función.-La aplicación de la norma está dirigida a aquellos sistemas en operación, sujetos a acciones de mantenimiento (Convenin.3049, 1993). Los sistemas productivos llevan siglas que

identifican a los sistemas productivos dentro de los cuales se pueden encontrar dispositivos, equipos, instalaciones y/o edificaciones sujetas a acciones de mantenimiento.

2.3.2. Gestión de mantenimiento

Es la efectiva y eficiente utilización de los recursos materiales económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos de mantenimiento. “El objetivo del mantenimiento, mantiene en forma adecuada de manera que pueda cumplir su misión, para lograr una producción esperada empresas de producción y una calidad de servicios exigida en empresas de servicio, a un costo global óptimo” (Calle, 2019).

2.3.3. Actividades de gestión del personal de mantenimiento

Es la que describe los deberes, prácticas y procesos que se realizan en la administración de personas (Cuzco, Molina, & Parra, 2017). Dichas funciones abarcan los siguientes conceptos: reclutamiento, selección, colocación, evaluación, entrenamiento, desarrollo, administración de sueldos y salarios, servicios y beneficios. Salud, seguridad y contratos colectivos.

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de estudio que se llevó a cabo para la realización de este proyecto es de tipo cualitativo y descriptivo, los estudios de este tipo según Sampieri (2010), tiene como objetivo llegar a conocer procedimientos y funcionamiento a través de la descripción de los objetos, actividades y procesos requeridos para su desarrollo, en este caso los relacionados con el diseño de un protocolo para las actividades de mantenimiento preventivo a motores de baja tensión en la empresa Leotecnicas, para tal objetivo se utilizaron técnicas específicas de recolección de datos, acompañado de la observación, para obtener un conocimiento directo de toda la situación en estudio y poder desarrollar el diagnostico requerido para este caso (Herrera, 2017).

Se recopiló la información con relación a los procesos que se llevaron a cabo en el área de mantenimiento. Tal estudio creó una columna sólida de documentos que afirman la viabilidad que presenta el trabajo.

La investigación abarcó un enfoque mixto, el cual lleva una fusión entre el enfoque cualitativo y cuantitativo. Ya que el cualitativo es el que se encargó de identificar la naturaleza profunda de las partes de las máquinas o equipos a intervenir en los mantenimientos y permitió realizar un detallado informe de cada pieza a verificar, y del mismo modo el cuantitativo es el que se desarrolló entre las variables objetivas de los resultados cuantificados de cada pieza a reemplazar por desgaste o cambio definitivo, en el mantenimiento preventivo.

Se utilizó un método inductivo, que permitió observar las actividades de mantenimiento en el estado actual, para así poder establecer respuestas claras de cada lugar a intervenir, dentro de la empresa, que a su vez clasifican la información obtenida en el proceso de verificación.

3.2. Fases de la investigación

Fase I - Diagnóstico

Realizar un diagnóstico previo para tomar registro de los equipos. Se desarrolla una investigación descriptiva, en el cual se hace un barrido detallado general de todo el sistema a intervenir y se necesita obtener información real del estado de los equipos e instalaciones, que especifican y detallan el inicio, durante y final de la propuesta, con el fin de proveer una exposición detallada y aclarativa de los argumentos planteados.

Fase II – Evaluación y documentación de datos

En esta fase se evaluaron los datos que resultaron del análisis ejecutado en cada proceso de mantenimiento y mecanismos preventivos en la empresa. Además, se llevó a cabo la documentación en un reporte diario, de los hallazgos encontrados en el campo de trabajo. Finalmente, la generación de informes de las operaciones de mantenimiento con información relevante para así hacer una comparación del resultado real de los procesos ejecutados en el campo.

Fase III - Elaboración de un protocolo

En esta fase se realizó un protocolo para las actividades de mantenimiento preventivo a motores eléctricos en la empresa, reflejando mediante cálculos, las variables resultantes de la metodología aplicada. Posteriormente, la elaboración de un informe acerca del desarrollo de la presente investigación.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

Para la recolección de información, se determinaron parámetros de divulgación con procedimientos de trabajo y normativas establecidas por los entes encargados, los cuales dieron al personal una fuente de estrategias a la hora de intervenir un equipo en proceso de mantenimiento.

Respecto a la verificación de los informes, se evaluaron y revisaron los eventos de mantenimiento que se llevaban a cabo en cada motor, con el fin de conocer cuántas veces fallaba el equipo en determinado periodo, y todo con el fin de tomar medidas para solucionar cualquier problema que pudiera estar presentando la máquina.

Para evitar que se presentaran incidentes en el área de trabajo, se realizaron retroalimentaciones de los equipos a intervenir, fijando las ventajas y desventajas antes de cada trabajo a realizar, con el supervisor a cargo brindando pautas necesarias a la hora de la intervención en el equipo.

CONDICIONES PRE-MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS

Para el desarrollo del objetivo planteado, se inicia la aplicación de diferentes índices y parámetros estratégicos, establecidos por la empresa, con el objetivo de identificar la condición actual de cada equipo en cuanto a los informes derivados del modelo de control y registro de los mantenimientos realizados. De la misma forma se evalúa detenidamente cada proceso ejecutado, corroborando la información obtenida en los informes y diagramas realizados de las actividades diarias.

A continuación, se indican los equipos y procesos efectuados actualmente en el área de mantenimiento de motores eléctricos en la empresa Leotecnicas Ltda., con el fin de generar un diagnóstico claro y conciso, que ayude a estructurar adecuadamente, una base de datos en la que se incluyan variables, parámetros instructivos e indicaciones que planteen de forma directa los datos necesarios para llevar un control óptimo de los niveles de confiabilidad, calidad y productividad a través de la planeación y organización de sistemas operativos para la mejora de los trabajos.

Para la estructuración del proyecto investigativo se plantea por parte del autor un estudio en el que se desarrolla inicialmente la identificación de los equipos de mayor importancia en el proceso de reparación de motores eléctricos. Finalmente se establece la clasificación de una serie de posibles alternativas de solución las cuales están orientadas al incremento de la confiabilidad, eficiencia y mejora continua en el cumplimiento de las actividades productivas.

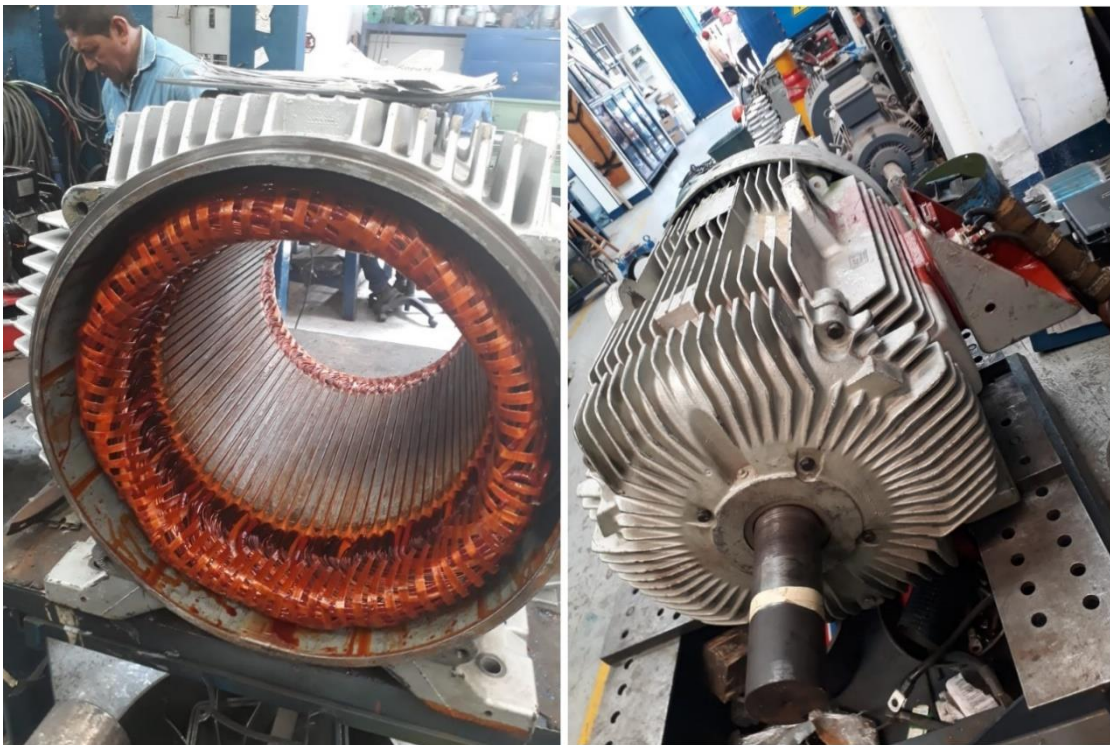
En la empresa Leotecnicas LTDA, se realiza mantenimiento preventivo y correctivo a motores de baja tensión, esto se lleva a cabo con el área respectiva, dirigida por el jefe de mantenimiento quien tiene a cargo 4 técnicos electricistas, cada uno con diferentes años de experiencia, los cuales varían entre 2 y 7 años en la especialidad de motores eléctricos. Cada labor se ejecuta dentro de la zona de trabajo específica, debido a que la organización dispone de un área para la recepción de los equipos, otra para el desarrollo de pruebas estáticas, pruebas dinámicas, así mismo, en otra área se lleva a cabo el desarme de las piezas.

En la Figura 1, se presenta un motor de la marca Baldor con potencia de 100HP, al cual se le realizó un diagnóstico para analizar el estado del equipo. Se realizan pruebas estáticas, resistencia entre bobinas, para determinar la ubicación de las 6

posibles zonas de ubicación del fallo, en el rotor, el estator, el aislamiento. De ello se obtiene un informe que determina el diagnóstico que requiere el equipo en su intervención. En este motor en específico, se presentó la falla en el aislamiento en él bobinado llevándolo a tierra totalmente.

Actualmente, en la empresa el mantenimiento preventivo inicia con el ingreso de los equipos al área que se denomina zona cero, en donde se etiquetan los activos que requieren de una revisión, para verificar el tipo de mantenimiento que requieren.

Figura 1. Mantenimiento preventivo, pruebas estáticas



Fuente: Autor

En la Figura 2, se presenta un motor de la marca General Electric con una potencia de 30 HP, al que se le realizó un mantenimiento preventivo, el cual se inició con un diagnóstico de la condición del motor, se analiza y evalúa el estado de las

vibraciones, se realizan pruebas dinámicas, para monitorear condiciones de temperatura y parámetros (voltajes y corrientes), de allí se identifican las falencias en los componentes que se presentan en los cambios de las vibraciones. Durante el proceso, se desarman algunas piezas que luego son movidas al área de almacenamiento (identificadas con código). Los estatores se ubican en lugar libre de humedad. Los ejes y las tapas se trasladan al área mecánica, en donde los encargados realizan la metrología (medición de parámetros), que deben tener cada uno de los alojamientos. Ejes y tapas son separadas, buenas o malas, al área de almacenamiento. Este proceso es vital para la calidad y buen mantenimiento del equipo.

Figura 2. Mantenimiento preventivo, condición del motor presenta vibraciones



Fuente: Autor

En la Figura 3 se muestra el mantenimiento preventivo que se le realiza al motor de marca Baldor con potencia de 125 HP, se realizan pruebas iniciales para identificar

las condiciones del equipo, para ello se realizan pruebas estáticas que incluyen la prueba de aislamiento, resistencias entre bobinas, realizando un informe sobre el estado del motor y un diagnóstico acerca del fallo; el motor que se describe, presenta desbalance de corrientes y altas temperaturas, para su corrección, se realiza un lavado de motor, se pasa a un horno para evitar que se introduzca humedad, luego de esto se vuelve a realizar las pruebas para verificar que esté funcionando de forma correcta.

Figura 3. Mantenimiento preventivo, condición del motor presenta desbalance de corrientes y altas temperaturas



Fuente: Autor

Realizando el mantenimiento preventivo, el primero se caracteriza por contener actividades de limpieza, inspección y revisión, además se identifica el estado de las diferentes variables del motor como la vibración, temperatura, consumo de energía, entre otras, que permiten determinar el estado del motor para evitar posibles daños.

En la Figura 4, se presenta un motor de marca Weg, con una potencia de 250 HP, al que se le realiza mantenimiento preventivo bajo aislamiento, se monitorea 1 hora el equipo en baja tensión, en el diagnóstico se identifica una falla y por ello se realiza el cambio de RTD, cambio de resistencia calefactora a 110 V de 30 Watt.

Figura 4. Mantenimiento preventivo bajo aislamiento, cambio de RTD



Fuente: Autor

En la Figura 5 se presenta un motor de la marca WEG con una potencia de 250 HP, se le realiza un mantenimiento preventivo a petición del cliente, en el diagnóstico, se encuentra que presenta una falla en la zona de rodamientos, por lo cual se cambian rodamientos de abiertos a sellados referencia 2Z/C3 y se realizan las pruebas finales estáticas y dinámicas. Todo funcionamiento de cada motor deja

huellas en sus alojamientos, quiere decir que, al momento de extraer los rodamientos, quedan las marcas reflejadas por posibles fallas: mala alineación de la bomba, sobre esfuerzo de su capacidad, falta de planitud en la base del patín. En tal sentido, los desarmadores son el personal altamente calificado, tienen la capacidad de atender el estado de los motores en el que ingresan, aplicando técnicas para las mismas, teniendo en cuenta las especificaciones previas y el historial del equipo. De modo que, en Leotecnicas se busca llevar a cabo las actividades de mantenimiento con buena calidad, sin embargo, no cuenta con un protocolo específico para las actividades de mantenimiento preventivo a motores de baja tensión.

Figura 5. Cambio de rodamientos de abiertos a sellados referencia 2Z/ C3 SKF



Fuente: Autor

A partir de la revisión de los procesos de mantenimiento que realizaba la empresa Leotecnicas LTDA, se pudo evidenciar que se cuenta con formatos oficiales como la hoja de vida del motor, lista de chequeo, formato de pruebas de análisis, registro de equipos para el mantenimiento, metrología, entre otros, que permiten llevar un

control de las novedades que presenta el equipo, así como un historial que contribuye a entender los anteriores estados y diagnóstico de cada máquina. Sin embargo, en el diagnóstico se evidenció que la compañía no realiza mejoras continuas en el mantenimiento de los equipos, sino que, individualmente los trabajadores implementan mejoras en respuesta a los diferentes sucesos que han transcurrido con cada caso en particular, por ello, algunos trabajadores intentan estructurar una serie de pasos para la reparación y mantenimiento de algunas máquinas, pero no se ve realmente la optimización en el lugar de trabajo, debido a que, no se tiene un registro del procedimiento que se debe realizar a los equipos cuando ingresan a la entidad.

Lo anterior evidencia la necesidad de la empresa hacia la implementación de un protocolo estandarizado que permita a los trabajadores seguir un modelo del proceso que se realiza a cada máquina, ya que, los empleados cumplen con las tareas asignadas, a partir de su experiencia laboral más no con base en el procedimiento definido por la empresa, de esta forma, cada máquina tiene un método diferente para su mantenimiento.

DOCUMENTACIÓN DE HALLAZGOS ENCONTRADOS EN LOS EQUIPOS

La trazabilidad se puede definir como todos aquellos procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto, equipo o lote de productos a lo largo de la cadena de suministros en un momento dado, a través de unas herramientas determinadas. En este sentido y como respuesta a uno de los objetivos específicos planteados en la presente investigación, a continuación, se describe como fue el proceso de documentación de los hallazgos y el seguimiento a los equipos en la empresa.

El formato de registro de pruebas de análisis de vibraciones de motores es un procedimiento que se realiza al vacío, inicialmente se realizan las pruebas Baker y de aislamientos, se hace la verificación del rotor que este libre, se verifican voltajes, vibraciones, juego axial y temperatura, cualquier anomalía que se presente se deben escribir en este formato, presentado en la Figura 7 del presente trabajo.

Figura 6. Formato de pruebas de análisis de vibraciones

CLASE DE EQUIPO: Motor Med. Tm		POTENCIA: 900 HP	RPM TACOMETRO: 3597	RPM: 3567	HZ: 60																
MARCA: SIEMENS		FRAME: S0105	VOLTAJE: 4000 <small>with 4000V for 4000V</small>	CORRIENTE: 722 A <small>in 4000V</small>																	
No. FASES: 3		FACTOR DE SERVICIO: 7.0	MODELO:	No. SERIE: 3003798203-70																	
TIEMPO	HORA	PUNTOS DE MEDICIÓN LADO LIBRE (mm/s ²)			PUNTOS DE MEDICIÓN LADO ACOPLE (mm/s ²)			CORRIENTE (A)			TEMPERATURA		TEMPERATURA BOBINADO						T. Motn		
		1 HOR	1 VER	1 AXI	2 HOR	2 VER	2 AXI	L1	L2	L3	VOLTAJE	LADO LIBRE	LADO ACOPLE	RTD 1	RTD 2	RTD 3	RTD 4	RTD 5		RTD 6	
18/05/2019	9:00	1.53	1.72	2.4	3.4	1.54	1.9	5.4	5.3	5.4	462	41	46°C	113.3	109.9	103.7	107.4	109.4	111.9	33°C	
"	"	0.95	0.98	1.77	2.2	0.99	1.54	"	"	"	462	40	46°C	112.5	110.8	102.8	102.2	106.7	"	32°C	
"	"	0.98	1.9	1.92	1.8	1.2	1.66	"	"	"	462	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	1.22	1.9	2.2	1.55	1.7	1.49	"	"	"	462	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	1.7	1.1	1.7	1.6	1.4	1.7	"	"	"	460	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	12:20	0.92	1.2	1.5	1.69	1.2	1.4	15.5	15.0	13.9	1400	41°C	45°C	114.1	114.1	114.1	114.1	114.0	114.7	32°C	
"	12:30	1.04	0.62	1.39	2.1	0.89	1.34	14.9	15.4	14.2	1400	41°C	45°C	114.5	114.4	114.3	114.6	114.5	114.5	32°C	
"	12:40	1.04	0.62	1.39	2.5	0.88	1.6	14.7	15.4	14.2	1400	42°C	46°C	114.6	114.5	114.9	114.6	114.5	114.7	33°C	
"	12:50	1.04	0.62	1.39	2.2	0.88	1.6	14.7	15.4	14.2	1400	42°C	46°C	114.6	114.5	114.4	114.6	114.5	114.7	37°C	
"	1:00	1.48	1.6	1.8	0.96	0.8	1.6	14.5	14.8	14.9	1400	42°C	46°C	114.6	114.5	114.6	114.7	114.6	114.8	33.6°C	
"	1:10	1.49	1.6	1.75	0.85	0.77	1.6	"	"	"	1400	42°C	45°C	114.8	114.6	114.7	114.8	114.7	114.9	"	
"	1:20	1.49	1.6	1.73	0.89	0.76	1.6	"	"	"	1400	42°C	45°C	114.8	114.6	114.7	114.8	114.7	114.9	"	

OBSERVACIONES:
Mizar (sumaje final (torca de balanceo) + cámara con (torcas como el ensamble y mofa en la balanceo)

INSUMENTOS UTILIZADOS
Pingen fluke 376 FC - Termómetros Fluke - Tacómetro - Baker (Análisis de vibraciones)

REALIZADAS POR: Rafael M. Hernández V.
CARGO: Tec. Especialista Técnico

REVISADAS POR:
CARGO:

* 4.47 A en resistencia calefactora a 110V

Fuente: Autor

Cada motor que ingresa a la empresa, se registra en el formato de equipos para mantenimiento que se muestra en la Figura 8, en este se detallan las características, diagnósticos previos, fallas anteriores, entre otros, y se guarda un historial del motor

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

mediante un código de cuatro dígitos que se encuentra en la parte superior derecha (de color rojo) y que se utiliza internamente en la empresa para identificar los motores y en una posterior reparación, conocer su historial de manera fácil a partir del registro.

Figura 7. Formato de registro de equipos para mantenimiento

RECEPCIÓN DE EQUIPOS PARA MANTENIMIENTO
Calle 67 No. 31 - 30 Barrio Floresta Alta
Tels: 622 9484 - 622 5373, e-mail: gipencional@cooperativas.com
www.fest@cooperativas.com
Barrancabermeja, Santander

PS-F

Nº 6572

LEOTECNICAS LTDA
NIT: 900 076 168-5

FECHA: 17 Mayo 2019
CLIENTE: Stork Tibo

NO INVENTARIO CLIENTE: TELEFONO:
DIRECCIÓN:

DATOS DEL EQUIPO
POTENCIA HP/KW: 400 hp
VOLTAJE: 2300/4000
MODELO: C.G.II

RPM: 3565
AMPERAJE: 194/112
SERIE: 30037982330

CLASE DE EQUIPO: Motor Eléctrico
MARCA: SIEMENS
No. FASES: 3
FRAME: S00S
FACTOR DE SERVICIO: 1.0

DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DEL CLIENTE
#Reparación

REVISIÓN DEL EQUIPO
LECTURAS INICIALES

Resistencia de aislamiento IEEE-43	Corriente al vacío	Voltaje Aplicado (AC)	Resistencia óhmica bobinas	Promedio	Material
Misma Amperios Punto de partida #4			L1 - L2 L1 - L3 L2 - L3		

INSTRUMENTOS UTILIZADOS
MEGUEER PINZA VOLTAMPERIMÉTRICA MULTÍMETRO OTRO

REALIZADA POR:

Registro Fotográfico: Si No

Inspección Visual: Realizada por: Trino, Pico, Capa conductores

Inspección Eléctrica: Realizada por: Roberto D. Dimas
Robinson Contreras (LAVADO y Humedado) - Adalberto de la Cruz con fusibles

INSPECCIÓN MECÁNICA
METROLOGÍA HALLADA (mm)

RODAMIENTO REF.	MARCA	LECTURA ALOJAMIENTO				HOLGURA ISO 286 Hc	NORMA ISO 286 MAX MIN	LECTURA HALLADA				AJUSTE ISO 286 Kc	NORMA ISO 286 MAX MIN
		G1	G2	G3	G4			D1	D2	D3	D4		
6375C3 FAG		160.01	160.00	160.01	160.01	✓		75.01	75.01				
6275C3 FAG		130.01	130.01	130.01	130.01	✓		75.01	75.01				

DIAGNÓSTICO/TRABAJOS A REALIZAR: Hto. Cambio de bobinas, ajuste del motor (Ventilador) - Cambio de bobinas, inspección de bobinas - Adalberto de la Cruz con fusibles

Realizado por: Rafael M. Fecha de Entrega: 16 Mayo 2019

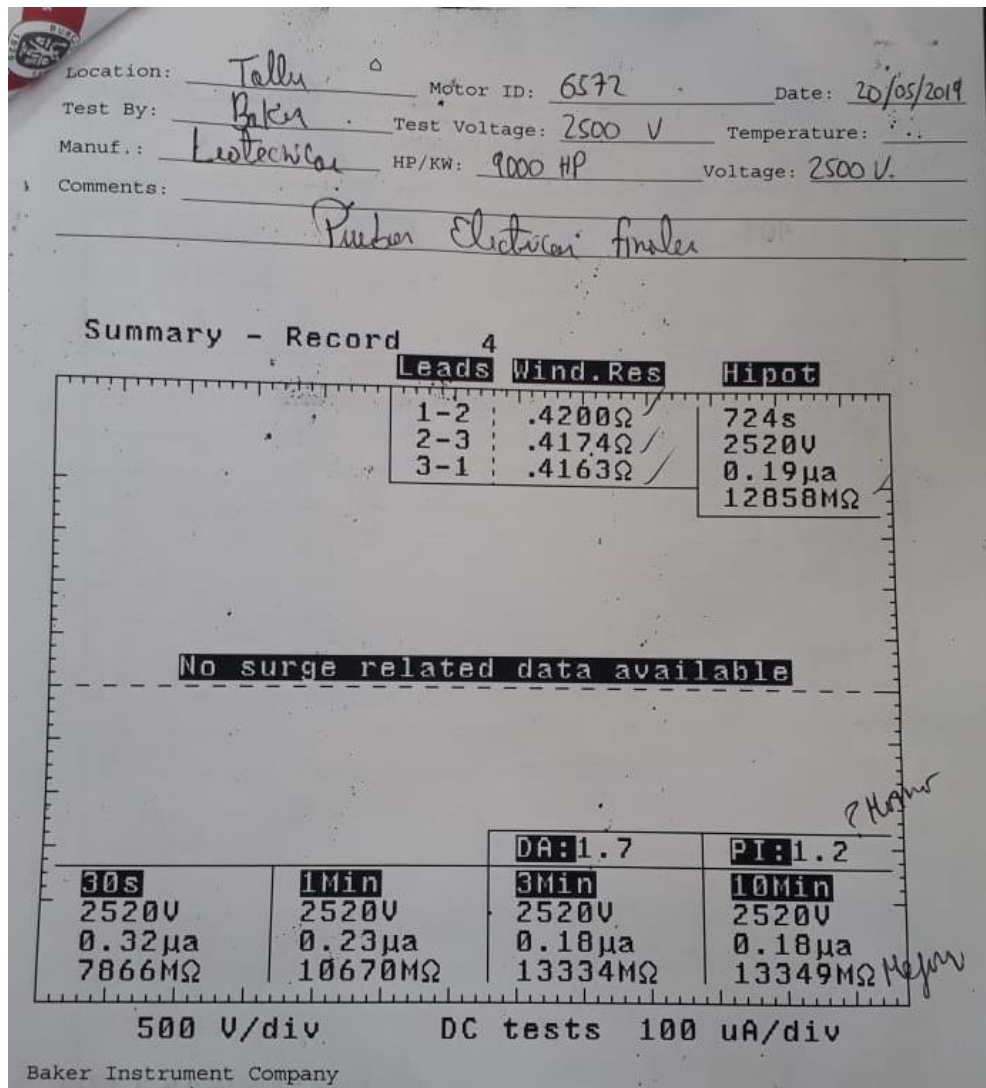
OBSERVACIONES: Nota: cliente autoriza toda mano de obra

Vo Bo DEL CLIENTE: INSPECTOR: 447 A

Fuente: Autor

Para llevar a cabo un historial que permita conocer la información detallada para un diagnóstico acertado, se utiliza un formato de metrología, en el que se registra la medición a los alojamientos, en tapas de lado libre y lado de acople, además de la revisión de los ejes donde asienta la pista interior del rodamiento. Este formato se muestra en la Figura 9.

Figura 8. Formato de metrología



Fuente: Autor

En la Figura 9, se muestra el formato de registro de mantenimiento preventivo de motores, en el que se realiza un informe de las actividades que se hicieron para la reparación del motor, incluyen aspectos como el diagnóstico a realizar, las especificaciones y detalles, por ejemplo, si los rodamientos están para cambios, que generalmente se extraen y se realizan cambio, el estado de la metrología, si es necesario el cambio de ventilador, entre otros. Se manejan dos formatos, el preventivo y el correctivo. Ambos son iguales, lo único que cambia es el diagnóstico.

Figura 9. Formato de registro de datos de mantenimiento preventivo de motores

MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE MOTORES Código: P5-F-28
GESTIÓN DE PRESTACIÓN DE SERVICIO Versión: 06

Identificación No: 6521 Fecha: 18/05/2014

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Marca:	Fases:	Tensión:	Amp:	RPM:	Hz:	Clase de Aislamiento:	Factor de Potencia:	Factor de Servicio:
					<u>60</u>			

DATOS TÉCNICOS

No. de Ranuras:	No. de Grupos:	No. de Bobinas X Grupos:	No. Espiras X Bobina:
<u>36</u>	<u>12</u>	<u>3</u>	<u>19</u>
Grupo Poliar:	Concéntricas / Excéntricas:	MMC:	No. Hilos:
<u>7-9-11</u>	<u>0,83 - 0,90</u>		<u>3</u>
Libre AWG:	Longitud Cabeza / Buclé:	Longitud Hierro:	MM2:
<u>1# 19 - 2# 20</u>	<u>6,15 cm</u>	<u>19,5 cm</u>	
Grupo X Grupo:	Peso del Alambre Total:	Diámetro Núcleo:	

Clase de Conexión: Estrella Volios Triángulo Δ Voltios: 220

Realizado Por: OSUMIRO SUAREZ

PRUEBAS REALIZADAS

Resistencia de Aislamiento IEEE - 43 Índice de Absorción Dieléctrica IEEE - 43 Índice de Polarización Dieléctrica IEEE - 43

Voltaje Aplicado: 500V 1000V 2500V 5000V Otro

Resistencia Óhmica Bobina: L1-L2 1000 L1-L3 1000 L2-L3 1000 Porcentaje (R_{max}-R_{min}/R_p) * 100 Material

PRUEBA AL VACÍO

Tensión Aplicada en Ac:	L1: <u>460</u> V	L2: <u>459</u> V	L3: <u>456</u> V	RPM:	Temperatura Rodamiento:
Corriente (Intensidad) al Vacío:	L1: <u>10,2</u> A	L2: <u>10,4</u> A	L3: <u>10</u> A	<u>1800</u>	LA: <u>36,00</u> Estator: <u>38,00</u>

Conexión: Realizado Por: OSUMIRO SUAREZ

INSPECCIÓN MECÁNICA METROLOGÍA FINAL (mm)

Rodamiento Referencia	Marca	MEDIDAS DE ALOJAMIENTO		NORMA ISO 286		Lectura Final		MEDIDAS EJE		NORMA ISO 286	
		Lectura Final	Holgura ISO	MAX	MIN	Lectura Final	Ajuste ISO	MAX	MIN		
LA 6308 ²⁸ / ₁₁	SKF	90.00	H6	✓		A	K5				
LV 6308 ¹⁴ / ₁₁	SKF	90.00	H6	✓		A	K5				

Realizadas Por: OSUMIRO SUAREZ 6 PUNTOS 6 PUNTOS 6 PUNTOS 6 PUNTOS 6 PUNTOS 6 PUNTOS

ANÁLISIS DE VIBRACIONES RUN - OUT

Equipo Rotativo	Temperatura		Vibración	
	°C	°F	mm/s	Pulg/s
Motor Eléctrico	70	158	1.4	0.06
Bomba Centrífuga	65	149	2.3	0.09

MOTOR

CODIGO	mm/s ² - in/s ²	CRITERIO DE VELOCIDAD
1VER		
1AXI		
1HOR		
2VER		
2HOR		
2AXI		

RUN - OUT

0 GRADOS:	
90 GRADOS:	
180 GRADOS:	
270 GRADOS:	

Pintada Interior: no Ensamble: no Ensayos: Rafael M Montada Exterior: no Ajustes: no

OBSERVACIONES (Favor Ampliar Información Si Es Necesaria)

Realizadas Por: Rafael M Vo. Bo.: Rafael M

Nota: si se requiere hacer esquema y/o anotaciones, favor detallados claramente al reverso.

3757 57 0,90 0,83 0,87

Fuente: Autor

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO

La elaboración de un protocolo de actividades constituye uno de los pilares de organización de cualquier empresa, ya que permite mantener de manera controlada el comportamiento de los diferentes equipos de la cadena productiva, además esto expresa una efectividad en la intervención de estos. Para llevar a cabo y con eficiencia el protocolo, hay que recolectar la información y consignarla de manera ordenada, esto va a permitir al personal involucrado, como los trabajadores y el jefe del área de mantenimiento registrar lo diferentes eventos y comportamientos de los equipos, que permitan monitorear el funcionamiento de estos.

De igual manera se plantea el uso de documentos que permitan conocer de manera específica algunas de las tareas a realizar. Por lo tanto, se hace necesario diligenciar una serie de formatos que van a permitir el registro de la información. Los formatos buscan monitorear, controlar, organizar y ejecutar tareas propias de las actividades del área de mantenimiento.

La aplicación del protocolo de mantenimiento garantizara la máxima disponibilidad de los equipos, calidad en los trabajos, bajos costos de operación, por control de fallas o paradas imprevistas, entre otros. Para llevar a cabo el desarrollo del protocolo de mantenimiento propuesto, se ejecutaron unas fases previas las cuales se constituyen en:

- Identificar las condiciones actuales de mantenimiento, la información y el modelo que se realiza actualmente en la empresa Leotecnicas Ltda., a partir de un diagnóstico para tomar registro de los equipos.
- Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
- Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente.
- Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.

- Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.
- Administración e inspección de las actividades principales del protocolo de actividades de mantenimiento.
- Instructivos de los tipos de mantenimiento efectuados en la empresa.

Una vez establecidos estos criterios se procedió de forma ordenada a realizar las actividades que conllevaron a estructurar los protocolos para la reparación de motores eléctricos propuestos.

Tabla 1. Control de mantenimiento preventivo eléctrico.

Componente	Tarea realizada
La ficha técnica	Se efectuó el diligenciamiento de todos los formatos correspondientes a los equipos de la empresa, teniendo en cuenta la información pertinente de cada uno de ellos
La hoja de vida	Se llevó a cabo el diligenciamiento de los formatos correspondientes para todos los equipos de la compañía, asignando un número de hoja de vida teniendo en cuenta la asignación inicial u orden de listado que genera la empresa, como control de los motores que ingresan para reparación.
La ficha de inspección	Basado en la información técnica de los equipos, manuales y experiencia de los trabajadores se procedió a efectuar el registro de cada una de las fichas de inspección de los equipos de la compañía.
Control de mantenimiento autónomo	Se procedió a diligenciar los estándares de mantenimiento autónomo de cada uno de los equipos.

<p>Actividades básicas de mantenimiento</p>	<p>Consulta de manuales de fabricante y experiencia de los trabajadores se procedió a diligenciar los registros de cada uno de los equipos según se propuso.</p>
<p>Instructivos para la gestión del Mantenimiento</p>	<p>Una vez puntualizados todos los documentos del plan se procedió a elaborar los instructivos, es decir, los protocolos para el desarrollo de la gestión del mantenimiento correctivo, autónomo y preventivo como parte integral del plan de mantenimiento. En estos se indica paso a paso la forma como se deben gestionar las tareas de mantenimiento según el tipo.</p>
<p>Cronogramas del mantenimiento preventivo</p>	<p>Constituido el plan de mantenimiento propuesto, finalmente se diseñaron los cronogramas para el desarrollo del mantenimiento preventivo en la compañía, teniendo en cuenta las actividades de mantenimiento sugeridas. Se decidió elaborar dos calendarios uno para los equipos de montaje y transporte y el otro para los equipos de Sandblasting /pintura y taller, por tratarse de familias de equipos con consideraciones diferentes. Los cronogramas propuestos son de tipo progresivo, es decir se busca que siempre haya un equipo en operación mientras que su reemplazo o gemelo este siendo monitoreado, esto garantiza cierto respaldo.</p>
<p>Catálogos y manuales</p>	<p>Como parte fundamental del diseño del plan de mantenimiento, se contempló la necesidad de buscar los manuales y catálogos de fabricante de los diferentes equipos de la compañía, para incluirlos en la base de datos elaborada, en virtud de que puedan ser</p>

	<p>consultados en razón a que facilitan muchas de las tareas de mantenimiento, además de que permiten conocer las partes y repuestos de los equipos, así como información específica y puntual de los mismos. Los manuales y catálogos elevan la gestión del mantenimiento cuando los procesos en la empresa son organizados.</p>
--	---

Fuente: Autor

Un programa efectivo de mantenimiento del motor aumenta la productividad, reduce el tiempo de inactividad innecesario, maximiza la eficiencia del motor y ahorra gastos. El tiempo de inactividad no programado en las operaciones modernas de la planta da como resultado altos costos y una posible pérdida de negocios. Es por lo que un protocolo de mantenimiento preventivo bien planificado es clave para la operación confiable y duradera del motor. A continuación, se presenta el protocolo de mantenimiento preventivo.

Zona cero

En la zona cero se reciben los equipos que requieren de un mantenimiento preventivo. Inicialmente se diligencia el formato de ingreso de equipos (ver Anexo 5) y se procede a etiquetar el producto. A partir de esto, se espera a que el área de mantenimiento asigne a un técnico para la identificación del estado técnico del equipo. En la Figura 10 se muestra el equipo WEG de 125 HP trifásico a 460V ubicado en la zona cero para la realización de un mantenimiento preventivo.

Figura 10. Recepción de motores eléctricos, Zona cero



Fuente: Autor

Inspección visual

Durante la inspección visual se debe diligenciar el formato de hoja de vida del equipo, incluyendo su código de identificación. En la Figura se evidencia la preparación de los técnicos que llevan a cabo las pruebas de rutina. Se inició con una prueba estática o de devanado, posteriormente se aplicó al motor una prueba de adsorción dieléctrica, se validó el índice de polarización, y se llevó a cabo una prueba RIC.

Figura 11. Inspección visual al equipo Wester Electric

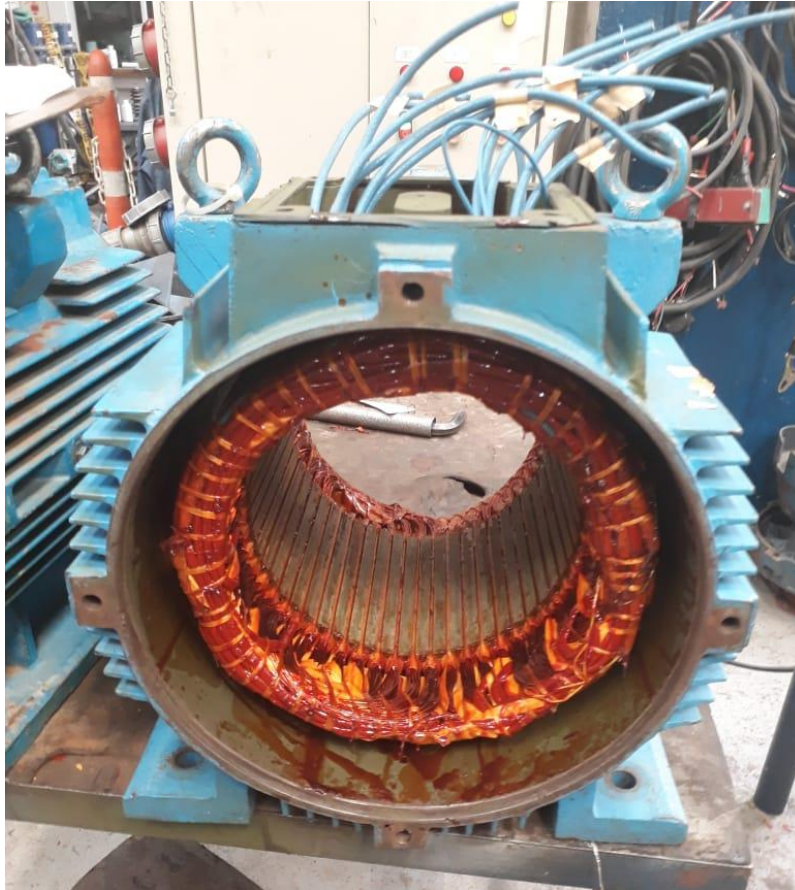


Fuente: Autor

Desarme del equipo

Para el desarme del equipo, se debe diligenciar el formato Acta de entrega de equipos y herramientas (ver anexo 3), en donde se detallan las herramientas que utilizará el técnico durante la intervención al motor. En la Figura se expone el desarme del equipo Wester Electric el cual inicio con el retiro de las cajas de borneras, los pernos, poleas, acoples, contratapas, ventilador, y demás piezas necesarias para lograr una comodidad al realizar las labores posteriores que requiere el motor.

Figura 12. Desarme completo del motor Wester Electric 40hp



Fuente: Autor

Traslado de piezas

Las piezas desarmadas son movidas al área de almacenamiento (marcadas con su código). Los estatores son movidos a un lugar libre de humedad. Eje y tapas (LA y LV), son pasadas al área mecánica.

Los mecánicos son los encargados de realizar la metrología (medición de parámetros), que deben tener cada uno de los alojamientos. Ejes y tapas son

separadas, buenas o malas, al área de almacenamiento. Este proceso es vital para la calidad y buen mantenimiento del equipo.

Figura 13. Grúa para el traslado de motores eléctricos



Fuente: Autor

Cotización del equipo

Luego, se une toda la información y es plasmada en cada proceso realizado en cada activo (motor). Esta información es llevada al cliente para proceso de aprobación a través del personal jefe de producción. Una vez aprobada la cotización se procede según orden de recepción y secuencia en lista de espera. Una vez aprobada la cotización continúa el proceso

Trabajo eléctrico

En la parte eléctrica se realiza: Lavado con S26 absorbedor de humedad, liquido usualmente usado para descontaminar el embobinado.

Se llena el horno con los estatores, aplicando un tiempo de horneado recomendado por el fabricante, a una temperatura de 110 °C.

Listo el proceso se deja reposar para aplicar el barnizado (Ref. Renania clase F). Se aplica más horneado para lograr un buen secado y lograr un IP bueno.

Figura 14. Inspección eléctrica al equipo Wester Electric



Fuente: Autor

Ensamble del motor

En el momento que estén lista todas las piezas del motor, se coordina con jefe de taller, para empezar el ensamble del activo.

Se alistan rodamientos, marca preferida SKF, Piezas lavadas y pintadas, Rotor y estator, material eléctrico, Pernos.

Figura 15. Ensamble de rotor al equipo Wester Electric



Fuente: Autor

Pruebas del motor

Listo las partes del ensamble, una vez terminado todo. Se procede a pasar al banco de pruebas. El banco de pruebas es el lugar más importante, donde se somete el equipo para pruebas de larga duración. En ellas encontramos: Medición de aislamiento (Prueba Estática) con el equipo MCE MAX, Anclaje del motor con sus partes rotativas, Se verifica rotación libre del rotor.

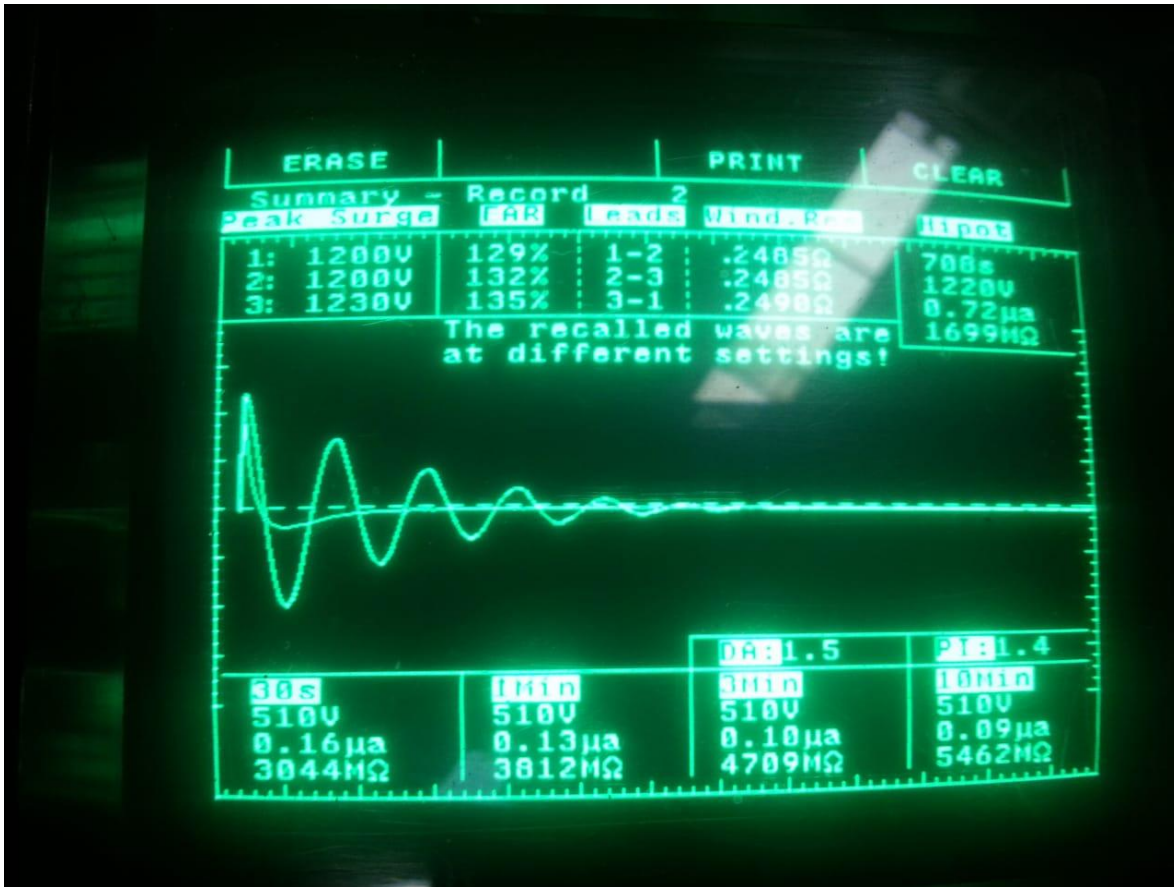
Se procede a realizar las conexiones y equipos para iniciar pruebas. En ellas se incluye la prueba dinámica, donde se observa durante el funcionamiento del equipo los parámetros: amperaje, voltajes, frecuencia. Durante esta prueba se realiza monitoreo de temperatura en todo el motor: lado acople, libre, estator.

Figura 16. Banco de pruebas estáticas



Fuente: Autor

Figura 17. Prueba metrológica realizada al equipo xxx



Fuente: Autor

Informes del mantenimiento

Teniendo todos los resultados se les hace llegar al jefe de producción, para adelantar tema de administración en informes.

En su defecto el área de pintura es recogida por ellos para llevar el embellecimiento del motor. Detalles que son juzgados por simple vista del cliente. Es importante ser observadores y curiosos en esta área.

Todos los activos de la empresa en su fase final son almacenados en la sala de despacho. Quedan a la espera de ser recogidos por el cliente. La felicidad más grande del proceso es tener clientes satisfechos.

Entrega del equipo


El equipo se entrega al cliente, junto con los formatos que contienen la información del equipo y de las acciones que se realizaron en el mantenimiento preventivo del equipo, así como las indicaciones por parte de la empresa para su cuidado y garantía del trabajo.

Figura 18. Resultado final del equipo Wester Electric 40hp



Fuente: Autor

Tabla 2. Protocolos de mantenimiento preventivo

 <p>LEOTECNICAS LTDA</p>		<p>PROTOCOLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MOTORES DE BAJA TENSIÓN</p>		
Fecha vigencia: 2020		Versión: 0	Código:	Página 1 de 6

Equipo: Motores eléctricos de baja tensión				
Etapa No.	Actividad	Descripción de la actividad	Responsable	Observaciones
1	Inspección del equipo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspección visual del motor 2. Asignación de recepción del equipo, identificado por un código asignado. 3. Ingreso de los equipos al área específica denominada zona cero. 	Lilian Villa, jefa de producción	Diligenciar debidamente el formato de ingreso de equipo (ver Anexo 5).
2	Diagnostico Técnico Eléctrico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se realiza conexiones eléctricas de los instrumentos de medición. 2. Prueba de resistencia entre bobinas, aislamiento del bobinado. 	Técnico Electricista área encargada	(ver Anexo 4).

3	<p>Desarme de piezas del motor</p> <p>Cada vez que se intervenga el equipo</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desglose de piezas dentro de un recipiente en el cual son almacenado todas las partes del equipo. 2. Extracción de rodamientos 3. Inspección visual, definiendo el estado de las camisas del motor, rodamientos, estado barniz en el bobinado. 	<p>Jefe de taller, técnico electromecánico</p>	<p>Evidenciar paso a paso del desarme con fotografías. (ver anexo 3).</p>
4	<p>Traslado de piezas al área de limpieza</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cada pieza debe quedar con el etiquetado en el respectivo código del motor. 2. El lavado de piezas con desengrasantes y agua a presión 	<p>Ayudantes de lavado y pintura</p>	<p>Aplica cada vez que el activo se encuentre autorizado, trabajos en ejecución.</p>
5	<p>Diagnostico Técnico Mecánico</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Calibrar los instrumentos de medición para partes interiores y exteriores antes de tomar medidas 2. Corroborar el ajuste necesario en camisas del motor (tapas LA y LV) aplicadas a la norma 3. Plasmar el diagnostico, concepto técnico. 4. Ejecutar trabajos de metalizado en alojamientos (tapas) y ejes, de acuerdo con 	<p>Técnico mecánico</p>	<p>Solo se puede intervenir las piezas al momento de ser autorizados las ordenes de servicio. (ver Anexo 6).</p>

		la condición de la pieza a intervenir.		
6	Mantenimiento Preventivo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se lleva el equipo a lavado aplicando un absorbedor de humedad, llamado S26. 2. El estator es introducido al horno, para someterse a un calentamiento controlado hasta los 110°C. 3. El estator es llevado al área, para empezar con el ensamble. 	Jefe de taller, técnico electromecánico	El proceso puede durar entre las 8 horas en promedio. Las condiciones de ambiente dentro del horno deben ser lo más cercanas al exterior al momento de extraer motores.
7	Ensamble del equipo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coordinar la disponibilidad de rodamientos, metalizados, y piezas para iniciar la operación. 2. Garantizar que las piezas tengan contacto metálico entre ellas, llegue a unirse sin impedimento. 3. Al introducir el rotor al interior del núcleo del motor, llevarlo lo más horizontal para evitar un posible desgarre en la fibra. 4. Aplicar los 110°C al inductor magnético para llevar el ajuste al mínimo en el material y poder introducir la 	Jefe de taller, técnico electromecánico	Evidenciar paso a paso del desarme con fotografías (ver Anexo 7),

		<p>pista interna del rodamiento a la pista externa del eje.</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Verificar las arandelas de ajustes en el motor, el respectivo ajuste en pernos con un torquímetro. 6. Empezar armado de tapas de acuerdo con la clasificación del fabricante. 7. Proceder aplicar los ajustes necesarios para pasar a la siguiente fase de pruebas. 		
8	<p>Pruebas estáticas y dinámicas</p> <p>Las pruebas dinámicas se realizan al vacío.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se inicia el proceso de pruebas de aislamiento y anclaje. 2. Se requiere aplicar marquillado en las puntas de conexión y verificar la conexión necesaria para la prueba del equipo. 3. Realizar la configuración en el variador, para energizar puntos de conexión del motor. 4. Energizar el motor durante un periodo de 1 hora en pruebas. 5. Monitoreo de temperaturas (LA-LV), consumos, ruidos que el equipo pueda generar. 	Técnico Electromecánico (Rafael Miranda)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se requiere realizar limpieza en las bases del equipo y aplicando un anclaje correcto. 2. Evidenciar paso a paso del desarme con fotografías (ver Anexo 8).

9	Pintura	<ol style="list-style-type: none"> 1. El equipo es llevado al área de pintura. 2. Se deja secar y es llevado al lugar de espera de equipos 	Jefa de producción, Pintor	(ver Anexo 9).
10	Entrega del equipo.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recolección de datos de los resultados del equipo en prueba. 2. Entrega de informe final al cliente 3. Aplicar carga al momento de la recogida, en lo que el cliente disponga. 	Jefa de producción, cliente	Evidenciar fotografías.

Fuente: Autor

El protocolo de mantenimiento de motores eléctricos tiene como objetivo evitar averías críticas en lugar de repararlos. En las operaciones de la planta, la parada no programada de la producción o las paradas prolongadas de reparación son intolerables. El tiempo de inactividad resultante afecta profundamente los tiempos de producción. Las inspecciones periódicas de los motores son necesarias para garantizar los mejores resultados operativos.

Los protocolos de mantenimiento preventivo requieren verificaciones detalladas, y todos los motores en el sitio deben recibir un número de identificación y tener un registro de registro. Los registros del motor deben identificar el motor, la marca, las fechas de inspección y las descripciones de las reparaciones. Al mantener registros, la causa de cualquier falla puede determinar la falla y reducir los problemas continuos. Todos los protocolos de mantenimiento deben consultar la documentación técnica del fabricante antes de realizar las verificaciones.

Hay controles de rutina y mantenimiento simples para motores trifásicos que pueden ayudar y garantizar una larga vida útil a un motor. Verificaciones simples serían revisar el historial de servicio, las inspecciones de ruido y vibración. Esto también incluiría inspecciones visuales, pruebas de bobinados, mantenimiento de escobillas y conmutadores y cojinetes y lubricación.

La inspección y el servicio deben ser sistemáticos. La frecuencia de las inspecciones y el grado de minuciosidad pueden variar según factores como la importancia del motor, su uso y el entorno del motor.

En la implementación de estos protocolos, se evidencio una mejora en los procesos de gestión llevados a cabo por la empresa en cuestión, denotando los beneficios al aplicar lo desarrollado en la presente investigación.

De modo que se plantea que los protocolos mencionados en la presente investigación puedan ser aplicada con interés y seriedad, ya que a futuro se puede convertir en hábito de la empresa y esto se ve reflejado en la imagen corporativa de la misma, es importante que el personal de la compañía se comprometa con esta cultura de gestión.

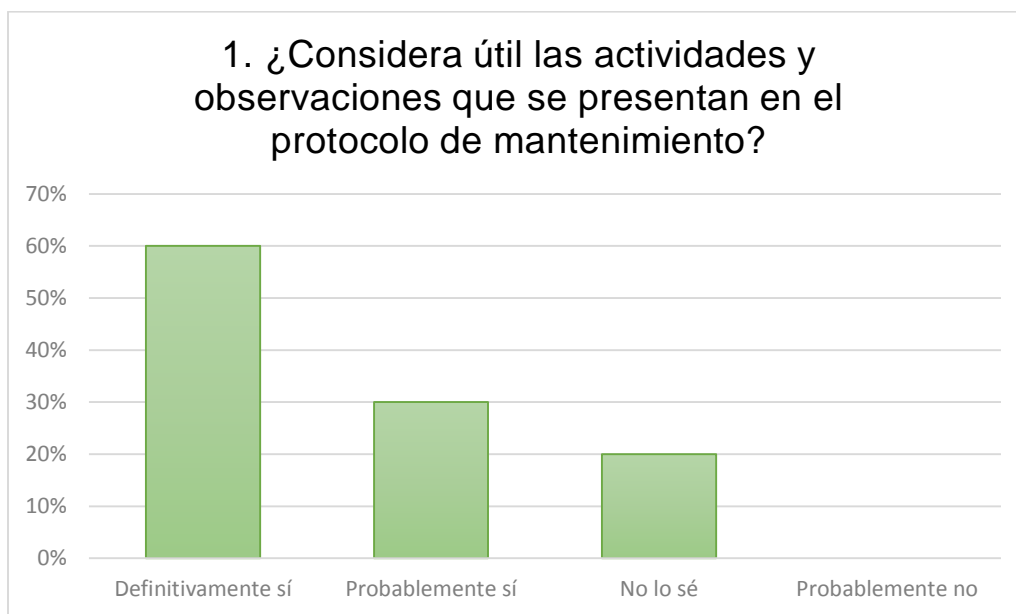
Encuesta para la evaluación de la utilidad en la optimización de procesos del protocolo de mantenimiento preventivo para equipos eléctricos.

Con la finalidad de recopilar información que permita verificar la utilidad en la optimización de los procesos de mantenimiento preventivo mediante el protocolo establecido para la empresa Leotecnicas, se desarrolló una encuesta dirigida a los operarios técnicos de la compañía objeto de estudio.

La encuesta estuvo compuesta por 7 preguntas enfocadas en evaluar las etapas del protocolo establecido, esta se realizó a 10 operarios técnicos de la compañía Leotecnicas.

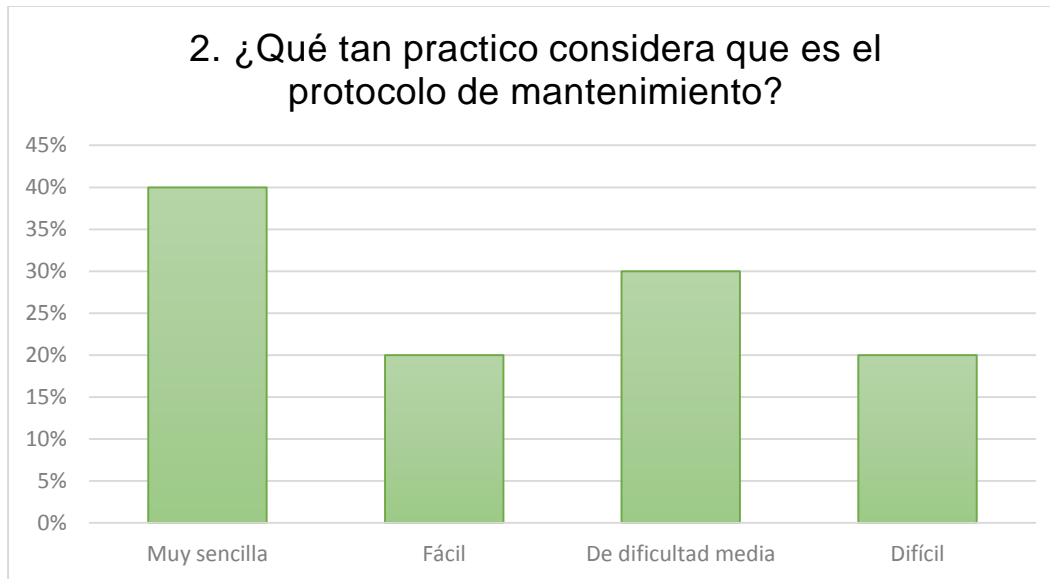
La siguiente encuesta está dirigida a evaluar el protocolo diseñado para las actividades de mantenimiento preventivo en la empresa Leotecnicas Ltda., por lo cual se le pide que conteste a partir de su consideración, las preguntas descritas a continuación.

Gráfica 1. Pregunta 1, actividades y observaciones



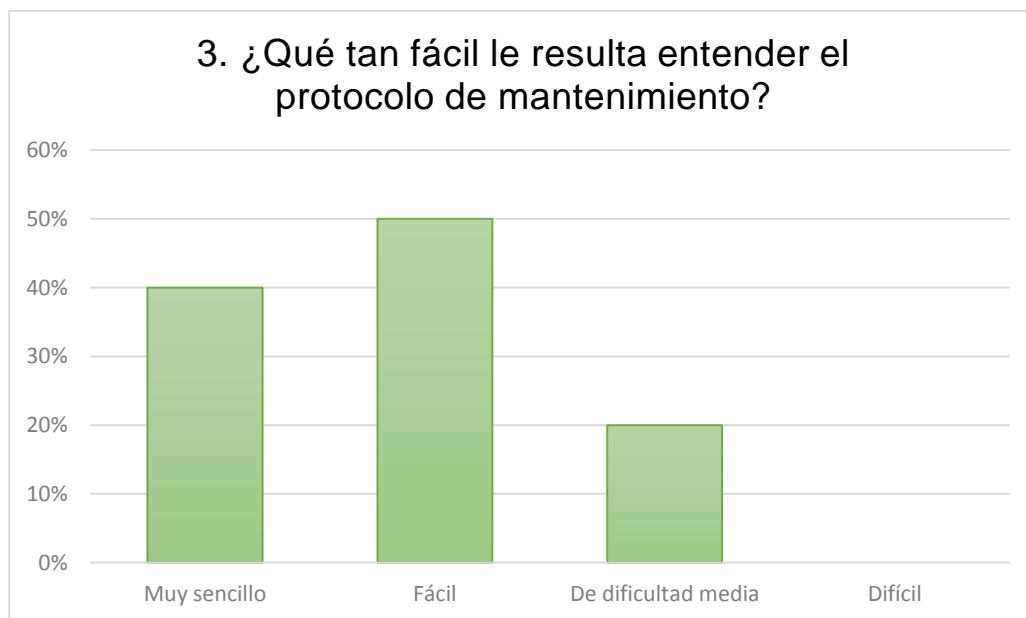
Fuente: Autor

Gráfica 2. Pregunta 2, practicidad del protocolo de mantenimiento



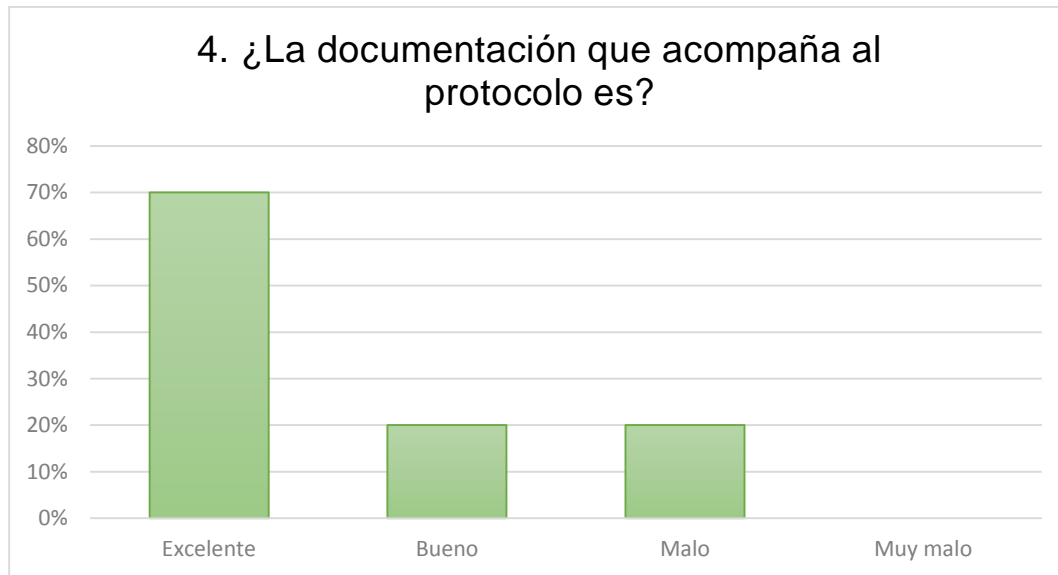
Fuente: Autor

Gráfica 3. Pregunta 3, facilidad del protocolo de mantenimiento



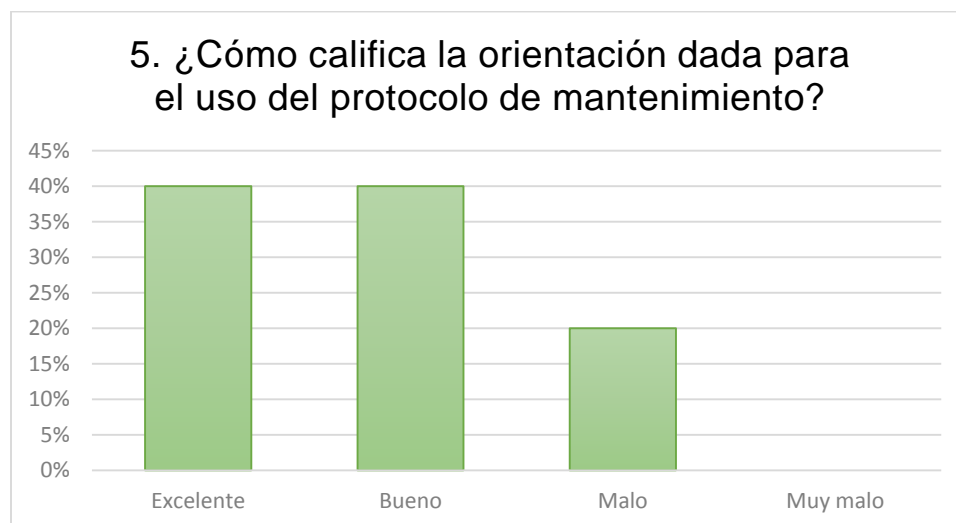
Fuente: Autor

Gráfica 4. Pregunta 4, documentación del protocolo



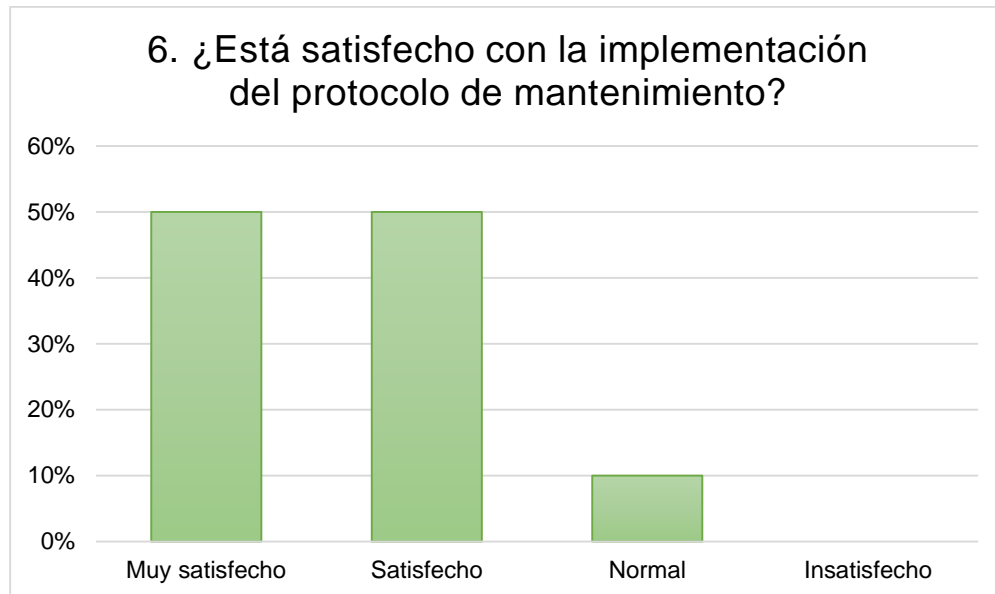
Fuente: Autor

Gráfica 5. Orientación dada para el uso del protocolo de mantenimiento



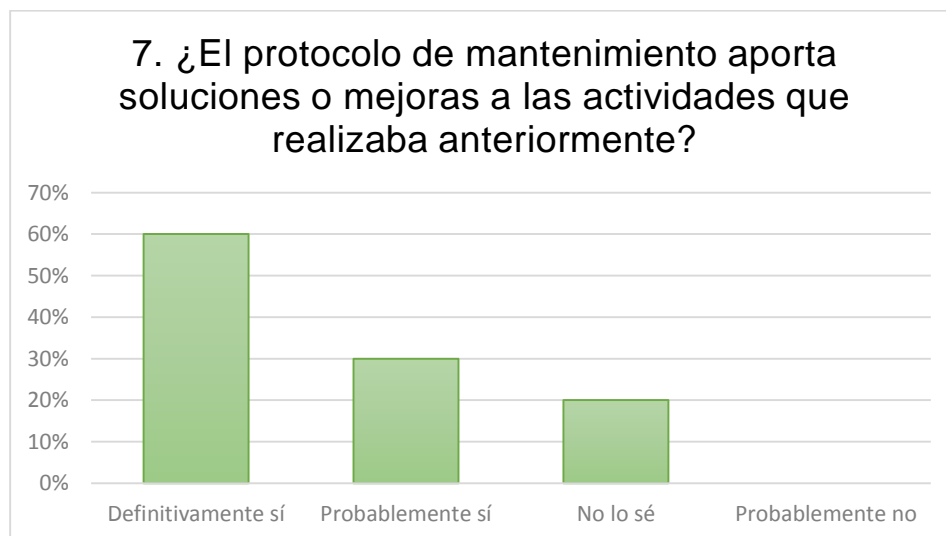
Fuente: Autor

Gráfica 6. Pregunta 6, satisfacción del usuario



Fuente: Autor

Gráfica 7. Aporta soluciones o mejoras a las actividades de mantenimiento



Fuente: Autor

5. RESULTADOS

Finalmente, el proyecto da como resultado un documento que describe un protocolo para las actividades de mantenimiento preventivo a motores de baja tensión en la empresa Leotecnicas.

El proyecto entregado cuenta con el desarrollo de un protocolo para las actividades de mantenimiento preventivo, y es aplicable cuando se usa cualquier motor eléctrico, y donde las fallas representen importantes riesgos económicos, de seguridad o ambientales.

Se entrega un documento tipo presentación donde está contenida toda la información pertinente para el desarrollo de la propuesta de grado, se anexan las fichas, tablas, formatos y demás anexos que permiten el desarrollo de la investigación.

Uno de los fines fue mejorar la eficiencia de trabajo en las operaciones de mantenimiento preventivo, por lo que logró conocer las condiciones actuales de mantenimiento, la información y el modelo que se realiza actualmente en la empresa Leotecnicas LTDA, a partir de un diagnóstico previo para tomar registro de los equipos. Con lo cual, se documentaron los reportes diarios, plasmando los hallazgos encontrados en la realización de las actividades, haciéndole un seguimiento y control a las operaciones por parte del área de mantenimiento.

6. CONCLUSIONES

Durante el inicio de la investigación, se llevó a cabo un diagnóstico para conocer las condiciones actuales de mantenimiento que se implementaban en la empresa en cuestión. Esto permitió identificar el modelo que se ejecutaba para las actividades preventivas a los motores eléctricos de baja tensión, siendo evidente la falta de un protocolo debido a la inexistencia de un orden establecido para ciertas labores dentro del proceso, ya que los operarios no contaban con un paso a paso que guiara los procedimientos a seguir.

Fundamentándose en el análisis que se llevó a cabo en el proceso de inspección a los equipos, se elabora un protocolo para las actividades de mantenimiento preventivo teniendo en cuenta las observaciones de cada máquina, realizando el chequeo pertinente y localizando puntos de posibles falencias en los componentes principales, de los equipos ubicados en el área de motores eléctricos de Leotecnicas LTDA. Lo que concluye en una mejora continua y efectiva de las labores que se desarrollan. De este modo se puede demostrar que al implementar una metodología en el proceso de las tareas que se requieren, el resultado se ve reflejado en un sistema que permite la verificación de las actividades, ayudando a optimizar y prolongar la vida útil de las maquinas que se intervienen.

Con el fin de definir las labores y a su vez el procedimiento de estas, que requieren ser generadas por el área encargada, en el área de motores eléctricos de Leotecnicas LTDA, se elaboró un documento con los protocolos de mantenimiento, y datos importantes de la ficha técnica de cada equipo, dicha información se hace necesaria para tenerla en cuenta al momento de realizar las inspecciones, las cuales se describen en los respectivos formatos. De manera que se logra mejorar la eficiencia de los procesos.

Finalmente se concluye, que gracias a la investigación que se realizó en el área de motores eléctricos de Leotecnicas LTDA, se analizaron las fallas que pueden acontecer en las maquinas, los índices críticos de cada equipo, las fases establecidas en el cronograma de actividades, y las tareas que se deben ejecutar para proseguir con el cumplimiento eficaz del desarrollo requerido y realizar un correcto mantenimiento preventivo. Con esto se garantiza la excelencia competitiva, consiguiendo un ahorro económico a largo plazo, debido a que no será necesario hacer el cambio de equipos, porque se implementarán los protocolos de mantenimiento preventivo y esto generará una mayor vida útil de las maquinas.

7. RECOMENDACIONES

Como primera medida, se recomienda a la empresa aplicar una metodología que facilite el registro de las distintas falencias presenciadas en el área de motores eléctricos de Leotecnicas LTDA, la cual permitirá determinar la causa raíz de las fallas en cada equipo y la previsión de posibles comportamientos a futuro. Asimismo, los trabajadores tendrán un fácil acceso a la base de datos, en la que se encuentran los historiales operativos de cada máquina, para analizar dicha información y los efectos que han producido el surgimiento de irregularidades en los procesos desarrollados periódicamente.

Las actividades realizadas por el personal encargado del mantenimiento preventivo son cruciales, a la hora de tomar decisión en la intervención de los equipos y corrección de posibles fallas, como lo puede ser, el cambio de un tornillo, al prevenir que a futuro este causará un grave estrago, por lo cual se recomienda aumentar el seguimiento de las labores de mantenimiento preventivo, e inspeccionar los procesos que se ejecutan.

Se recomienda generar un documento con la programación de todas las actividades a ejecutar por parte del área de mantenimiento, de este modo implementar ordenes de trabajo en las que se evidencie la hora, día, metodología, maquina a intervenir, y demás protocolos, que ayuden a una mejor planeación al momento de desarrollar los procesos requeridos en el área de motores eléctricos de Leotecnicas LTDA. Con el propósito de nivelar posibles puntos de falla, y controlar de manera inmediata la presencia de daños o accidentes, generando un informe donde se presente minuciosamente la aparición de anomalías.

En los procesos de mantenimiento preventivo se requiere la planeación, inspección de un supervisor, que examine las acciones establecidas en cada mecanismo y

compruebe consecutivamente los antecedentes procedentes del programa de mantenimiento. Para optimizar claramente los procesos, es preciso modificar detenidamente las órdenes de trabajo con la finalidad de reformar las funciones de cada equipo que llega a la empresa.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, A. M. (2012). *Modelo para la implementación de mantenimiento predictivo en las facilidades de producción de petróleo*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Amador, V. J. (2013). Selección de potencias nominales y tensiones de motores eléctricos acompañantes de bombas. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 34(1), 59-72.
- Anchundia, E., Gamboa, L., & Granizo, O. (2016). Estudio del impacto logístico-técnico que genera el mantenimiento predictivo en las PYMES de Milagro. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 1(2), 7-15.
- Calle, J. (2019). *Aplicación de un plan de acción mantenimiento total de la producción que permita mejorar el rendimiento y los costos en la empresa Lusavilla*. Perú: Universidad Nacional de Piura.
- Castellanos, M. (2005). *Programa de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones de equipos*. Salvador: Editorial Cañas.
- Cesareo, F. (1998). *Tecnología del mantenimiento industrial*. Barcelona: Reverte.
- Chan, F., Lau, H., Ip, H., S., C., & Kong. (2005). Barreras y facilitadores de la implantación del TPM. *Revista Internacional de Economía de la Producción*, 71-94.
- Chávez, H., & Espinoza, R. (2016). *Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los equipos de la planta de alimentos de la empresa Minera la Zanja SRL*. Perú: Universidad Privada del Norte.
- Convenin.3049. (1993). *Mantenimiento y definiciones*. Venezuela: Convenin.

- Cuzco, M., Molina, J., & Parra, S. (2017). Priorización de criterios para la evaluación de la gestión del mantenimiento en edificios multifamiliares. *Arquitectura y Urbanismo*, 38(3), 60-70.
- Decreto.1295. (1994). *Organizacion y administracion del sistema general de riesgos profesionale*. Colombia: Ministerio proteccion.
- Espinel, E., Criado, J., & Perez, T. (2016). Programa de gestión de mantenimiento para una flota de vehículos de transporte de productos avícolas. *Revista Ingenio*, 1(1), 9-17.
- Fernández, C. (2013). *Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de lubricación del motor de los remolcadores modelo fltt, dodge*. Carabobo: Universidad De Carabobo.
- Fernández, M. A. (2014). *Proyecto para la elaboración de un plan de mantenimiento y manual de procedimientos en Industrias Lacto – Cañar*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Fonseca, J. M., Holanda, B. U., Cabral, L. J., & Reyes, C. T. (2015). Programa de gestión de mantenimiento a través de la implementación de herramientas predictivas y TPM como contribución a la mejora de la eficiencia energética en las centrales eléctricas. *DYNA*, 82(194), 139-149. doi:<https://dx.doi.org/10.15446/dyna.v82n194>
- García, A. (2011). Factores relacionados con el éxito del mantenimiento productivo total. *Revista Facultad de Ingeniería*, 60(1), 129-140.
- García, G. (2018). *Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el mantenimiento productivo total (TPM)*. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- García, K. (2019). *Plan de mejoras del departamento de mantenimiento automotriz de la Comisión de Transito del Ecuador en la ciudad de Guayaquil período 2017-2018*. Ecuador: Universidad de Guayaquil.

- Gasca, R. D., & Vargas, H. M. (2014). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Agroangel*. Pereira (Risaralda): Universidad Tecnológica De Pereira.
- González, W., & Pillacela, D. (2019). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la gestión de activos físicos en la flota vehicular del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Sígsig*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- GTC.45. (2010). *Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad*. Colombia: Icontec.
- Guaman, A. (2013). *Eficiencia del mantenimiento en las empresas industriales del Parque Industrial de Cuenca. Planteamiento de un modelo de empresa de servicios de mantenimiento para las empresas industriales del Parque Industrial de Cuenca*. Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Guerrero, J. (2013). *Análisis de condiciones físicas de equipos bajo el método de confiabilidad*. Venezuela: UVVB.
- Hernandez Sampieri, R. (2010). *Metodología de la Investigación*. 2ª. ed. Pág. 52 - 134. McGraw-Hill: México, D.F.
- Hernando, A. (2005). ¿ Por qué la Historia no ha valorado las actividades de mantenimiento? *Treballs d'arqueologia*, 11, 115-133.
- Herrera, J. (2017). *La investigación cualitativa*. México: Universidad de Guadalajara.
- Hirano, H., & Furuya, M. (2005). *La base de las 5S*. Tokio: Chukey Publishing Company.
- Mansilla, R. J. (2016). *Propuesta de optimización del proceso de pintado de bobinas de acero de la empresa Precor aplicando TPM*.
- Marín-García, J. A., & Mateo Martínez, R. (2013). Barreras y facilitadores de la implantación del TPM. *Intangible Capital*, 9(3), 823-853.
- Molina, J. (2006). Mantenimiento y seguridad industrial. *IMU: Ingeniería municipal*, 214, 20-23.

- Monsalve, D. L. (2011). *Manual de procedimientos para mantenimiento preventivo de equipos principales específicos: caldera y bomba de alimentar caldera, de las unidades 1 y 2 de la planta TERMOBARRANCA*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Muñoz, M. Á. (2017). *Modelo para la gestión autónoma del mantenimiento: Aplicación del TPM a un Colegio Mayor de la Universidad de Sevilla*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
- Nakashima, K. A. (2004). Control óptimo de un sistema de remanufactura. *Revista Internacional de Investigación de Producción*, 42(17), 3619-3625.
- OHSAS-18001. (2007). *Serie de evaluacion de seguridad*. Suiza: OHSAS.
- Ortega, S. S. (2016). *Análisis para la implementación de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para la maquinaria en la línea de pulido de vidrio de la empresa Vitrinas Páramo Ortega*. Bogotá D.C.: Universidad Libre de Colombia.
- Parra, C. (2012). *Ingeneria de mantenimiento y fiabilidad aplicada en gestion de activos*. España: Ingeman.
- Pazmiño, D. (2018). *Análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) del sistema de reinyección de agua de formación de la Empresa Petroamazonas EP, Bloque 18 ZPF,*. Orellana, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Pérez, R., Quiñónez, F., Valencia, N., & Góngora, J. (2018). El mantenimiento predictivo, eficaz para sistemas eléctricos de potencia. *Polo del Conocimiento*, 2(12), 134-144.
- Quevedo, J., Paredes, L., & Guevara, R. (2017). *Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad*. Perú: UCV.
- Quispe, M., & Kenny, A. (2019). *Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)*. Perú: Universidad del Perú.

- Ruiz, A. (2012). *Diseño de un modelo para la implementación de mantenimiento predictivo en las facilidades de producción de petróleo*. Bucaramanga: UIS.
- Sacristán, F. R. (2002). *Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo*. FC Editorial.
- Salazar, K. E. (2008). *Manual de protocolos de mantenimiento de equipos biomédicos para el hospital Susana López de Valencia E.S.E*. Santiago De Cali: Universidad Autónoma De Occidente.
- Sánchez, A. (2017). *Técnicas de mantenimiento predictivo: metodología de aplicación en las organizaciones*. Colombia: Universidad Católica.
- Sols, A. (2000). *Fiabilidad, mantenibilidad, efectividad*. Madrid: Comillas.
- Suzuki, T. (2017). *TPM en industrias de proceso*. Routledge.
- Torres, J. S. (2017). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para equipos de la línea de perforación de la empresa Cimentaciones de Colombia Ltda*. Bogotá D.C.: Universidad Santo Tomas.
- Valencia, C. (2018). *Actualización de matriz de peligros y valoración de riesgo*. Pereira, Colombia: Fundación Universitaria del Área Andina.
- Valladares, A. (2016). *Análisis, e implementación de mejoras en los mapas de riesgos de el área básica de la empresa Alambrec*. Quito: Universidad de las Américas.
- Vega, A. (2017). *Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la empresa Grúas América SAC*. Santa Anita: Universidad Cesar Vallejo.
- Vera, H. (2011). *Aplicación de la metodología análisis de causa raíz*. Colombia: UIS.
- Viego, F. P., Gómez, S. J., & Quispe, O. E. (2015). Motores sincrónicos de reluctancia controlados con variadores de frecuencia: una aplicación para ahorrar energía. *Ingeniería Energética*. *Ingeniería Energética*, 36(1), 72-82.

9. ANEXOS

Anexo 1. Solicitud mantenimiento correctivo

	Formato para Solicitud de Mantenimiento Correctivo	Código: LTN-PM-ME-001-02
		Revisión: 1
		Página 84 de 1

(0)

Recursos Materiales y Servicios	
Área de Mantenimiento	
Área de pruebas a motores	

Folio: ___ (1) ___

Área Solicitante: (2)
Nombre y Firma del Solicitante: (3)
Fecha de Elaboración: (4)
Descripción del servicio solicitado o falla a reparar: (5)

INSTRUCTIVO DE LLENADO

NÚMERO	DESCRIPCIÓN
0	Marcar con una X el Departamento a quien se dirige la solicitud
1	El Departamento a quien va dirigida la solicitud asigna número de folio a la solicitud recibida.
2	El solicitante anota nombre del área correspondiente, (Dirección, Subdirección, Departamento o División). La solicitud puede ser llenada por cualquier trabajador de la institución.
3	El jefe del área anota su nombre y firma en la solicitud de mantenimiento.
4	El solicitante anota la fecha en la que se elabora y entrega la solicitud en el Departamento al que va dirigida la solicitud
5	El solicitante anota la descripción de las modificaciones o reparación de fallas en los equipos identificadas o requeridas y su ubicación.

LTN-PM-ME-001-02

Rev. 1


Anexo 2. Lista de chequeo para motores eléctricos

	Formato para la lista de chequeo para motores eléctricos	Código: LTN-PM-LC-001-01
		Revisión: 1
		Página 85 de 1

N°	Actividad	Responsable
1	Compruebe si hay daños causados por suciedad, piezas sueltas u objetos extraños	
2	Compruebe que las entradas de aire no están bloqueadas	
3	Verifique si hay evidencia de acumulación de humedad y / o suciedad	
4	Compruebe si hay ruidos inusuales, fugas en los sellos o alta vibración	
5	Si está presente, verifique los medidores de nivel de aceite	
6	Verifique la degradación de la base, placas de base, pernos de anclaje	
7	Si está presente, verifique el giro del anillo de aceite	
8	Verifique si hay evidencia de fugas de aceite y agua de las tuberías y conexiones	
9	Verifique la lubricación programada de acuerdo con las instrucciones del fabricante	
10	Para motores críticos, revise los cojinetes diariamente con un estetoscopio o escáner infrarrojo (o cámara, si apropiado)	
11	Verifique la temperatura de la superficie de rodamiento con un termómetro, sensor electrónico de temperatura dispositivos o etiquetas adhesivas indicadoras de temperatura	
12	Verifique la tensión de la correa; los cinturones deben tener aproximadamente 1 pulgada de juego; las gavillas deben asentarse firmemente con poco o nada de juego	

Fuente: Autor

Anexo 3. Acta de entrega de equipos y herramientas

ACTA DE ENTREGA DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		
Proceso: ADMINISTRATIVA – Recursos Físicos	GESTIÓN Código: LTC-EH-001	
	Versión: 01	
AREA:		
RESPONSABLE DEL AREA:		
LUGAR:		
FECHA:		

Yo, _____ declaro haber recibido los Equipos y Herramientas, lo cual me comprometo a cuidarlos y utilizarlos correctamente de acuerdo a las actividades que me sean asignadas, también a devolverlos cuando tenga que dejar el servicio por algún motivo o por el desgaste de uso, y con mi firma me responsabilizo por la pérdida de equipos o herramientas bajo mi cargo.

SERIE O REFERENCIA DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	FECHA DEVOLUCIÓN

Quien Entrega

Quien recibe

responsable del Área

Anexo 4. Formato Hoja de vida del equipo

	FORMATO DE HOJA DE VIDA DE EQUIPO	VERSIÓN: 0
		CÓDIGO: FOR-H-1
		PÁGINA: 87 DE 1

IDENTIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE EQUIPO	
Nombre del Equipo:	
Ubicación del equipo:	
Marca:	
Modelo:	
Serie:	
Fecha de puesta en funcionamiento:	
DATOS DEL PROVEEDOR	
Fabricante y Lugar de origen:	
Fecha de adquisición:	
Nombre de proveedor y Dirección:	
Datos de contacto E-mail, teléfono:	
Posee catálogo de manejo u operación:	
Mantenimiento indicado por el fabricante:	
Condiciones de operación:	
CARACTERÍSTICAS METROLOGICAS DEL EQUIPO	
Medición por realizar:	
Rango de Uso:	
Resolución:	
Exactitud:	
Frecuencia de Calibración:	
Frecuencia de Verificación:	
Patrones:	
Garantía: SI_____ NO_____	Fecha de Inicio: Fecha de Terminación:

Anexo 5. Formato para el ingreso de equipos a la empresa

		INGRESO DEL EQUIPO					Código	FAH-61v.01	
							Página	88 de 88	
Fecha de Ingreso	Descripción del equipo	Cantidad	Consumo		Destino	Nombre de Quien Entrega	Nombre de Quien Recibe	Fecha de Recibo	Firma de Quien entrega
			SI	NO					

CONTROL DE ACTIVIDADES					
C: Calibración, V: Verificación, M: Mantenimiento.					
FECHA	C	V	M	Descripción	Responsable

Quien Entrega

Quien recibe

responsable del Área