

Método RCM Aplicado a un Proceso Alimenticio. Estudio de un Caso

Felipe Ibarra Rojas, María de Jesús Pérez Aguilera
Centro universitario Celaya, Universidad del SABES
felipe.ibarra@proteinol.com.mx, maria.pereza@sabes.edu.mx

Recibido: 29 de octubre de 2021

Aceptado: 5 de junio de 2022

RESUMEN

En este artículo se presenta la aplicación de la metodología RCM en una fábrica de giro alimenticio, en la sección destinada a la producción aceites. como parte de las estrategias de aseguramiento de calidad para evitar que el producto pierda las propiedades que lo mantienen como excelencia en el mercado, como resultado de este estudio se obtuvo documentos para la gestión de mantenimiento como reportes, cargas, programas de ruta y controles de las diferentes estaciones de trabajo, además de beneficiar indirectamente aspectos de seguridad operacional y un rediseño en la configuración de los equipos para la mejora. El RCM ha tenido gran acogida en la industria moderna, la aviación, la industria minera y manufacturera, entre otras.

Palabras Clave: RCM, Mantenimiento, Tiempo muerto

ABSTRACT

This article presents the application of the RCM methodology in a food industry, in the section dedicated to the oils production. As part of the quality assurance strategies to prevent the product from losing the properties that maintain it as excellence in the market, as a result of this study, documents were obtained for maintenance management such as reports, loads, route programs and maintenance controls, the different workstations, in addition to indirectly benefiting aspects of operational safety and a redesign in the configuration of the equipment for improvement. RCM has been well received in modern industry, aviation, mining and manufacturing, among others.

Key words: RCM, Maintenance, Time-out.

1. INTRODUCCIÓN

Según Torres y Pérez, (2020) consideran que para una empresa la adopción de tecnología involucra niveles de inversión considerables, sobre todo cuando las empresas fabricantes requieren gran cantidad de diversas máquinas y herramienta, e inversiones relacionadas con la capacitación del personal, entre otras. De esto surge la necesidad entonces de tener y mantener un sistema de mantenimiento en búsqueda de la casi perfección.

Emovon Ikuobase, A Rosemary, J. Murphy Norman and Alan, (2016) Definieron RCM como "un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe funcionando para cumplir con su objetivo, funciones en su contexto operativo actual ", de esta definición es obvio que RCM se centra, no en el hardware del sistema en sí, sino en la función del sistema.

Los profesionales se enfrentan a desafíos con respecto al mantenimiento de sus activos y algunos de estos desafíos son; dificultad para seleccionar la estrategia de mantenimiento más adecuada para cada elemento del equipo,

dificultad para priorizar el riesgo de modos de falla de los componentes del sistema, dificultad para determinar el enfoque más rentable y dificultad para obtener el mejor apoyo de la fuerza laboral. Todos estos desafíos son abordados por el marco RCM de manera sistemática. (Emovon et. al 2016)

Esta metodología fue desarrollada inicialmente por la industria comercial de aviación de los Estados Unidos para mejorar la seguridad y confiabilidad de sus equipos, fue definida por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en 1978 y ha sido utilizada para determinar estrategias de mantenimiento de activos físicos en casi todas las áreas de trabajo en los países industrializados del mundo (SAE JA1011, 2009).

La implementación de los programas RCM han mostrado importantes resultados en las organizaciones que utilizan maquinarias y puede ser incorporado dentro del modelo de negocio organizacional. Sin embargo, para su efectiva y exitosa implementación las compañías deben realizar una profunda revisión de sus actuales planes de mercadeo y negocio (Barros, 2014)

Para Kuroda Bombas (2012), el mantenimiento predictivo consiste en la búsqueda de indicios o síntomas que permitan identificar una falla antes de que ocurra. Por ejemplo, la inspección visual del grado de desgaste de un neumático es una tarea de mantenimiento predictivo, dado que permite identificar el proceso de falla antes de que la falla funcional ocurra. Estas tareas incluyen: inspecciones (ej. Inspección visual del grado de desgaste), monitoreo (ej. vibraciones, ultrasonido), chequeos (ej. nivel de aceite), tienen en común que la decisión de realizar o no una acción correctiva depende de la condición medida.

Debe tenerse mucho cuidado, al momento seleccionar una tarea preventiva (o cualquier otra tarea de mantenimiento, de hecho), en no confundir una tarea que se puede hacer, con una tarea que conviene hacer. Por ejemplo, al evaluar el plan de mantenimiento a realizar sobre el impulsor de una bomba, podríamos decidir realizar una tarea preventiva (sustitución cíclica del impulsor), tarea que en general se puede hacer dado que la falla generalmente responde a un patrón de desgaste (patrón B de los 6 patrones de falla del RCM). (Buelvas y Martínez, 2014)

El mantenimiento centrado en Confiabilidad (MCC), o Reliability Centred Maintenance (RCM), ha sido desarrollado para la industria de la aviación civil hace más de 30 años. El proceso permite determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas para cualquier activo físico. El RCM ha sido utilizado en miles de empresas de todo el mundo: desde grandes empresas petroquímicas hasta las principales fuerzas armadas del mundo utilizan RCM para determinar las tareas de mantenimiento de sus equipos, incluyendo la gran minería, generación eléctrica, petróleo y derivados, metal-mecánica, etc. La norma SAE JA1011 especifica los requerimientos que debe cumplir un proceso para poder ser denominado un proceso RCM. (Garrido, 2012).

En la actualidad, el RCM es utilizado con frecuencia no solo para identificar tareas de mantenimiento, también se utiliza como marco de referencia para analizar el riesgo en equipos, clasificar por importancia los componentes significativos para el mantenimiento o detectar áreas de oportunidad de mejora en el mantenimiento de equipos complejos como turbinas eólicas. También se busca mejorar los resultados del RCM al combinarlo con otras metodologías tales como el mantenimiento radical, el mantenimiento basado en la condición y el proceso de jerarquía analítica (campos, Tolentino y Toledo, 2018).

La norma ISO 14224 (2016) proporciona una base sólida para la recopilación y estructuración de los datos de confiabilidad y mantenimiento para equipos de instalaciones en industrias de petróleo, gas natural y petroquímica, estos datos sirven para la gestión de los activos durante su ciclo de vida. Debido a que aborda equipos comunes en las instalaciones industriales, esta norma puede ser fácilmente adaptada para su aplicación en cualquier industria que tenga activos físicos en los procesos, de esta forma se puede utilizar esta norma al recopilar la información del activo.

Las empresas de transmisión eléctrica tienen como responsabilidad la de operar, mantener y administrar todas las redes de alta tensión, subestaciones, equipos, maquinarias, del sistema de transmisión de electricidad. Las mismas cuentan con una estructura de subestaciones, líneas eléctricas divididas en diferentes redes de transmisión y generalmente distribuidas en diferentes zonas, siendo los responsables de mantener los activos en adecuado funcionamiento la dirección de mantenimiento de infraestructura (Díaz, Villar, Cabrera, Gil, Mata y Rodríguez, 2016)

La industria británica parece ahora parcialmente convencida del papel central que desempeña para lograr un rendimiento de clase mundial. Sin embargo, ... sin una comprensión clara de las diferencias entre las técnicas disponibles y la forma en que deben aplicarse, el ingeniero no está mejor; puede que haya más oportunidades hoy, pero la desventaja inevitable es que existe un mayor riesgo de hacer un mal elección... La amplia experiencia en la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad y otras metodologías y crea una visión coherente de las relaciones entre las diversas técnicas. Esto proporciona una imagen más clara de las opciones que se deben tomar al comenzar el viaje hacia la excelencia en la gestión de activos físicos. (Geraghty, 1996).

Omoya, Papadopoulou (2019), revisó la literatura de 70 artículos en el tema de herramientas de confiabilidad aplicadas a los sistemas de tuberías de O&G. Estos proporcionaron una amplia gama de resultados del campo de la ingeniería de confiabilidad. Luego, se hizo hincapié en las herramientas de confiabilidad, finalmente, para mostrar que se pueden aplicar a las etapas del ciclo de vida del diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de tuberías. Surgió la cuestión de si estas herramientas se aplicaban en la industria, las respuestas validaron aún más con los hallazgos de la revisión.

Fuentes-Huerta, González González, Cantú-Sifuentes, Praga-Alejo (2021), menciona como la industria automotriz utiliza el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para establecer programas de mantenimiento de equipos eficientes y rentables (IATF 16949) ... Los resultados demostraron que el modelo alternativo es una opción útil y confiable si solo hay datos censurados y experiencia del personal como información disponible.

La línea de producción de aceites de la empresa en cuestión tiene implementado programas de mantenimiento preventivo, sin embargo, los paros para el departamento rebasan el tiempo muerto permitido, por tal motivo, se detectó la necesidad de complementar la metodología de RCM Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad). (Fuente propia)

El objetivo general del proyecto presentado fue implementar las RCM para tener un control de los activos, monitorear los indicativos naturales de los equipos como: Vibración, temperatura, ruido y carga eléctrica, una vez recolectada la información, se analizó y se tomaron decisiones certeras y justo a tiempo.

2. METODOLOGIA.

La empresa es del ramo alimenticio, de primer nivel, siempre preocupada por garantizar a sus clientes y consumidores la calidad e inocuidad de sus productos y servicios, por eso invierte en la certificación de sus sistemas de gestión de calidad y seguridad alimentaria bajo estándares reconocidos a nivel mundial, por lo que recientemente ha obtenido una galería de certificados, con sede en Guanajuato y con más de 30 años en funciones. Cuya capacidad de comercialización, ubicación y participación en el mercado la ha proyectado como una de las más fuertes en México (fuente propia).

Con base a Sampieri, en su libro Metodología de la Investigación, el estudio tiene un enfoque cuantitativo ... es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no se puede “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, se puede redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones (Sampieri, 2018).

En el año 1998 Jordi Jaumandreu, expone un procedimiento a partir de encuestas para determinar la implementación estratégica en empresas, pero entre sus limitaciones están que no parte de un enfoque de procesos y solo es aplicable para empresas manufactureras. Estos elementos limitan su aplicación en esta investigación, pues las empresas de transmisión eléctrica pertenecen al área de servicios y para la aplicación de RCM se requiere un enfoque a procesos.

El procedimiento de mejora fue el siguiente:

- A. Instrumentos de recolección de información
- B. Análisis de resultados
- C. Implementación de mejora
- D. Seguimiento y control

A continuación, se describen las etapas:

A. Instrumentos de recolección de información

Se determinó por medio de historiales de los últimos 6 meses, cuáles son las fallas por mantenimiento, como fallas por electricidad, mecánicas y de servicios (Calderas), que generan tiempo muerto o paros imprevistos de la producción.

Se utilizaron herramientas de software para la captura y gráfica de datos, así como el análisis de tendencias y comportamiento de los equipos.

Colector de datos para vibración: Medidor de vibraciones machinerymate marca Meggitt están diseñados con sensores y codificada con la tabla ISO.

Pirómetro: Los Termómetros infrarrojos Fluke 62 MAX pueden determinar la temperatura superficial mediante la cantidad de energía infrarroja radiada. La siguiente figura muestra el medidor de vibraciones marca Meggitt y termómetro digital Fluke 62 MAX.



Figura 1 medidor de vibraciones marca Meggitt y Termómetro digital Fluke 62 MAX

Estetoscopio electrónico: El estetoscopio electrónico SKF TMST 3 es tan sensible que permite localizar las partes problemáticas de una máquina mediante la detección del ruido o la vibración de la máquina.

Amperímetro de gancho: tienen una resistencia interna muy pequeña, por debajo de 1 ohmio, con la finalidad de que su presencia no disminuya la corriente a medir cuando se conecta a un circuito eléctrico,

Cámara termografía: es muy importante el monitoreo de la temperatura en los circuitos. La siguiente figura muestra el estetoscopio electrónico SKF TMST y el amperímetro de gancho y la cámara termografía marca Fluke.



Imagen 2 Estetoscopio SKF TMST 3, Amperímetro de gancho Fluke y Cámara termografía Fluke

Formatos de Rutas de inspección: se habilitaron formatos para anotaciones de parámetros, así como, fallas detectadas o deterioros en el momento, con esto, se recolecto datos e incidencias. La siguiente tabla muestra formato de rutas de inspección mecánicas

RECIBA 1/2

DATOS DE VIBRACIONES Y CONTROL DE INSPECCIONES

REALIZO _____ 1. VIBRACIONES 4. FUGAS 7. TRANSMISION
 FECHA _____ 2. RUIDOS 5. ACOPLAMIENTO 8. RODILLOS
 EQUIPO _____ 3. TEMPERATURA 6. POLEAS 9. LUBRICACION

N	TAG	NOMBRE DEL EQUIPO	VALORES DE VIBRACION EN mm/s				CONDICION DE RODAMIENTOS EN g					TEMPERATURA °C						
			Punto 1 motor	Punto 2 motor	Punto 3 Maquina	Punto 4 Maquina	1	2	3	4	5	1	2	3	4			
1	RH	Plataforma de descarga																
2	BH-1	Bba. Hid. compuertas TR-0																
3	TR-3	Transp. grano en fosa																
4	TR-4	Transp. a TR-2Bis																
5	ER-1BIS	Elevador de grano																
6	ER-0	Trans recibe de vias																
7	TR-2	Transp. recibe de ER1BIS																
8	TR-2BIS	Transp. recibe de TR-0																
9	GSC-1	Transp. silo de GSC-1																

Tabla 1 Recuperado de los registros de la empresa caso de estudio

La siguiente tabla muestra formato de rutas de inspección de amperajes en ruta de inspección eléctrica

REPORTE DE AMPERAJE DE MOTORES

CCM 6

TAG	DATOS PLACA		AMPERAJE			OBSERVACIONES
	HP	AMP.	T1	T2	T3	
P-1HPA	15	19.5				
P-1HPB	20	25				
P-2A2	5	7				
P-63A	25	31.5				
P-63B	25	31.5				
P-2B1	5	6.8				
P-2B2	5	7				
P-3E	10	12.9				
P-3F	10	12.9				
P-3G	10	12.9				
P-6A	15	19.5				
P-6B	15	19.5				
P-1B	25	31.5				
P-1A	25	31.5				
P-120	2	3.1				
P-122A	2	3.1				
P-122B	2	3.1				
TE-1	25	29.3				
B-A	3	4.4				

Tabla 1 Recuperado de los registros de la empresa caso de estudio

La siguiente figura muestra formato de rutas de inspección de lubricación

EXTRACCION 1/3			DATOS DE VIBRACIONES Y CONTROL DE INSPECCIONES														
REALIZO	_____	1. VIBRACIONES	4. FUGAS	7. TRANSMISION													
FECHA	_____	2. RUIDOS	5. LIMPIEZA	8. ANCLAJE													
EQUIPO	_____	3. TEMPERATURA	6. PINTURA	9. LUBRICACION													
N	TAG	NOMBRE DEL EQUIPO	PUNTOS DE INSPECCION VISUAL									TEMPERATURA °C				A - ATENCION B - BIEN R - REPORTAR	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4		
1	P2B2	Bba hexano a lavatapete															
2	P2B1	Bba hexano a lavatapete															
4	P-3G	Bba de miscella															
5	P-3F	Bba de miscella															
6	P-3E	Bba de miscella															
7	P-3D	Bba de miscella															
8	P-3C	Bba de miscella															

Tabla 3 Recuperado de los registros de la empresa caso de estudio

3. RESULTADOS

3.1 Registros del estado inicial

Existen bases de datos de falla como OREDA (Offshore Reliability Data Handbook), este artículo presenta estadísticos de equipos de las instalaciones. Tomando como punto inicial la norma ISO 14224, se pueden utilizar las tablas de OREDA que relacionan estadísticamente los modos de falla con los componentes del equipo o con las descripciones. (OREDA, 2002).

Los principales problemas se encontraron fue en el área eléctrica, mecánica y servicios, la suma por mes rebasa el tiempo muerto permitido, considerando que la planta trabaja 30 días por mes las 24hrs, representa 720 horas de trabajo continuo, es decir, que solo puede tener como máximo permitido 7.2 horas de tiempo muerto para el departamento de mantenimiento. La siguiente tabla y gráfica muestran el tiempo muerto por mantenimiento de los últimos seis meses, según los rublos más constantes.

TIEMPO MUERTO POR MANTENIMIENTO 2020			
Mes	Horas Falla Eléctrica	Horas Falla Mecánica	Horas Falla Servicios
Julio	9.47	1.28	0.37
Agosto	1.05	8.00	0.08
Septiembre	2.00	5.07	0.27
Octubre	2.07	4.20	3.72
Noviembre	12.62	5.75	0.00
Diciembre	3.00	7.00	0.00

Tabla 4 Recuperado de los registros de la empresa caso de estudio



Grafica 1 Recuperado de los registros de la empresa caso de estudio.

Dentro del estudio y revisión de las causas por estas fallas, se encuentran las mecánicas como: rodamientos en motores, bombas y reductores, degradación de aceites dentro de reductores, daños en transmisiones por cadena o bandas, chumaceras, aflojamientos que provocan vibraciones y rupturas de las estructuras que lo soportan, así como, incremento de decibeles en las áreas de trabajo.

Se detectó que las protecciones eléctricas de los motores no hacían su función (fusible, guarda motor, elementos térmicos, etc.) ya que frecuentemente la carga de producto tiene variaciones e incrementa el amperaje, esto es producido por atascamientos en los sensores inductivos o capacitivos, los cuales permiten el paso del producto, muchas de estas fallas forzosamente son correctivos necesarios, ya que como partes electrónicas pueden fallar sin previo aviso y no presentan indicadores de falla solamente se daña en el momento.

La siguiente tabla muestra la condición de rodamiento y/o engrane en su estado actual en operación.

Nombre de la Maquina: Multiaspirador secundario		Fuerza de Motor: 1HP		Departamento de Mantenimiento Extraccion			
Area: Descascarado de soya		Velocidad: 1750RPM					
TAG: 5715-C2		Corriente de Placa: 1.2an					

Valores de vibración (mm/s)												Condicion de Baleros (mm/s)				Fecha
P1 motor			P2 motor			P3 maquina			P4 maquina			1	2	3	4	
5.35	5.79	2.2	3.17	3.08	1.16	2.02	1.71	0.96	2.3	1.96	1.32	0.7	0.8	0.48	1	03.12.2020
6.42	2.86	1.56	4.15	2.52	1.96	2.46	1.86	1.26	2.95	2.15	1.4	4.9	2.15	1.12	0.95	04.01.2021
1.85	2.69	1.13	1.76	1.64	0.46	1.91	6.47	0.95	1.7	1.37	0.96	0.23	0.14	0.22	0.38	12.01.2021
7.81	8.16	1.15	3.82	5.06	1.2	2.2	1.97	1.2	1.85	2.09	1.2	0.22	0.15	0.2	0.57	28.01.2021
7.75	7.9	2.26	3.83	5.28	3.1	1.34	2.28	2.64	2.44	1.82	0.5	0.23	0.16	0.14	0.4	12.02.2021
7.7	8	2.18	3.7	5.1	2.76	1.41	2.03	2.42	2.3	1.71	0.6	0.2	0.2	0.2	0.4	10.03.2021

Tabla 5 Recuperado de los registros de la empresa caso de estudio

3.2 Registros después de la implementación de mejora.

Una vez con los parámetros recolectados, se elaboró un programa de inspecciones rutinarios mecánicos y eléctricos, así, como rutas específicas en los edificios, según la norma francesa AFNOR 60.010 mencionado en el libro (Pak, 2001).

Engineering Service Notice

Acción Requerida/ información: Muestreo a reductores conforme al Programa de Muestreo.

Fecha: Febrero 23, 2021

Servicio otorgado: Análisis de muestras en laboratorio de los equipos muestreados. Entrega de informe y reportes de laboratorio. Comentar los resultados, sugerencias y/o recomendaciones en base a los resultados reportados.

Área: Mantenimiento

Lubricantes del Bajío sugiere la siguiente acción/recomendación:

Equipo: 705-1 (Reductor)

Situación: 705-1 Reporte 21036211047 Producto: Mobilgear 600 XP 320 Muestreo Programado

Antecedentes

- Viscosidad: 201.5 cSt
- Oxidación: 6 abs/cm
- Cobre: 42 ppm
- Hierro: 32 ppm
- Silicio: 15 ppm
- Código de Limpieza: 21/17/13.

705-1 Reporte 21036211047 Producto: Mobilgear 600 XP 320

Puntos tratados/ Recomendaciones:

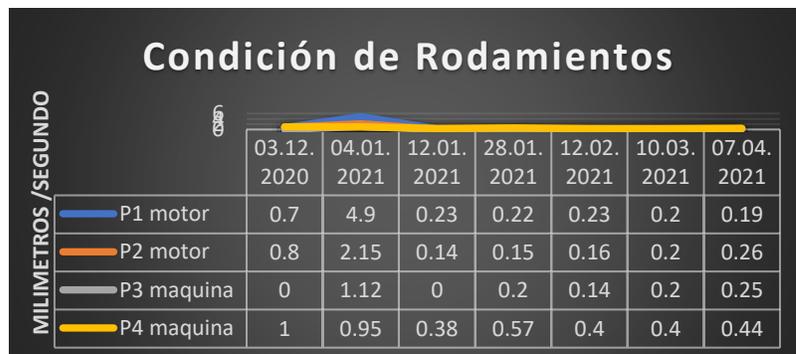
Nota: El reporte de laboratorio se calificó en "Alerta" (rojo) por baja viscosidad. Lo anterior debido a que el producto dado de alta en el sistema es el Mobilgear 600 XP 320 (ISO VG 320) cuando el producto en operación corresponde al Mobilgear 600 XP 220 (ISO VG 220)

En base a los resultados de análisis se hacen los siguientes comentarios:

- **Viscosidad: 204.5 cSt.** La viscosidad se encuentra en el rango de un ISO VG 220.
- La placa del reductor especifica un lubricante con un ISO VG 220. Ver imagen 1.
- **Oxidación (7 abs/cm).** Se encuentra en un estatus de precaución.

Figura 3 Recuperado de los registros de la empresa caso de estudio.

Las siguientes gráficas muestran tendencia de condición de rodamientos y el análisis de corriente.



Grafica 5 Recuperado de los registros de la empresa caso de estudio.

Se observa que los parámetros bajaron después de la intervención, no se dañaron componentes adicionales, bajaron los niveles de ruido en las áreas y por supuesto no se daña la estructura donde está montado y trabajando.



Grafica 3 Recuperado de los registros de la empresa caso de estudio.

El análisis de corriente en el equipo muestra que no sobre paso la intensidad de diseño, pero claramente se nota un incremento de corriente pequeño, pero está presente, una vez realizado el mantenimiento correspondiente, regresa a su consumo normal de intensidad.

Considerando que la re lubricación tiene una frecuencia de 1500hrs que equivale a reponer grasa cada 2 meses se programan las rutinas de inspección y re lubricación de los equipos, llevando un record y reporte de lo visto en ruta.

Mínimos y máximos de piezas en almacén fue necesario para intervenir y realizar el mantenimiento a la maquinaria, cada una de las refacciones cuenta con un código SAP enlistadas desde las más importantes, con ayuda de los manuales que anexa el fabricante y con la evaluación de partes y los tiempos de entrega se evitó que la productividad se afectará en tiempo y sobre todo en capital.

B. Seguimiento y control

Una vez implementado el RCM se dio un periodo de tres meses para monitoreo y control a todas las acciones puestas en marcha, dando como resultado las siguientes observaciones que se pueden ver en la siguiente gráfica respecto al tiempo muerto por fallas eléctricas, mecánicas y de servicios considerando un máximo de 7.2 horas mensuales.



Grafica 4 Recuperado de los registros de la empresa caso de estudio.

Durante los tres meses de prueba y validación se observa que las fallas muestran un comportamiento dentro de los límites de especificación impuestos por la organización y esto a su vez trae consigo otros beneficios como:

- Baja de consumos de corriente eléctrica
- Se mantiene la calidad del producto
- No genera scrap
- Los índices de tiempo muerto bajan, entran dentro del 1% permitido
- El personal adquiere conocimientos que le dan plusvalía a su carrera profesional
- El personal puede acceder a un bono mensual gracias a la reducción de costos

3. DISCUSIÓN

Como lo menciona la sociedad de ingeniería automotriz y según los resultados de la implementación en esta empresa se corrobora que se puede mejorar la seguridad y confiabilidad de los equipos sin importar su giro, y esto se puede ver simplemente por el hecho de haber sido creada para la industria comercial de aviación y hoy en día ha sido utilizada para determinar estrategias de mantenimiento de activos físicos en casi todas las áreas de trabajo en los países industrializados del mundo.

El estudio muestra total acuerdo con Buelvas y Martínez en su estudio “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa I&I” donde hacen hincapié en que debe tenerse mucho cuidado, al momento seleccionar una tarea preventiva (o cualquier otra tarea), en no confundir una tarea que se puede hacer, con una tarea que conviene hacer ya que en momentos críticos se puede caer en hacer por hacer, sin un análisis previo de la situación que conlleve a pérdidas de tiempo y / o recursos.

Como es sabido la industria es un sistema y a su vez se entrelaza con un mundo de negocios y planes de mercado, así entonces, Barros et.al en su artículo “Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo” la implementación de los programas RCM han mostrado importantes resultados. Sin embargo, para su efectiva y exitosa implementación las compañías deben realizar una profunda revisión de sus actuales planes de mercadeo y negocio con el fin, de tener hacia adentro marchando cada equipo y herramienta a su optima capacidad, esto solo se logra con acciones cuidadosamente implementadas como se muestra en el proyecto.

La SAE JA1011, Fuentes et. al y Diaz et. al coinciden en que ya sea la industria de la aviación, la automotriz, la eléctrica y otras muchas más, la dirección del mantenimiento de infraestructura utilizando el RCM y siendo responsables de mantener los activos en adecuado funcionamiento se establecen programas de mantenimiento de equipos eficientes y rentables con resultados demostrados como una opción útil y confiable si solo hay datos confiables y experiencia del personal como información disponible.

De la aplicación se validó la pertinencia de la herramienta dado que los indicadores de tiempo permitido de paro se mantuvieron dentro de los parámetros permitidos ya que disminuyeron un 20% y existe concordancia entre los especialistas e involucrados.

4. CONCLUSIONES.

Al recopilar los datos del monitoreo se detectaron varias máquinas apunto de fallar, mediante la implementación del RCM II se logró establecer un programa de mantenimiento constituido por acciones (Chequeo, Predictivas y Preventivas) propuestas para cada uno de los modos de falla, identificación de los componentes por equipo más detallada, consideraciones de seguridad y operación del equipo no previstas e incremento de la vida útil de la maquinaria.

En conclusión, si bien la infraestructura de las instalaciones es importante, mejorar el sistema de recopilación de datos para desarrollar modelos de confiabilidad son una prioridad en varias etapas de la vida útil de los equipos y sus indicativos naturales, así como la investigación enfocada en la falla más frecuente y los incidentes, deben ser el foco para mejorar la integridad del proceso y la aplicación de herramientas de confiabilidad en todo tipo de industria.

En cuanto a la metodología fue de mucha ayuda, ya que ayudo a recolectar los datos principales, y expuso claramente parámetros como:

- Paros de planta no programados por fallas de las maquinarias del proceso.
- Tiempo muerto por paros de planta.
- Costo al dejar de producir el producto.
- Stock de refacciones.

No hubo inconveniente al detectar y resolver el problema ya que, los datos recolectados en campo son confiables y de primera mano, sobre todo los costos de los tiempos muertos en planta que

Algo que el estudio dejo expuesto es el tema de compra de suministros, requiere análisis y detectar los cuellos de botella administrativos, ya que, por políticas interiores de la industria, retrasan la compra y por ende la llegada de las refacciones a planta, esto tiene una variación de tiempo al ser adquiridas, lo cual perjudica un poco los planes de ejecución de mantenimiento.

Una parte importante de la RCM se enfoca a planificar una serie de procedimientos los cuales, se realizan en base a las necesidades de mantenimiento de la maquina aunado a las necesidades productivas, dentro de todo este contexto entra el personal que lleva a cabo los análisis e inspecciones del equipo en campo, el punto a resaltar es el tiempo que lleva capacitar al personal y que genere ciertas habilidades de detección de posibles fallas en el equipo, esto lleva a denotar que la capacitación constante y las habilidades desarrolladas aún no son lo suficiente finas para determinar y localizar el fallo antes que suceda.

Es recomendable realizar periodos de capacitación al personal continuo, incrementar la plantilla de mantenimiento para monitoreo en campo.

5. REFERENCIAS

- Barros Chaparro, David Jesús; Valencia Ochoa, Guillermo; Vargas Henríquez, Lisandro (2014) Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo Scientia Et Technica, vol. 19, núm. 2, junio-, 2014, pp. 200-208. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84931680008>
- Buelvas Diaz Camilo Ernesto, Martínez Figueroa Kevin Jair (2014). Tesis “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa I&I”. Universidad Autónoma Del Caribe, Barranquilla.
<http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/813/TMEC%201144.pdf?sequence=1>

- Campos-López Omar, Tolentino-Eslava Guilibaldo, Toledo-Velázquez Miguel, Tolentino-Eslava René (2018). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. Científica, vol. 23, núm. 1, pp. 51-59, 2019. Instituto Politécnico Nacional <https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/index.html>
- Díaz-Concepción, Armando, & Villar-Ledo, Leisis, & Cabrera-Gómez, Jesús, & Gil-Henríquez, Antonio Salvador, & Mata-Alonzo, Rafael, & Rodríguez Piñero, Alberto J. (2016). Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica. Ingeniería Mecánica, 19(3),137-142. [fecha de Consulta 24 de Mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225147535003>
- Emovon Ikuobase, A Rosemary, J. Murphy Norman and Alan, (2016) ELEMENTS OF MAINTENANCE SYSTEMS AND TOOLS FOR IMPLEMENTATION WITHIN THE FRAMEWORK OF RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE- A REVIEW. Journal of Mechanical Engineering and Technology. ISSN: 2180-1053 Vol. 8 No.2
- Fuentes-Huerta Marco A., González González David S., Cantú-Sifuentes Mario, Praga-Alejo Rolando J. (2021) Fuzzy Reliability Centered Maintenance Considering Personnel Experience and Only Censored Data. Computers & Industrial Engineering, 107440, ISSN 0360-8352, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107440>.
- Geraghty Tony (1996), Achieving Cost Effective Maintenance through the integration of Condition Monitoring, Reliability Centred Maintenance and Total Productive Maintenance, Safety and Reliability, 15:3, 24-34, DOI: 10.1080/09617353.1996.11690653
- Garrido, S. G. (2012). Ingeniería De Mantenimiento. Renovetec. Recuperado el 10 de ABRIL de 2021, de <http://www.renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf>
- Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5.
- Jaumandreu Balanzo J, Fariñas García JC. La encuesta sobre estrategias empresariales características y usos. Economía industrial. 1994 (299):109-19.
- Kuroda Bombas. (6 de abril de 2012). Kuroda Bombas. Obtenido de <http://kurodabombas.com/2012/04/06/ventajas-y-desventajas-del-mantenimiento-predictivo/>
- Norma ISO 201816-1: 2016 Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 1: General guidelines 16 de abril del 2021.
- International Organization for Standardization, ISO 14224: Petroleum, petrochemical and natural gas industries-Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment, 3 ed., Ginebra: ISO, 2016.
- Omoya, O.A., Papadopoulou, K.A. and Lou, E. (2019), "Reliability engineering application to pipeline design", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 36 No. 9, pp. 1644-1662. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2017-0197>
- OREDA Participants, Offshore Reliability Data Handbook (OREDA), 4 ed., Norway: Det Norske Veritas (DNV), 2002.
- Pak, A. (2001). Manual del Ingeniero de Mantenimiento. Recuperado el 12 de abril de 2021.
- Society of Automotive Engineers, SAE JA1011: Evaluation criteria for reliability-centered maintenance (RCM) processes, 2 ed., Warrendale: SAE International, 2009.
- Torres, V., et al., Asimilación Tecnológica en una Empresa Metalmecánica. Estudio de un Caso. Revista Electrónica de Divulgación de la Investigación ISSN: 2007-3542. Vol. 19, junio – 2020