

MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD APLICADO AL SISTEMA HIDRÁULICO DE LA PLANTA GENERADORA HUAJI DE COBEE

RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE APPLIED TO THE HYDRAULIC SYSTEM OF COBEE HUAJI POWERHOUSE

Ing. Mauricio Alejandro Gonzales Alvarado (1)

RESUMEN

La Compañía Boliviana de Energía Eléctrica COBEE es una de las empresas de generación hidráulica más importante de Bolivia. Siguiendo su política de mejora continua para lograr una gestión cada vez más eficiente, se aplicó la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad al sistema hidráulico de la planta Huaji, ubicada en el Valle de Zongo, para sugerir tareas de mantenimiento, sus frecuencias y responsables.

Para el análisis se utilizaron los parámetros de la norma SAE JA1011, la cual exigió formar un grupo de trabajo multidisciplinario con el personal más involucrado al sistema y responder, en sesiones planificadas, las siete preguntas básicas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

Todo el estudio fue documentado en planillas y planes de mantenimiento de acceso a todo el personal de la empresa.

Palabras clave: Mantenimiento centrado. Confiabilidad. Norma SAE JA-1011.

ABSTRACT

Bolivian Company of Electric Power, COBEE, is one of the companies of more important hydraulic generation in Bolivia. Following its politics of continuous progress to achieve a more efficient management, a methodology of Reliability Centered Maintenance to the hydraulic system was applied at Huaji plant, located in Zongo's Valley, to suggest maintenance tasks, their frequencies and responsible people.

The analysis used the parameters of the standard SAE JA1011; which demanded to form a multi-disciplinary working group with the system most involved staff and

to answer, in planned meetings, the seven basic questions of Reliability Centered Maintenance.

The entire study was documented in worksheets and maintenance plans for access to all the company staff.

Keywords: Centered maintenance. Reliability. SAE JA-1011.

INTRODUCCIÓN

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM (Reliability Centered Maintenance) es una herramienta metodológica que permite la gestión del mantenimiento enfocado hacia la confiabilidad para el cumplimiento de las funciones de los sistemas, equipos o procesos. El desarrollo y la aplicación del RCM derivan de los estudios de Nowlan y Heap en la aeronáutica comercial americana. Los resultados de sus trabajos permitieron aumentar la confiabilidad de las aeronaves, debido a que presentaban un número de fallas que la industria aeronáutica juzgo elevada.

Actualmente, el RCM se ha extendido a la industria militar, nuclear, automotriz, eléctrica y petrolera, entre otras. Para asegurar que la metodología se utilice de manera apropiada, se desarrolló la norma SAE JA1011, que establece los criterios que debe cumplir un proceso RCM. John Moubray es el expositor más importante de la metodología RCM junto a su bibliografía (1).

El RCM establece que se debe contestar satisfactoriamente y en un orden determinado, siete preguntas sobre los equipos analizados:

1. ¿Cuáles son las funciones y los estándares asociados de desempeño deseado del activo en su contexto operacional actual?

Páginas 9 a 14

Fecha de recepción: 08/07/15

Fecha de aprobación: 15/07/15

1) Ing. Electromecánico. Univalle Cochabamba. mgonzalesalv@gmail.com

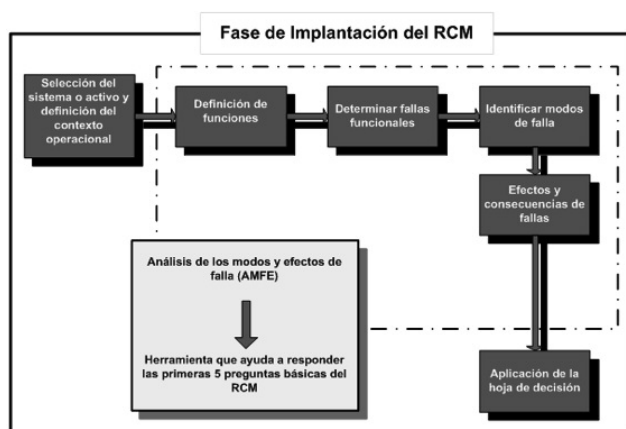
2. ¿En qué formas puede fallar el cumplimiento de sus funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada fallo funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada fallo?
5. ¿Qué importancia tiene cada fallo?
6. ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada fallo?
7. ¿Qué debe hacerse si no puede encontrarse una tarea proactiva apropiada?

Para seleccionar el activo o proceso para aplicar RCM, la empresa realizó un análisis de criticidad a las plantas de generación y sus componentes utilizando como parámetros los mantenimientos correctivos y paradas no programadas. El análisis dio como resultado el sistema hidráulico HPU de la planta Huaji.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la correcta aplicación del RCM, se debe formar un grupo de trabajo multidisciplinario conformado por ingenieros y técnicos eléctricos y mecánicos de las áreas de producción y mantenimiento, operadores de la planta y facilitadores (Diagrama N° 1).

Diagrama N° 1. Fase de implantación del RCM.



Fuente: Elaboración propia. Octubre 2013.

a) Contexto operacional: Una vez definido el sistema que será analizado con RCM, se realiza un estudio de su entorno de trabajo. Se debe responder claramente a preguntas como: ¿Qué activos son los que se van a mantener? ¿Bajo qué condiciones ambientales y físicas se encuentran? ¿En qué estado físico se encuentran? ¿Cuánta carga manejan y de qué tipo?, entre las más importantes.

La importancia del contexto operacional es tanta, que afecta las funciones, modos de falla, efectos y consecuencias de los activos, razón por la cual los planes de

mantenimiento difieren entre activos del mismo tipo. De acuerdo con la bibliografía especializada (1) (2), se sugiere definir el contexto operacional siguiendo los siguientes incisos:

- **Procesos en serie:** Si al fallar un componente, equipo o sistema, ocasiona la parada total del proceso o reduce significativamente su salida.

- **Redundancia:** La existencia de activos redundantes es un aspecto que influye contundentemente a la hora de definir sus funciones, lo que conlleva a diferencias sustanciales en sus requerimientos de mantenimiento.

- **Estándares de calidad:** El establecimiento de calidad para un producto o servicio puede conducir a diferencias en la descripción de las funciones de los activos (aunque éstos sean idénticos), generando exigencias de mantenimiento diferentes.

- **Riesgos para la seguridad:** En el contexto operacional, se establecen los niveles de riesgo tolerable propios de la organización o se adoptan los ya existentes.

- **Estándares ambientales:** Al mantener un activo se debe satisfacer tanto a los usuarios que quieren que el equipo opere de manera adecuada según sus requisitos, así como a la sociedad en sí, asegurando que el equipo y proceso no causen ningún daño al medio ambiente.

- **Tiempo de trabajo:** Es diferente el análisis a un equipo que trabaja un número reducido de horas a otro que opera continuamente. Esto debe estar especificado en el contexto operacional.

- **Trabajo en proceso:** Se refiere a los materiales o semi productos que no hayan pasado por todas las etapas de un proceso productivo y que pueden estar almacenados para un empleo inmediato. En tales casos, las consecuencias de una falla pueden estar influidas por la cantidad de estos materiales entre las etapas de dicho proceso, por lo que será necesario analizar si lo más conveniente es aumentar el stock de trabajos en procesos o tomar las acciones necesarias para evitar los fallos.

- **Tiempo de reparación:** Los tiempos de reparación están ligados a la velocidad de respuesta a la falla, al sistema de reporte, la velocidad de reparación, la disponibilidad de repuestos y herramientas, y la capacidad del personal. Estos factores afectan a los efectos y consecuencias de las fallas.



- **Piezas de repuesta:** Desde la óptica del mantenimiento centrado en la confiabilidad, la única razón válida para mantener altos stocks de piezas de repuesto es evitar o reducir las consecuencias de una falla, por lo que se deberá hacer un balance entre el costo de mantener una pieza en stock y el costo total de no tenerla.

- **Demanda en el mercado:** En no pocas ocasiones, el contexto operacional puede estar matizado por variaciones típicas en la demanda de productos o servicios, por lo que las consecuencias operacionales de una falla son mucho más severas en los momentos de máxima demanda.

- **Materias primas:** El contexto operacional puede estar caracterizado por fluctuaciones en el suministro de materias primas. Si se trata de materias primas perecederas, las fallas en un momento pico no solo afectan a la producción, sino que también pueden conducir a la pérdida de grandes volúmenes de materia prima que se deteriora por no poder ser procesada a tiempo.

- **Documentación:** La mejor forma de lograr que todos los involucrados en el desarrollo de un programa de mantenimiento comprendan cabalmente el contexto operacional de un activo, es documentándolo adecuadamente con el grado de detalle que resulte necesario.

b) Funciones, fallas funcionales, modos y efectos de falla: Definido el contexto operacional, el siguiente paso es responder las siete preguntas básicas del RCM. De acuerdo con la bibliografía especializada (1) (2), se sugiere contestar las primeras cuatro preguntas empleando el Análisis de Modos y Efectos de falla (AMFE). El AMFE requiere que se consideren tanto las fallas que han ocurrido como aquellas que pueden ocurrir.

Con el propósito de desarrollar los AMFE de una manera estandarizada, se plantea el uso de tablas llamadas Hojas de Información. La función es lo que el propietario o usuario de un activo o sistema desea que éste haga. Todas las declaraciones de función, principal y secundarias, contendrán un verbo, un objeto y un estándar de rendimiento.

Las fallas funcionales son la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que sus usuarios quieren que haga. Se deben definir y registrar todas las fallas funcionales asociadas a cada función que se puedan presentar en el sistema a mantener; para esto se pueden analizar cuestionamientos como; ¿Cuáles son los estados indeseables del sistema? ¿Se hace mantenimiento para evitar qué estado del sistema? El modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional.

La descripción de un modo de falla debe consistir de un sustantivo y un verbo, la descripción debe ser lo suficientemente detallada para poder seleccionar una estrategia de manejo de falla apropiada, pero no tanto como para perder mucho tiempo en el propio proceso de análisis. Los efectos de falla describen lo que sucede cuando se presenta un modo de falla. Al describir los efectos de falla, debería hacerse constar lo siguiente (Tabla N° 1).

- La evidencia de que se ha producido la falla.
- Las maneras en que la falla supone una amenaza para la seguridad o el ambiente.
- Las maneras en que afecta a la producción o a las operaciones.
- Los daños físicos causados por la falla.
- Las acciones correctivas.

Tabla N° 1. Ejemplo de planilla hoja de información.

HOJA DE INFORMACIÓN				
Centro de emplazamiento: COBEE - VALLE DE ZONGO - PLANTA HUAJI - HUJ01				
Ubicación: Valle de Zongo				
Unidad: HUA 01-02				
Sistema: Generación				
Equipo: HPU				
FUNCIÓN	FALLO FUNCIONAL	MODOS DE FALLO	EFECTOS DE FALLO	
2 Contener entre 750 y 800 litros de aceite a presión atmosférica.	A Contiene mas de 800 litros.	1 Filtración de agua al tanque de aceite (MEX80 BB001) a través del sello de agua de los inyectores.	El indicador de nivel del tanque (MEX80 CL001) aumenta por arriba de la letra E y el interruptor de nivel (MEX80 CL002) manda una señal analógica al módulo del DTL (regulador de velocidad) y activa la alarma de "alto nivel de aceite". Este modo de falla es evidente en circunstancias normales (el unico modo de fallo), realizando inspeccion del aceite del tanque a traves de la manguera del intercambiador de calor. El aceite presenta un aspecto lechoso. Puede producir contaminación en el sistema (humedad al aceite) dañando las válvulas y acortando la vida útil de los filtros. Para cambiar el aceite del tanque se debe parar la maquina y el personal mecanico realizará los trabajos necesarios (vaciado de aceite, limpieza con gasolina y llenado de aceite filtrado). El corregir el fallo indispone a la maquina un tiempo de (1 1/2 a 2 1/2 dias) con un costo de indisponibilidad estimado de (10,698.83 \$us a 19,865.71 \$us) por unidad.	

Fuente: Elaboración propia. Febrero 2014.



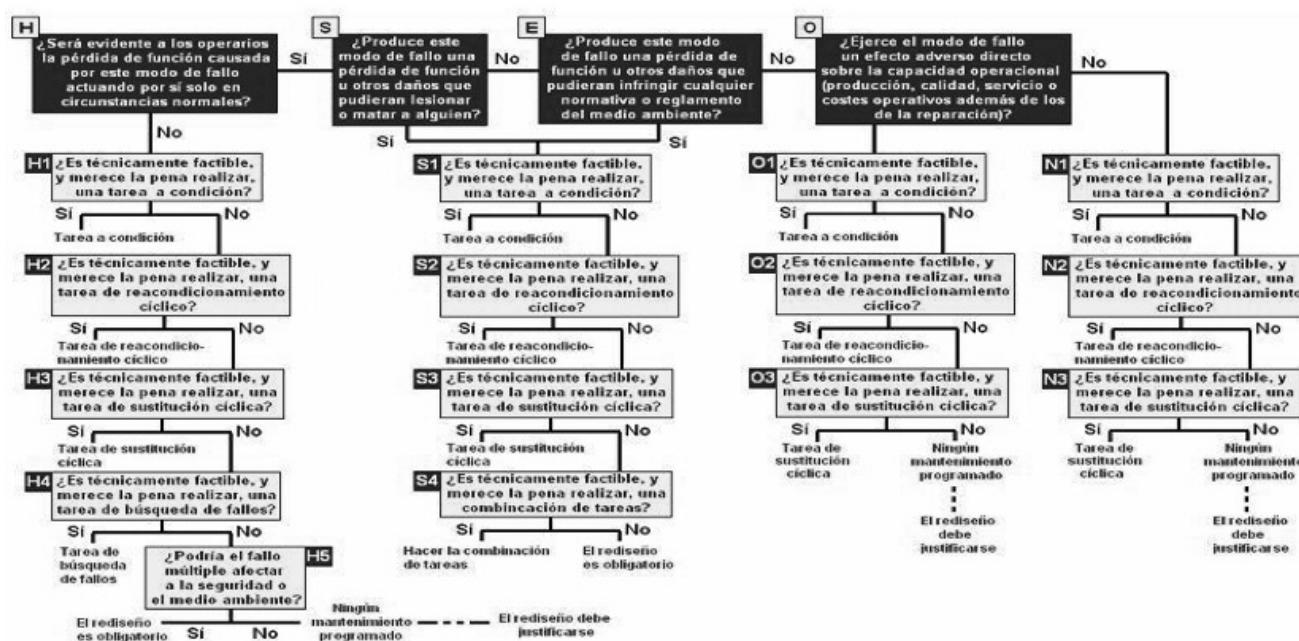
c) Diagrama de decisión RCM: (Diagrama N° 2) Para responder a las últimas tres preguntas se utilizó el diagrama de decisión RCM que se divide en las consecuencias de los modos de falla, y la elección del tipo de tarea de mantenimiento más adecuada. Las respuestas a las preguntas formuladas en el diagrama de decisión serán asentadas en la hoja de decisión y en función de dichas respuestas se registra (Tabla N° 2):

- ¿Qué mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado, con qué frecuencia será realizado y quién lo hará?

- ¿Qué fallas son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño?

- ¿Casos en los que se toma la decisión deliberada de dejar que las fallas ocurran?

Diagrama N° 2. Diagrama de decisión RCM



Fuente: Elaboración propia. Octubre 2013.

Tabla N° 2. Ejemplo de planilla hoja de decisión

HOJA DE TRABAJO DE DECISION		Centro de emplazamiento: COBEE - VALLE DE ZONGO - PLANTA HUAI - HUA01										Fecha Inicio:		Hoja: [hoja X de Y]									
		Ubicación: Valle de Zongo																					
		Unidad: HUA 01 02																					
		Sistema: Generacion																					
		Equipo: HPU																					
Referencia		Evaluación consecuencias					H1 H2 H3			Tareas alternativas		TAREAS PROPUESTAS		FRECUENCIA INICIAL		A REALIZAR POR:							
F		FF		MF		H S E O			S1 S2 S3									H4 H5 S4					
									O1 O2 O3														
									N1 N2 N3														
2		A		1		S		N		N		S						Sustitución sellos de agua de los inyectores		Anual		Personal mecánico	

Fuente: Elaboración propia. Junio 2014.

RESULTADOS

El análisis RCM realizado al sistema hidráulico HPU dio como resultados:

- 5 funciones (1 principal y 4 secundarias) y 28 fallas funcionales.

- 7 tareas de mantenimiento propuestas (4 anuales y 3 diarias).

Las tareas de mantenimiento fueron incluidas en los planes de mantenimiento anual y diario de la planta Huai para su revisión y posterior aplicación (Tablas N° 3 y 4).

Diagrama N° 2. Diagrama de decisión RCM

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES MANTENIMIENTO ANUAL SISTEMA ZONGO - PLANTA HUAJI																															
ACTIVIDADES	DÍAS																														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Inspección y pruebas de funcionamiento de bombas de aceite en HPU ambas maquinas.																															
Limpieza y mantenimiento de tanques sumideros HPU ambas maquinas e inspección del aceite.																															
Exámenes de aceite en laboratorio.																															
Limpieza y mantenimiento de Cajas de control motores HPU.																															
Limpieza y mantenimiento de motores de HPU.																															
Sustitución sellos de agua de los inyectores.																															
Reacondicionamiento eje de los servomotores.																															
Sustitución cojinetes.																															
Limpieza y mantenimiento de válvulas de control en HPU.																															
Medición y cargado de nitrógeno a los tanques de ambas unidades.																															
Limpieza de cañerías de agua y aceite en todo el sistema hidráulico (HPU, Turbinas, V. Esféricas).																															

Fuente: Elaboración propia. Junio 2014.

Tabla N° 4. Plan de mantenimiento diario

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES MANTENIMIENTO DIARIO SISTEMA ZONGO - PLANTA HUAJI																															
ACTIVIDADES	HORAS																														PERSONAL
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
Revisar la presión de nitrógeno en los botellones y acumuladores con un manómetro.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Operador de turno
Inspección al tiempo de funcionamiento de las bombas.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Operador de turno
Inspección visual y auditiva al HPU.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Operador de turno
Control temperatura.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Operador de turno
Limpieza de filtros colmatados.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Operador de turno
Control nivel de aceite.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Operador de turno
Revisión voltaje y corriente de los módulos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Operador de turno

Fuente: Elaboración propia. Junio 2014.

DISCUSIÓN

La aplicación del método propuesto en este trabajo arroja las siguientes conclusiones:

La implementación de las tareas de mantenimiento propuestas por el análisis RCM aumentarán la confiabilidad del HPU y reducirán los costos de manteni-

miento correctivo e indisponibilidad de las unidades.

Las planillas Informativas y de Decisión de RCM hacen posible hacer seguimiento de cada tarea de mantenimiento desde las funciones y contexto operacional del bien. A su vez, son fácilmente adaptables a los cambios que surjan.



Al involucrar a personal de diferentes áreas que tienen que ver con el sistema hidráulico se mejora la comunicación y el trabajo en equipo. El intercambio de ideas y conocimientos enriquecen al grupo de trabajo y aumenta la motivación para el personal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) MOUBRAY John, "Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad", Industrial Press Inc., 2° Ed, 1997.

(2) ZENGINEERING SOCIETY FOR ADVANCING MOBILITY LAND SEA AIR AND SPACE. "Norma SAE JA1011, Criterios de evaluación para procesos de mantenimiento centrado en confiabilidad", 1999.

