

ERRORES Y OMISIONES AL APLICAR RCM: UNA VISIÓN CON APEGO METODOLÓGICO

AUTORES: CARLOS MARIO PÉREZ JARAMILLO
LAURA CÓRDOBA URIBE

PARTE 2 DE 7
FALLAS FUNCIONALES

PARTE 2 DE 7: FALLAS FUNCIONALES

En la versión anterior de esta entrega, fueron presentados los dos primeros elementos para iniciar un proceso de aplicación de RCM: la elaboración del contexto operacional y la definición de las funciones. Sobre estas últimas se hizo especial énfasis en la importancia de redactarlas correctamente pues son el punto de partida para tener información apropiada para los siguientes pasos.

La pregunta 2 de la metodología de RCM plantea: *¿De qué maneras puede fallar?* La respuesta busca establecer las posibles fallas funcionales de cada una de las funciones identificadas.

Una falla funcional es la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado. La norma SAE JA1011 establece al respecto, que un proceso RCM deben ser identificadas todas las fallas funcionales asociadas a cada función.

5.2 Functional failures—All the failed states associated with each function shall be identified.

Es posible definir los estados de falla de un activo, basados en las funciones y parámetros de funcionamiento, esto permite tener claro cuando un activo dejó de hacer lo que sus usuarios deseaban que hiciera.

Un estado de falla se presenta cuando lo que se quiere que haga está fuera de las posibilidades de lo que puede hacer y deben considerarse 2 situaciones:

- Falla total: falla que conduce al equipo a paro y a que todas las demás funciones cesen.
- Falla parcial: falla en la que el activo incumple los parámetros de funcionamiento, sin que se detenga totalmente el equipo.

Para ilustrar cómo debe llevarse a cabo este paso, se continuará con el análisis del caso mencionado en la parte 1 de este artículo, para señalar los errores y presentar la forma correcta de describir las fallas funcionales.

- **Sistema:** tratamiento de agua de producción - inyección de agua
- **Equipos principales:** motobombas de inyección de agua - motor Toshiba - bomba multietapas Summit Halliburton

Función correcta		Falla funcional incorrecta		Falla funcional correcta	
1	Suministrar agua tratada a una presión de 2,100 psi y un caudal de 30,000 Bls/día a los pozos inyectoros.	1A	No bombear agua tratada a las condiciones dadas de presión y caudal hacia el manifold de descarga direccionado hacia los pozos inyectoros.	1A	No suministra agua tratada
				1B	Suministra agua tratada a una presión menor de 2,100 psi a los pozos inyectoros.
				1C	Suministra agua tratada a una presión mayor de 2,100 psi a los pozos inyectoros.
				1D	Suministra agua tratada a un caudal menor de 30,000 Bls/día a los pozos inyectoros.
				1E	Suministra agua tratada a un caudal mayor de 30,000 Bls/día a los pozos inyectoros.
2	Contener el fluido de proceso	2A	Pérdida de hermeticidad por el sello mecánico	2A	No contiene el fluido de proceso
3	Mantener el aceite de la cámara de empuje entre xx °C y xx °C	3A	Perdida de la capacidad de refrigeración del aceite de la cámara de empuje	3A	Mantiene el aceite de la cámara de empuje a una temperatura menor de xx °C
				3B	Mantiene el aceite de la cámara de empuje a una temperatura mayor de xx °C
4	Transmitir movimiento a la bomba de suministro de agua tratada a un torque de XX N.m y velocidad de XXX rpm	4A	No genera potencia para operación de la bomba.	4A	No transmite movimiento a la bomba de suministro de agua tratada
				4B	Transmite movimiento a la bomba de suministro de agua tratada a un torque menor de XX N.m
				4C	Transmite movimiento a la bomba de suministro de agua tratada a una velocidad menor de XXX rpm
5	Variar la frecuencia de operación del motor de la bomba de 0 a 60 HZ haciendo que el motor gire en un rango de 0 a xxx rpm	5A	Motor no arranca o no se permite la regulación de frecuencia de acuerdo con condiciones de proceso	5A	No varía la frecuencia de operación del motor de la bomba de 0 a 60 HZ

Función correcta		Falla funcional incorrecta		Falla funcional correcta	
6	Convertir el voltaje de salida del variador de frecuencia de XXX V a XXX V	6A	No elevar el voltaje de salida del variador de frecuencia	6A	No convierte el voltaje de salida del variador
				6B	Convierte el voltaje de salida del variador de frecuencia a un voltaje menor de XXX V
				6C	Convierte el voltaje de salida del variador de frecuencia a un voltaje mayor de XXX V
7	Reducir los armónicos de corriente de entrada (THD) al variador de frecuencia a niveles inferiores al 10%.	7A	No reducir los armónicos de corriente de entrada.	7A	No reduce los armónicos de corriente de entrada (THD) al variador de frecuencia a niveles inferiores al 10%.
8	Liberar la presión a la atmosfera en el evento que la presión en la descarga de la bomba exceda XXX psi	8A	No aliviar la presión en la descarga de la bomba.	8A	No libera la presión a la atmosfera en el evento que la presión en la descarga de la bomba exceda XXX psi
				8B	Libera la presión a la atmosfera en el evento que la presión en la descarga de la bomba sea menor a XXX psi
9	Liberar la presión a la atmosfera en el evento que la presión en la succión de la bomba exceda XXX psi	9A	No aliviar la presión en la succión de la bomba.	9A	No libera la presión a la atmosfera en el evento que la presión en la succión de la bomba exceda XXX psi
				9B	Libera la presión a la atmosfera en el evento que la presión en la succión de la bomba sea menor a XXX psi
10	Indicar en el cuarto de control la temperatura de los rodamientos del motor de la bomba con una desviación máxima de ± 1 % del valor real	10A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	10A	No indica en el cuarto de control la temperatura de los rodamientos del motor de la bomba
				10B	Indica en el cuarto de control la temperatura de los rodamientos del motor de la bomba con una desviación mayor de ± 1 % del valor real

Función correcta		Falla funcional incorrecta		Falla funcional correcta	
11	Activar una alarma visual en el cuarto de control cuando la temperatura de los rodamientos del motor de la bomba exceda XXX °C	11A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	11A	No activa una alarma visual en el cuarto de control cuando la temperatura de los rodamientos del motor de la bomba exceda XXX °C
				11B	Activa una alarma visual en el cuarto de control cuando la temperatura de los rodamientos del motor de la bomba es menor a XXX °C
12	Detener el motor de la bomba cuando la temperatura de los rodamientos del motor de la bomba exceda XXX °C	12A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	12A	No detiene el motor de la bomba cuando la temperatura de los rodamientos del motor de la bomba exceda XXX °C
				12B	Detiene el motor de la bomba cuando la temperatura de los rodamientos del motor de la bomba es menor a XXX °C
13	Indicar en el cuarto de control la temperatura del devanado del motor de la bomba con una desviación máxima de ± 1 % del valor real	13A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	13A	No indica en el cuarto de control la temperatura del devanado del motor de la bomba
				13B	Indica en el cuarto de control la temperatura del devanado del motor de la bomba con una desviación mayor de ± 1 % del valor real
14	Activar una alarma visual en el cuarto de control cuando la temperatura del devanado del motor de la bomba exceda XXX °C	14A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	14A	No activa una alarma visual en el cuarto de control
				14B	Activa una alarma visual en el cuarto de control cuando la temperatura del devanado del motor de la bomba es menor a XXX °C
15	Detener el motor de la bomba cuando la temperatura del devanado del motor de la bomba exceda XXX °C	15A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	15A	No detiene el motor de la bomba cuando la temperatura del devanado del motor de la bomba exceda XXX °C
				15B	Detiene el motor de la bomba cuando la temperatura del devanado del motor de la bomba es menor a XXX °C

Función correcta		Falla funcional incorrecta		Falla funcional correcta	
16	Indicar en el cuarto de control el flujo de agua tratada con una desviación máxima de $\pm 1\%$ del valor real	16A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	16A	No indica en el cuarto de control el flujo de agua tratada
				16B	Indica en el cuarto de control el flujo de agua tratada con una desviación mayor de $\pm 1\%$ del valor real
17	Activar una alarma visual en el cuarto de control cuando el flujo de agua tratada sea mayor a XXX l/s	17A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	17A	No activa una alarma visual en el cuarto de control cuando el flujo de agua tratada sea mayor a XXX l/s
				17B	Activa una alarma visual en el cuarto de control cuando el flujo de agua tratada es menor a XXX l/s
18	Detener el motor de la bomba cuando el flujo de agua sea mayor a XXX l/s	18A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	18A	No detiene el motor de la bomba cuando el flujo de agua sea mayor a XXX l/s
				18B	Detiene el motor de la bomba cuando el flujo de agua es menor a XXX l/s
19	Activar una alarma visual en el cuarto de control cuando el flujo de agua tratada sea menor a XXX l/s	19A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	19A	No activa una alarma visual en el cuarto de control cuando el flujo de agua tratada sea menor a XXX l/s
				19B	Activa una alarma visual en el cuarto de control cuando el flujo de agua es mayor a XXX l/s
20	Detener el motor de la bomba cuando el flujo de agua tratada sea menor a XXX l/s	20A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	20A	No detiene el motor de la bomba cuando el flujo de agua tratada sea menor a XXX l/s
				20B	Detiene el motor de la bomba cuando el flujo de agua es mayor a XXX l/s

Función correcta		Falla funcional incorrecta		Falla funcional correcta	
21	Indicar en el cuarto de control la presión de succión de la bomba con una desviación máxima de $\pm 1\%$ del valor real	21A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	21A	No indica en el cuarto de control la presión de succión de la bomba
				21B	Indica en el cuarto de control la presión de succión de la bomba con una desviación mayor de $\pm 1\%$ del valor real
22	Activar una alarma visual en el cuarto de control cuando la presión de succión de la bomba sea menor a XXX psi	22A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	22A	No activa una alarma visual en el cuarto de control cuando la presión de succión de la bomba sea menor a XXX psi
				22B	Activa una alarma visual en el cuarto de control cuando el flujo de agua es mayor a psi
23	Detener el motor de la bomba cuando la presión de succión de la bomba sea menor a XXX psi	23A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	23A	No detiene el motor de la bomba cuando la presión de succión de la bomba sea menor a XXX psi
				23B	Detiene el motor de la bomba cuando la presión de succión de la bomba es mayor a XXX psi
24	Activar una alarma visual en el cuarto de control cuando la presión de succión de la bomba sea mayor a XXX psi	24A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	24A	No activa una alarma visual en el cuarto de control cuando la presión de succión de la bomba sea mayor a XXX psi
				24B	Activa una alarma visual en el cuarto de control cuando la presión de succión de la bomba es menor a XXX psi
25	Detener el motor de la bomba cuando la presión de succión sea mayor a XXX psi	25A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	25A	No detiene el motor de la bomba cuando la presión de succión sea mayor a XXX psi
				25B	Detiene el motor de la bomba cuando la presión de succión es menor a XXX psi

Función correcta		Falla funcional incorrecta		Falla funcional correcta	
26	Indicar en el cuarto de control la presión de descarga de la bomba con una desviación máxima de $\pm 1\%$ del valor real	26A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	26A	No indica en el cuarto de control la presión de descarga de la bomba
				26B	Indica en el cuarto de control la presión de descarga de la bomba con una desviación mayor de $\pm 1\%$ del valor real
27	Activar una alarma visual en el cuarto de control cuando la presión de descarga de la bomba sea mayor a XXX psi	27A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	27A	No activa una alarma visual en el cuarto de control cuando la presión de descarga de la bomba sea mayor a XXX psi
				27B	Activa una alarma visual en el cuarto de control cuando la presión de descarga de la bomba es menor a XXX psi
28	Detener el motor de la bomba cuando la presión de descarga sea mayor a XXX psi	28A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	28A	No detiene el motor de la bomba cuando la presión de descarga sea mayor a XXX psi
				28B	Detiene el motor de la bomba cuando la presión de descarga es menor a XXX psi
29	Activar una alarma visual en el cuarto de control cuando la presión de descarga de la bomba sea menor a XXX psi	29A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	29A	No activa una alarma visual en el cuarto de control cuando la presión de descarga de la bomba sea menor a XXX psi
				29B	Activa una alarma visual en el cuarto de control cuando la presión de descarga de la bomba es mayor a XXX psi
30	Detener el motor de la bomba cuando la presión de descarga sea menor a XXX psi	30A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	30A	No detiene el motor de la bomba cuando la presión de descarga sea menor a XXX psi
				30B	Detiene el motor de la bomba cuando la presión de descarga es mayor a XXX psi

Función correcta		Falla funcional incorrecta		Falla funcional correcta	
31	Indicar en el cuarto de control la vibración en la cámara de empuje con una desviación de ± 0.5 % del valor real	31A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	31A	No indica en el cuarto de control la vibración en la cámara de empuje
				31B	Indica en el cuarto de control la vibración en la cámara de empuje con una desviación mayor de ± 0.5 % del valor real
32	Activar una alarma visual en el cuarto de control cuando la vibración en la cámara de empuje exceda XXX mm/s	32A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	32A	No activa una alarma visual en el cuarto de control cuando la vibración en la cámara de empuje exceda XXX mm/s
				32B	Activa una alarma visual en el cuarto de control cuando la vibración en la cámara de empuje es menor a XXX mm/s
33	Detener el motor de la bomba cuando la vibración en la cámara de empuje exceda XXX mm/s	33A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	33A	No detiene el motor de la bomba cuando la vibración en la cámara de empuje exceda XXX mm/s
				33B	Detiene el motor de la bomba cuando vibración en la cámara de empuje es menor a XXX psi
34	Indicar en el cuarto de control la vibración en la bomba con una desviación máxima de ± 0.5 % del valor real	34A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	34A	No indica en el cuarto de control la vibración en la bomba
				34B	Indica en el cuarto de control la vibración en la bomba con una desviación mayor de ± 0.5 % del valor real
35	Activar una alarma visual en el cuarto de control cuando la vibración en la bomba exceda XXX mm/s	35A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	35A	No activa una alarma visual en el cuarto de control cuando la vibración en la bomba exceda XXX mm/s
				35B	Activa una alarma visual en el cuarto de control cuando la vibración en la bomba es menor a XXX mm/s

Función correcta		Falla funcional incorrecta		Falla funcional correcta	
36	Detener el motor de la bomba cuando la vibración en la bomba exceda XXX mm/s	36A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	36A	No detiene el motor de la bomba cuando la vibración en la bomba exceda XXX mm/s
				36B	Detiene el motor de la bomba cuando la vibración en la bomba es menor a XXX psi
37	Indicar en el cuarto de control la temperatura del aceite en la cámara de empuje con una desviación de $\pm 1\%$ del valor real	37A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	37A	No indica en el cuarto de control la temperatura del aceite en la cámara de empuje
				37B	Indica en el cuarto de control la temperatura del aceite en la cámara de empuje con una desviación mayor de $\pm 1\%$ del valor real
38	Activar una alarma visual en el cuarto de control cuando la temperatura del aceite en la cámara de empuje exceda XXX °C	38A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	38A	No activa una alarma visual en el cuarto de control cuando la temperatura del aceite en la cámara de empuje exceda XXX °C
				38B	Activa una alarma visual en el cuarto de control cuando la temperatura del aceite en la cámara de empuje es menor a XXX mm/s
39	Detener el motor de la bomba cuando la temperatura del aceite en la cámara de empuje exceda XXX °C	39A	No realizar el control sobre las variables operativas de la unidad funcional.	39A	No detiene el motor de la bomba cuando la temperatura del aceite en la cámara de empuje exceda XXX °C
				39B	Detiene el motor de la bomba cuando la temperatura del aceite en la cámara de empuje es menor a XXX psi

La definición de las fallas funcionales presentadas se realizó a partir de las funciones ya corregidas, de lo contrario, no hubiera sido posible identificar todos los estados de falla posibles. Como puede observarse, las fallas funcionales deben ser muy específicas es mostrar todas las situaciones posibles y para ello se requiere que los parámetros de funcionamiento estén correctamente establecidos.

Uno de los errores más comunes en este paso es, además de no tener las funciones bien definidas, hacer “combos”. Las fallas funcionales deben mostrar de forma independiente, cómo se deja de cumplir cada uno de los parámetros, incluyendo los eventos de tipo total y parcial.

En resumen, para responder de manera adecuada a la pregunta 2 de esta metodología, es necesario partir de un listado de funciones completo y apropiado. De una correcta definición de las fallas funcionales dependerá, además, que el grupo de análisis pueda establecer las causas o modos de falla que se responden en la pregunta 3 y que serán desarrollados en la siguiente entrega.

BIBLIOGRAFÍA

JA1011_199908: Evaluation criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) processes - SAE international. (s/f). Sae.org, de https://www.sae.org/standards/content/ja1011_199908/

JA1012_201108: A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard - SAE international. (s/f). Sae.org, de https://www.sae.org/standards/content/ja1012_201108/

Moubray, J. (2004). Reliability Centered Maintenance (2a ed.). Aladon.

Pérez J, Carlos. (2020). Recomendaciones para la aplicación de RCM2. Soporte y Compañía S.A.S.

Todos los derechos de autor reservados corresponden a Soporte y Compañía S.A.S. Ninguna parte de este artículo se puede reproducir, traducir, transmitir, distribuir, exhibir, divulgar, almacenar o explorar en un sistema de recuperación para cualquier propósito, en cualquier forma, o por ningún medio, electrónico o mecánico, incluyendo la fotocopia y la registración, sin el permiso escrito expreso de Soporte y Compañía S.A.S. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

**SI DESEA CONOCER MÁS INFORMACIÓN SOBRE LA
CORRECTA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE RCM, LO
INVITAMOS A VISITAR NUESTRA PÁGINA WEB:**

WWW.SOPORTEYCIA.COM