

Bibliografía

1. Castillo, L. Reparación de la aleación de aluminio 2024-T3 mediante parches de material compuesto. (Memoria Profesional). Santiago, Chile, APA. 2003.
2. Ojeda, A. Reparación de placas de aluminio agrietadas mediante parches de material compuesto y adhesivo (Memoria Profesional). Santiago, Chile. APA 2000.
3. Ojeda, J. y Mora L. Reparación de placas de aluminio 7075-T7351 agrietadas mediante parches de fibra de carbono. (Memoria Profesional). Santiago, Chile, APA. 2002.
4. Underwriters Laboratorios Inc., UL 752, "Equipo Resistente a Balas".
5. Parra R., "Influencia de los tratamientos superficiales en la vida útil a fatiga de aleaciones de aluminio aeronáutico", Tesis de Ingeniería, Chile, 2004.
6. ASM Speciality Handbook, Aluminium and Aluminium Alloys, 1998.
7. Gay, Daniel. Matériaux composites, 4ª Edición. Paris, Hermes, 1997.
8. Gibson, Ronald F. Principles of Composite Material Mechanics. Detroit, McGraw-Hill, 1994.
9. Jones, Robert M. Mechanics of Composite Materials. Dallas, McGraw-Hill, 1975.

Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

CRL. (IPM) Jorge Kunstmann Casas, Ingeniero Politécnico Militar, mención Armamento.

MAY. (IPM) Álvaro Jofré Elorza, Ingeniero en Sistemas de Armas, mención Mecánica.

Resumen



En el contexto del mantenimiento centrado en confiabilidad este artículo expone brevemente los conceptos de confiabilidad y los elementos de distribución de probabilidades a que está asociado. Además se trata sobre la definición de tiempo medio de fallas o entre fallas (MTTF o MTBF).

Se analiza conceptualmente los procedimientos de mantenimiento aplicados bajo el concepto de RCM en la aviación, que van desde las inspecciones de "tránsito" hasta el mantenimiento denominado "Gran Parada",

para luego contrastarlos mediante un análisis del contexto institucional, describiendo los niveles de mantenimiento definidos por nuestra reglamentación y lo que hoy se realiza respecto al sostenimiento del material acorazado (Leopard 2A4).

Para el caso de estudio de los motores generadores de la planta de procesos de Codelco, se presenta la secuencia en que se recolectan datos de operación, antecedentes del fabricante de los motores y que combinados con el nivel de disponibilidad deseada por la gerencia de la empresa, permitirán tomar





las decisiones de mantenimiento adecuadas para sostener una producción rentable y minimizar los costos por concepto de fallas en los sistemas y subsistemas componentes de dicha planta.

Finalmente, bajo la mirada de RCM, este artículo presenta una serie de interrogantes que cualquier organización debiera plantearse en forma obligatoria si su propósito es implementar un sistema de mantenimiento bajo esta metodología.

Abstract

In the context of reliability centred maintenance (RCM), this paper outlines the concepts of reliability and elements of a probability distribution that is associated with this maintenance system.

Additionally it is on the definition of failure time or between failures (MTBF or MTTF).

Maintenance procedures applied under the concept of RCM in aviation, ranging from inspections "transit" to maintenance called "Great Parade" and then compare them by analysing the institutional context, describing maintenance levels are conceptually analysed defined by our regulations and what today is made as to the maintenance of armoured equipment (Leopard 2A4).

For the case study of the engines for the Codelco process plant, the sequence in which operating, data and background engine manufacturer, and which combined with the desired level of availability by management of the company are collected is presented they allow you to make maintenance decisions appropriate to sustain profitable production and minimize costs

for failures in systems and subsystems of the plant components.

Finally, under the gaze of RCM, this article presents a series of questions that arise in any organization should be mandatory if your goal is to implement a system of maintenance under this methodology.

Introducción

En la actualidad, el mantenimiento centrado en confiabilidad es aplicado exitosamente en la aviación y ha sido implementada ampliamente en sectores industriales y de servicios, asegurando con ello maximizar las utilidades reduciendo considerablemente los costos asociados a la presencia de fallas en sus procesos. La presente investigación tiene por objetivo analizar el método de RCM mediante el estudio aplicado de un proceso productivo y rescatar esta experiencia para, luego de analizar el estado del arte al interior de la Institución, poder identificar las bases para la implementación de este tipo de mantenimiento y lograr con esto optimizar el estado operacional y de disponibilidad de los sistemas de armas para las operaciones militares.

Descripción de la investigación

El objetivo principal es un análisis del método del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) basado en un ejemplo de la industria aeronáutica, enfocado principalmente en la identificación de los requerimientos, respecto de la operación segura y las condiciones que permitan desarrollar operaciones de vuelo, con el propósito de poder individualizar aquellos elementos, conceptos e ideas de interés que permitan ser utilizados e implementados en



el entorno institucional específicamente en el proceso de mantenimiento del material acorazado del Ejército.

Para lo anterior los autores se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- 1) Comprender las metodologías de análisis y determinación de confiabilidad, con la finalidad de establecer el marco de referencia para homologarlo a algún proceso de mantenimiento de la Institución.
- 2) Analizar un proceso RCM dentro de la industria (ejemplo de Codelco y caso de aeronáutica), para determinar aspectos de interés de aplicación en la realidad institucional, específicamente para el material acorazado.
- 3) Mediante el análisis de los datos disponibles de los procesos de mantenimiento institucionales realizar un diagnóstico actual del mantenimiento de los sistemas acorazados y confrontación respecto de la metodología de RCM.

hablar que una determinada “Distribución de Probabilidades” de algún evento de falla pueda ocurrir en el tiempo y dado cierto estado de funcionamiento, para un componente, sistema o subsistema de un ítem mayor o elemento constructivo (avión, carro blindado, cañón, etc.), la cual evidentemente es indeseable, dado el propósito para el cual este sistema diseñado y/o adquirido para una determinada función.

En este orden de ideas, analizar las definiciones y metodologías estudiadas para la determinación de la “Confiabilidad” la cual en términos prácticos intenta garantizar que el elemento permanecerá en buenas condiciones durante un período razonable de tiempo y que en consecuencia, parece ser un factor de análisis fundamental para el propósito del presente trabajo. Por lo tanto y tal como se define en los objetivos de la investigación, se realiza el análisis de las metodologías partiendo por las definiciones conceptuales de ellas y cuales proporcionan mayor cantidad de antecedentes para adoptar en una etapa posterior, acciones consecuentes de mantenimiento.

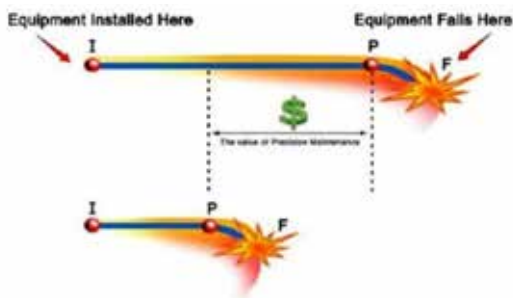


Figura N° 1: Desplazamiento de la falla con RCM.

Análisis

En el contexto de las definiciones discutidas en los textos analizados, “Confiabilidad” es

La función de confiabilidad

La confiabilidad de un sistema o subsistema de un ítem mayor o elemento constructivo, es la probabilidad que este sobreviva un tiempo “t”, dado que este no ha fallado en el tiempo cero cuando se ha utilizado bajo condiciones especificadas. Esta probabilidad está dada por la siguiente ecuación de confiabilidad.

$$R(t) = P(T \geq t) = \int_t^{\infty} f(t) dt$$

Ecuación (1.1)

$$R(t) = 1 - F(t)$$



Expresada en términos de su tasa de fallas en un tiempo “t”, luego se deduce que la temporalidad del análisis respecto de las fallas producidas, se caracteriza como un elemento esencial de esta expresión matemática. La ecuación que representa la confiabilidad en función de la tasa de fallas es la siguiente:

$$R(t) = \exp\left(-\int_0^t h(y) dy\right) \quad \text{Ecuación (1.2)}$$

Para el empleo de estas ecuaciones y en general para el análisis de “Probabilidades”, es necesario contar con colecciones de datos, intervalos de tiempo de funcionamiento del ítem y como consecuencia, cantidad de fallas, aspecto relevante para la aplicación de esta teoría.

Lo anterior aunque pareciera ser una afirmación irrelevante, sin embargo, forma parte de las condiciones de análisis del presente estudio, la cual se verá más adelante, en el contexto de estudio del entorno institucional.

Mean Time to Failure (MTTF) o Between Failures (MTBF)

Parámetro que entrega un valor efectivo para una operación esperada denominada “libre de fallas” y también entrega la base para estimar el número de fallas en un período dado de tiempo. A pesar que un ítem pueda ser desechado después de la falla y su vida media, caracterizada por MTTF, puede ser significativo indicar la confiabilidad del sistema en términos de MTBF si el sistema se recupera después de la falla del ítem. Esta también es una definición básica que en el entorno institucional se maneja conceptualmente pero en la práctica no se encuentra suficientemente arraigada.

Análisis de contexto en la industria aeronáutica

El mantenimiento en la aviación debe ser siempre programado. Este se divide en tres categorías distintas que cubren inspecciones determinadas, cuyos intervalos y tareas son progresivamente más extensos. Primero, se desarrolla un mantenimiento en línea dividido en tres inspecciones, tránsito, diaria y revisión S.

La inspección de “Tránsito” es un chequeo rápido que se realiza siempre antes de cada vuelo y lo más cerca posible de la salida del avión para comprobar el estado general del mismo, daños estructurales, servicio a la aeronave, entre otras.

La inspección “Diaria” es una revisión que se debe realizar antes del primer vuelo del día, sin exceder en ningún caso las cuarenta y ocho horas entre chequeos. En ella se comprueba el estado general del avión, pero se considera un tiempo adicional para diseñar una acción correctiva si fuera necesario.

La “Revisión S”, se realiza cada cien horas de vuelo. Durante la misma se comprueban todos los aspectos relacionados con la seguridad del avión y su entorno, se desarrollan instrucciones específicas, se corrigen posibles anomalías y se realiza un servicio de mantenimiento al avión, con comprobación de los niveles de fluidos necesarios para el vuelo.

Las aeronaves se someten luego al llamado “Mantenimiento mayor”, con el que se cubre completamente el programa de inspección estructural, el cual considera inspecciones interiores y exteriores de todos los elementos estructurales.



Finalmente, está el mantenimiento comúnmente denominado “Gran parada” que implica en ocasiones realizar trabajos en el avión tales como quitar por completo la pintura exterior del aparato (para detectar posibles fisuras y posibles fuentes de corrosión en el fuselaje), el cambio de motores (cuando estos han cumplido con el ciclo de vida), cambiar trenes de aterrizaje cuando están desgastados y cambiar los mandos de vuelos cuando se considera necesario. Además se incluyen pruebas funcionales dentro de las cuales se encuentra un vuelo de pruebas.¹

El objetivo de la “Gran Parada” es inspeccionar al detalle todos los elementos o herramientas que conforman la estructura del avión y comprobar el cumplimiento de las exigencias requeridas para la confirmación del buen estado de todos los aparatos. El buen estado técnico del avión garantiza en gran medida la seguridad del vuelo.²

La descripción de los procedimientos anteriores en gran medida permiten un monitoreo de las condiciones, las que se pueden verificar tanto como en un “mantenimiento correctivo” como en uno “predictivo”, y se aplican para las piezas que muestran deterioro con el tiempo. En el mantenimiento correctivo se considera, por ejemplo, la falla en ampolletas del interior del avión (que se cambia solo cuando deja de funcionar), pero no se puede usar cuando se habla de los discos de las turbinas, pues una falla de ellos compromete la seguridad del avión y además su reparación conlleva costos muy elevados.

El RCM está regido internacionalmente por normas que definen como debe ser aplicado y desarrollado. Las normas que se pueden aplicar al ámbito aeronáutico fueron desarrolladas por “United Airlines” y la Fuerza Aérea

Norteamericana (USAF). A continuación se presenta una tabla en la que están las normas más importantes al momento de desarrollar una metodología RCM.

Norma
Handbook Military Standard 2173-Enero 1986
Manual de Stanley Nowlan y Howard Heap RCM-1978
MoSG2 y MSG3-1980
Manuales de John Moubray-ALADON
Norma Británica Terotecnología (TPM-RCM)-BS3811
SAE JA 102

Tabla N° 1 Principales normas RCM en aviación.

Análisis del contexto institucional

Mediante el empleo integrado de técnicas de gestión de mantenimiento que permiten efectuar revisiones, prever las averías, reparaciones y fijar normas de buen funcionamiento a los usuarios de los cargos, con el propósito de mantener la vida útil prevista para el material y administrar su proceso de degradación hasta el retiro de los Sistemas de Armas, incorporando, además, el concepto de calidad se constituye en el Ejército de Chile un sistema de técnicas y estrategias de mantenimiento, las cuales están definidas por niveles que son los que a continuación se describen:

Nivel preventivo

Consiste en la realización sistemática de una inspección, detección y prevención de fallas; es un mantenimiento ejecutado por los operadores y supervisado por personal calificado en los diferentes tipos de materiales, típicamente las listas de operación e inspección de mantenimiento (LOMs y LIMs). Definido como estrategia general, para diferentes líneas de sistemas de Armas.



Nivel conservativo programado

Este nivel busca impedir la ocurrencia de fallas mediante inspecciones y servicios periódicos que dispone el fabricante, que permiten la determinación y corrección de fallas menores, antes de que estas causen daños mayores. Este nivel incluye los defectos que permanecen no detectados y, por ende, sin tratamiento, a pesar de la ejecución del mantenimiento preventivo. Incluye en su ejecución dos actividades: listas de inspección de mantenimiento LIM 2 y LIM 3, que difieren respecto de su aplicación en el tiempo y haciendo un símil con industria aeronáutica se establece bajo un criterio de ciclos de utilización. En este caso se aplica por temporalidad. Este proceso se materializa con aquellos sistemas de armas recientemente incorporados como asimismo, para los antiguos.

Recuperativo básico

Corresponde a las tareas de mantenimiento que busca corregir la(s) falla(s) del material y sistemas de armas, es decir, se reacciona ante el desperfecto mediante el intercambio directo. Obedece a un mantenimiento no programado, orientado a recuperar el material y sistemas de armas que ha perdido su condición de operabilidad. Este nivel es ejecutado por los técnicos (mecánicos), ya sea de la unidad de mantenimiento regimentaria o externalizado. Este proceso es fuertemente dependiente de las condiciones de utilización y/o eventos no planificados de mal funcionamiento o deterioro como consecuencia de la ejecución de las tareas de instrucción y entrenamiento.

Recuperativo integral

Comprende las tareas de mantenimiento correctivo del material y sistemas de armas

que demandan la solución de una falla técnica que requiere de destrezas y equipamiento industrial específico. Se programa con la intención de: 1) Mejorar tecnológicamente el material o sistema de armas (*up grade*) y reducir averías. 2) Identificar los “puntos débiles” del material y hacer mejoras tecnológicas en el diseño para eliminarlas (administración de la configuración, metodología ampliamente utilizada en aeronáutica). 3) Realizar una revisión integral (*over-haul*) y restaurar el material o sistema de armas hasta llevarlo a una condición denominada “Cero fallas”.

En el caso específico de algunos sistemas acorazados, dentro de los cuales se encuentra el MBT Leopard 2A4, estos han sido mantenidos desde su incorporación a la institución (2008) por FAMA, mediante contratos de “disponibilidad” que exigen un determinado porcentaje de condición de operabilidad durante períodos anuales, que además incluye la ejecución de mantenimientos conservativos programados (nivel definido anteriormente), conforme a los requerimientos de la Institución y otro contrato de “No Disponibilidad”, que se hace cargo de las fallas de funcionamiento y/o pérdida de funcionalidades de los sistemas de armas.

Con este esquema general de planificación del mantenimiento, y al igual que en el contexto de la aviación comercial, existe una estructura de mantenimiento que persigue los propósitos de mantener y conservar durante el tiempo y con el mínimo de pérdidas de funcionalidades los sistemas y subsistemas de los componentes de los SAs. Sin embargo, en el caso del Ejército de Chile y la estrategia de mantenimiento elegida para el material acorazado (Leopard 2A4), no contempla una metodología coherente con RCM, debido fundamentalmente a que se utiliza el concepto de ejecución del



mantenimiento por temporalidades o períodos, no existiendo a la fecha un enfoque basado en los preceptos de RCM.

En este mismo orden de ideas, y dada la utilización del citado material, se han desarrollado una serie de estudios y análisis que en forma preliminar han determinado efectos y causas que dificultan el nivel operacional de este material lo cual se presenta a continuación:

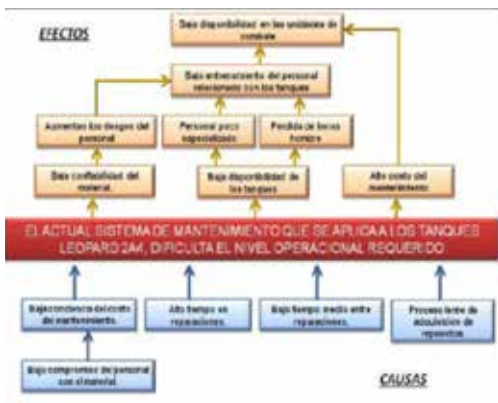


Figura N° 2: Árbol de causas y efectos, material Leopard 2A4.

Este contexto analítico permite determinar algunas conclusiones básicas que enfocan la problemática del mantenimiento respecto del lento proceso de adquisición de repuestos, lo que por diferentes circunstancias (reducida capacidad de acceso a la fuentes de abastecimiento, restricciones en el presupuesto), permite inferir que al no tener un detallado análisis de prioridades y modos o efectos de fallas, no es posible priorizar y menos determinar stocks críticos de repuestos para la reparación de determinados sistema o grupos constructivos que al fallar, determinan la no disponibilidad del tanque (sistema de frenos de embrague y circuitos de presión hidráulica para movimiento de la torre).

Ejemplo de aplicación de RCM⁴

Para el sistema de “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad” aplicado a los motores generadores de la planta de procesos en Codelco División Andina, provistos de motores Detroit de la serie 149, de 2 tiempos, 16 cilindros en V, separados en dos bloques de 8 cilindros cada uno. Su función es producir la potencia necesaria para accionar un generador que abastece de energía eléctrica a los equipos críticos de la planta de procesos en situaciones de emergencia eléctrica y cogenerará en los períodos de “horario punta” durante los meses de invierno.

Mediante la determinación de los parámetros de operación, se especifica el funcionamiento esperado y la capacidad inicial de su servicio, para ser capaz de rendir más que el parámetro mínimo de funcionamiento deseado por el usuario, o sea rendimiento.

Sobre la base de esta definición y sumado a las definiciones de entorno operacional, capacidades bajo y sobre funcionamiento deseado, ciclos de trabajo, tipos y modos de fallas, se dan las condiciones de la estructura de análisis básica para aplicación de RCM.

Terminado este proceso se inicia el análisis estadístico de datos de rendimiento de los equipos, en este caso para tres motores generadores, que se encuentran operando desde el 2003 y que entregan energía al SIC, con el fin de mantener el suministro eléctrico de las cargas consideradas como críticas en el proceso de producción. También son empleados para el abastecimiento eléctrico de iluminación de emergencia y ventilación de la planta.

Los costos asociados al mantenimiento:



	2003	2004	2005
Motor 1	\$ 2.264.702	\$ 3.140.089	\$ 475.218
Motor 2	\$ 23.86.668	\$ 3.475.125	\$ 860.503
Motor 3	\$ 30.360.741	\$ 3.535.273	\$ 1.208.026

$$DISP = R(t)$$

$$DISP = \frac{T. total oper - T. fuera serv}{T. total oper} \quad \text{Ecuación (1. 3)}$$

$$DISP = R(t) = \frac{365 \text{ días} - 7 \text{ días}}{365 \text{ días}}$$

$$DISP = 98,08 \%$$

Tabla N° 2: Costos de mantenimiento.

Disponibilidad por motor		
Año	Motor	Disp. %
2003	N° 1	98.08
	N° 2	89.31
	N° 3	73.97
2004	N° 1	98.08
	N° 2	97.80
	N° 3	97.53
2005	N° 1	99.45
	N° 2	99.45
	N° 3	99.17

Tabla N° 3: Porcentaje de disponibilidad por motor.

Sobre la base de los datos presentados se determina el tiempo medio entre fallas MTBF, para los dispositivos de protección de los motores. Se calcula este parámetro “solo” a aquellos dispositivos en los cuales la pérdida de su función podría llevar a fallas graves del motor, los cuáles son: 1) Sensor de alta temperatura de refrigerante, 2) Sensor de baja presión de aceite lubricante, 3) Sensor de alta presión de cárter y 4) Sensor de sobre revoluciones.

$$MTBF = \frac{\text{area pres cárter} \times \text{horómetro}}{N^{\circ} \text{ fallas sensor}}$$

$$MTBF = \frac{3 \text{ sensores} \times 2.056 \text{ h}}{2 \text{ fallas}} \quad \text{Ecuación (1. 4)}$$

$$MTBF = 3.084 \frac{\text{h sensor}}{\text{falla}}$$

Sensores	N° Sensores	Horómetros motor (al 31-08-2009)			falla	MTBF
		N° 1	N° 2	N° 3		
Alta presión de cárter	3				2	3.084
Alta temperatura de refrigerante	6	2.107	2.227	2.056	3	4.112
Baja presión de aceite	6				2	6.168
Sobre-revoluciones	3				1	6.168

Tabla N° 4: Cuadro de fallas registradas.

Durante la operación de emergencia y la cogeneración, los grupos generadores trabajan en configuraciones de dos; esto es: GG1-GG2; GG1-GG3 y GG2-GG3.

A continuación se muestra el resumen de los cálculos de MTBF hechos en serie y en paralelo.

MTBF	Config. GG1-GG2		Config. GG2-GG3		Config. GG1-GG3	
	Serie	Paralelo	Serie	Paralelo	Serie	Paralelo
Alta presión de cárter	6500	1623	6424	1603	6244	1560*
Alta temperatura de refrigerante	8668	2165	8566	2138	8326	2081
Baja presión de aceite	13002	3248	12849	3207	12489	3121
Sobre-revoluciones	13002	3248	12849	3207	12489	3121

Tabla N° 5: Resumen cálculos de MTBF efectuados en serie y paralelo.

a) En Serie:

$$MTBF = MTBF(GG1) + MTBF(GG2)$$

$$MTBF = 3.160 + 3.340 \quad \text{Ecuación (1. 5)}$$

$$MTBF = 6.500 \frac{\text{h sensor}}{\text{falla}}, \text{ en serie}$$

b) En Paralelo:

$$\frac{1}{MTBF} = \frac{1}{MTBF(GG1)} + \frac{1}{MTBF(GG2)}$$

$$\frac{1}{MTBF} = \frac{1}{3.160} + \frac{1}{3.340} = 0,000616 \quad \text{Ecuación (1. 6)}$$

$$MTBF = \frac{1}{0,000616}$$

$$MTBF = 1.623 \frac{\text{h sensor}}{\text{falla}}, \text{ en paralelo}$$

Aplicando este análisis para cálculos de MTBF (serie y paralelo) se obtiene que en



paralelo hay menos tiempo entre intervalos de falla y por eso se adopta este valor para programar los intervalos de búsqueda de falla. De esta manera, nos dará la frecuencia de las tareas para búsqueda de fallas en los dispositivos de seguridad, calculado en base al MTBF de ellos, dato que fue proporcionado por el fabricante del motor y la disponibilidad que desea la compañía de ellos, con un cálculo de horas para realizar tareas para búsqueda de fallas que se presenta a continuación, con la tabla de cálculos específicos para los componentes críticos analizados.

$$FFI = 2 \times (100\% - \text{Disp } \%) \times \text{MTBF}$$

$$FFI = 2 \times (100\% - 99\%) \times 1.560^* \quad \text{Ecuación (1.7)}$$

$$FFI = 31,2\%$$

Esto significa que dentro 1.560 horas, cada 486 horas (equivalentes al 31,2%) se deberán realizar las tareas de búsqueda de fallas.

Sensor	Disp. deseada (%)	MTBF	FFI (%)	FFI (Hrs)
Alta presión de carter	99	1.560	31,20	486
Alta temperatura de refrigerante	99	2.081	41,62	866
Baja presión de aceite	99	3.121	62,42	1.948
Sobre-revoluciones	99	3.121	62,42	1.948

Tabla N° 6: Tiempos para búsqueda de fallas según MTBF.

Con el levantamiento de los datos anteriores se tiene la base del análisis de fallas, con la determinación de los tiempos en los cuales se deben adoptar tareas de revisión, control, etc., luego de los cuales, conforme a la estructura de RCM, es ne-

cesario conformar la estructura de “Grupo de Análisis”, cuyo objetivo es contar con un equipo de personas que puedan proveer toda la información acerca del equipo en cuestión (operador, supervisor, técnico y el líder o facilitador).

El grupo de trabajo entre otras responsabilidades debe efectuar el análisis de los modos y efectos de falla, selección de las actividades de mantenimiento, nivel de análisis de modos de falla y llevar el registro de los resultado del análisis para, finalmente, estructurar las hojas de información de RCM, donde quedará registrada la descripción de funciones, la pérdida de la función (total o parcial), las causas y las consecuencias de la falla. Las funciones son enumeradas en orden de importancia, o primarias y secundarias. Las funciones y los modos de falla son registrados numéricamente mientras que las fallas funcionales son registradas mediante letras, como se muestra a continuación en el siguiente ejemplo.

Hoja de información RCM	Sistema / Activo	Sistema N°	Hoja	
	Sub-sistema/ Comp.	Sub-sistema N°	Fecha	De
Función	Falla Función	Modo de falla (causa de la falla)	Efectos de las fallas (qué sucede cuando falla)	

Tabla N° 7: Hoja de modo y efectos de falla.

Análisis del RCM

De acuerdo a lo analizado en los puntos anteriores, se puede identificar el proceso de obtención de data para la aplicación del mantenimiento RCM, buscando la preser-



vacación del funcionamiento del sistema por sobre la del equipo, mediante la aplicación de acciones de mantenimiento viables y efectivas. La aplicación de esta metodología es dada por el hecho que normalmente, hay más de un modo de falla asociado con una función particular del sistema, para esto es fundamental el desarrollo de los árboles de fallas, análisis FMECA y otras herramientas de determinación de confiabilidad para los equipos o sistemas que se requiere mantener.

En este sentido el RCM establece que todo tipo de acción de mantenimiento es válida y genera pautas para decidir cuál es el mecanismo más adecuado en cada situación, permitiendo asegurar que el tipo de mantenimiento escogido, para cada equipo sea el más adecuado y evitar los problemas que genera la adopción de una "política general de mantenimiento" para toda una organización.

La aplicación de procesos RCM dentro de cualquier organización cumple con el propósito de responder obligatoriamente a siete preguntas en una secuencia ordenada como sigue:

1. ¿Cuáles son las funciones y los modelos ideales de rendimiento del equipo en su contexto operativo?
2. ¿En qué formas no puede cumplir sus funciones (fallas funcionales)?
3. ¿Qué ocasiona cada una de las fallas funcionales?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿Qué ocurre si falla?

6. ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas e intervalos de labores)?

7. ¿Qué debe hacerse si una tarea proactiva adecuada no puede ser encontrada (acciones por defecto)?

Conclusiones

El RCM se presenta como un elemento organizativo de gran valor para adoptar decisiones respecto de la optimización de acciones de mantenimiento para sistemas y equipos, mediante la incorporación de las metodologías de análisis, cálculo de la confiabilidad y disponibilidad operativa, herramientas que complementan y potencian el desempeño de esta herramienta, estableciendo un marco de referencia que determina el grado de complementariedad con respecto a RCM.

Del caso de estudio de un proceso RCM dentro de la industria (Codelco), para determinar aspectos de interés de aplicación en la realidad institucional, específicamente para con el material acorazado. Particularmente en relación con los antecedentes del sistema de mantenimiento aplicado a los motores generadores de Codelco, se pudo presentar en forma sucinta y compacta la forma en cómo se obtienen los datos y la manera como estos fueron utilizados para demostrar los consecutivos proceso hasta llegar progresivamente a las hojas de funciones, modos de fallas, frecuencias y responsabilidades en las actividades de mantenimiento. Todo lo anterior con la activa participación de los grupos de expertos, método que es claramente aplicable a la realidad institucional.



Mediante un acotado análisis de los procesos de mantenimiento institucionales para los sistemas acorazados y correlacionándolos respecto de la metodología de RCM, se puede concluir que la estrategia adoptada en términos generales obedece a un planteamiento de una estructura de mantenimiento basada en la temporalidad de la ejecución de acciones de mantenimiento y no respecto de otras acciones más específicas como las que sugiere RCM.

Si bien es cierto, que se ha indicado que es en teoría posible la aplicación de RCM en el ámbito institucional, es necesario establecer y determinar la organización, los recursos humanos disponibles de la forma más conveniente y acertada, para la definición y configuración de los "grupos de expertos", quienes son por naturaleza de esta metodología, los que podrán hacer la diferencia en la aplicación de esta herramienta dentro de la institución.

La importancia de la relación señal de ruido en la adquisición de un equipo de visión nocturna.

Resumen



La visión nocturna en la guerra moderna tiene aplicaciones, desde su uso en tropas a pie, fuerzas especiales, aeronaves tripuladas y no tripuladas y en acciones navales, por lo que con el tiempo la visión nocturna se ha incorporado de tal forma que ha podido transformar la noche en día.

Bibliografía

Handbook Military Standard 2173 - Enero 1986, Manuales de John Moubray - ALADON, Revista Ibérica, 2007.

FAP 2000 Instructions for use with Autopilots.

Definido por el RDL 20003 "Reglamento de Mantenimiento" como un estado que sigue el objetivo de conservar las capacidades técnicas del material y equipos durante el período de su vida útil, por la necesidad de asegurar el eficiente funcionamiento de los sistemas de armas y equipos que utiliza la fuerza.

Aplicación del RCM en motores Detroit 16v-149ti en Codelco División Andina, tesis de título Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela Ingeniería Civil Mecánica.

MAY. (IPM) Rodrigo Andrés Baker Weiss, Ingeniero en Sistemas de Armas, mención Comunicaciones. Magister en "Gestión Estratégica de Organizaciones". Sr. Carlos González González, IDIC, Técnico Electrónico, Universidad Federico Santa María.

En lo que respecta a la definición de un equipo de visión nocturna, uno de los factores que cobra relevancia debido a las tecnologías existentes es el tipo del fotocátodo con el cual está construido el tubo intensificador, elemento que permite transformar la poca luz del entorno en electrones, ya sea por medio de un fotocátodo de arseniuro de galio o uno multicalcino, dado que ambos cumplen