

# LOGISTICA, UNA HERRAMIENTA DE INGENIERIA QUE DA PARA PENSAR\*

Gustavo M. Astorquiza Vivar\*\*  
Capitán de Fragata IM.

*"No estoy bien seguro de qué se trata  
este asunto de la logística, pero lo que sí sé  
es que quiero un poco de ella".  
Almirante Ernest K. King, USN*

*"La logística es el tallo del que florece  
la rosa de la victoria".  
Sir Winston Churchill*

## RESUMEN

La palabra "Logística" se ha asociado fundamentalmente con las operaciones militares y conjura una imagen de apoyo a las maniobras de las fuerzas, entre las que se incluye la habitabilidad, el aprovisionamiento y el equipamiento. Con el uso cada vez mayor de la tecnología en las operaciones bélicas, la logística ha evolucionado hasta transformarse en una herramienta de ingeniería de influencia significativa en el desarrollo de sistemas. Hasta la fecha, la integración de diferentes elementos logísticos, es decir, repuestos, datos técnicos, apoyo en aprovisionamiento, mantención, personal y entrenamiento, entre otros, junto con el diseño conceptual de un sistema, permite que los ingenieros definan en una etapa temprana el concepto de apoyo del ciclo vital del sistema. Quizás más importante es el hecho de que apoyar un sistema, durante la totalidad de su

ciclo vital, puede garantizar una disponibilidad óptima de dicho sistema, en cuanto a su costo de adquisición para el usuario, a la luz que proporciona un flujo continuo de trabajo a la industria.

Este trabajo analiza la "Logística" desde la perspectiva de la ingeniería; resalta los procesos sistemáticos que constituyen las líneas bases para la evaluación del apoyo y costos al ciclo vital del sistema; y, proporciona conclusiones importantes.

## INTRODUCCION

La "Logística" es la ciencia de planificar y llevar a cabo el movimiento y mantención de las fuerzas. Echando una mirada a la historia, se hace evidente que la logística ha evolucionado de ser un ingrediente prácticamente pasado por alto, hasta llegar al lugar en que se encuentra hoy día, en que es una herramienta de ingeniería de sistemas ina-

\* Ponencia presentada por el autor, en la "Sixteenth Mari-Tech CIMarE AGM & Technical Conference", organizada por el Canadian Institute of Marine Engineering, efectuada recientemente en St. John's, Newfoundland, Canadá.

\*\* Ingeniero Naval Electrónico, Master of Science in Electrical Engineering.

preciable, que es esencial para la toma de decisiones. En un intento por tratar totalmente este problema que enfrenta el mundo de la ingeniería, la organización internacional llamada "Sociedad de Ingenieros Logísticos" (SOLE), ha expandido la definición de la logística hasta llegar a lo siguiente :

"El arte y la ciencia de la administración, ingeniería y actividades técnicas relacionadas con los requerimientos, diseño y abastecimiento y mantenimiento de los recursos, con el fin de apoyar los objetivos, planes y operaciones".<sup>1</sup>

La logística militar involucra procesos, procedimientos y requerimientos de desempeño estandarizados, que se basan en la disponibilidad operacional de la misión, que determina la mejor forma de obtener apoyo durante todas las fases

de su ciclo vital, desde el diseño conceptual hasta la desaparición del producto. Históricamente, estudios efectuados en la década de 1960 demostraron que la parte más significativa de los costos del ciclo vital (LCC) para un sistema de armas se encontraba en el área de apoyo. Las proporciones promedio de los costos del ciclo vital, se ilustran en la figura 1. El costo de adquisición inicial, representaba sólo de un 25 a 35% de los recursos invertidos en la adquisición y mantenimiento del sistema. Otra fracción del valor se invertía en los costos operacionales. La identificación de los costos de apoyo, como el contribuyente más alto en la proporción del costo total durante el transcurso del ciclo vital del sistema, daba como resultado el establecimiento de una metodología logística integrada para reducir estos costos.<sup>2</sup>

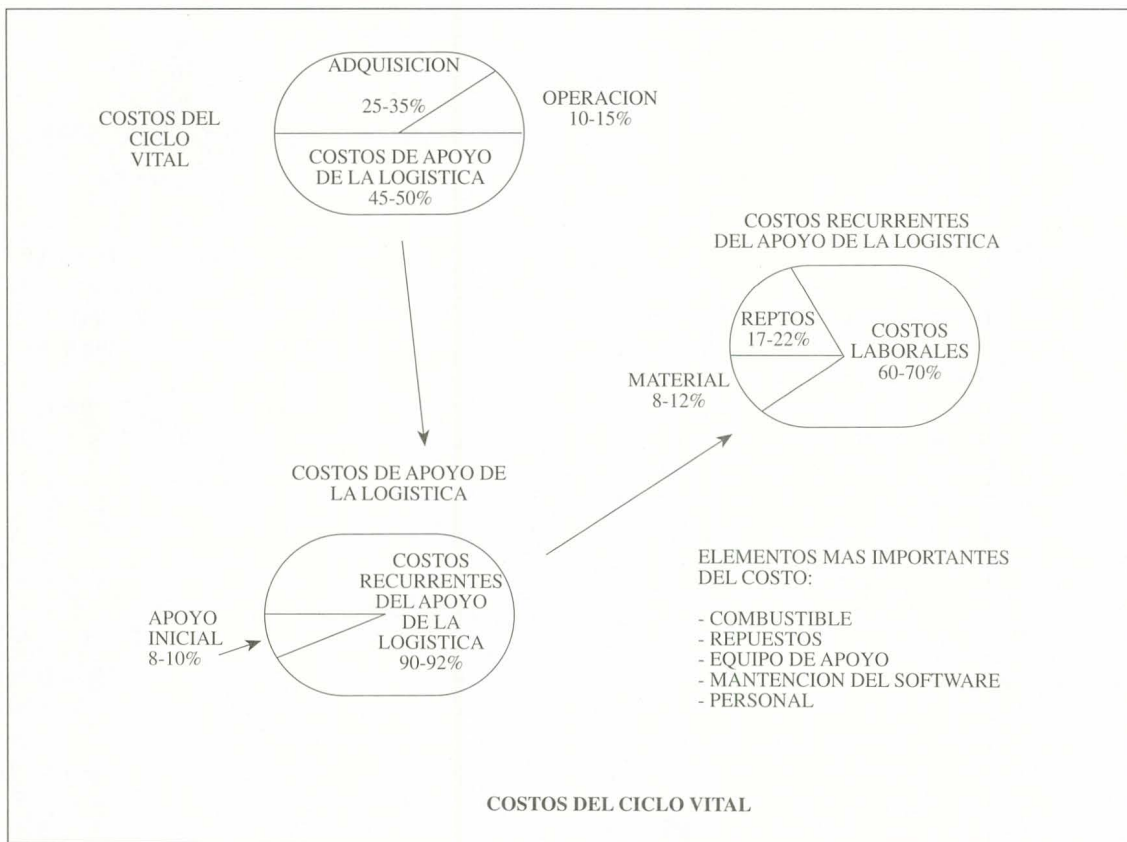


Figura 1.

<sup>1</sup> Burke, T.M.; Logistics Engineering and Management, Actas de la Actualización 89, Ottawa, 7-8 de junio de 1989.  
<sup>2</sup> Hirschbach, S.M.; "Reliability Engineering - Foundation of Logistics Support", Actas de la Actualización 89, Ottawa, 7-8 de junio de 1989.

## LOGISTICA DE SISTEMAS

### Definición del Apoyo Logístico Integrado (ILS) :

El Apoyo Logístico Integrado, constituye un método de aproximación unificado e iterativo hacia las actividades administrativas y técnicas que son necesarias para influir, tanto en los requerimientos como en el diseño, definir los requerimientos de apoyo, adquirir el apoyo, y proporcionar dicho apoyo a un costo mínimo a través del ciclo vital del equipo.<sup>3</sup>

#### Los elementos principales del ILS son :

- a.- Confiabilidad y Capacidad de Mantenición (R y M) - R y M proporciona los datos que se deben ingresar al proceso de planificación de los requerimientos de diseño y mantenimiento.
- b.- Instalaciones - Las instalaciones que se requieren para apoyar el sistema.
- c.- Apoyo de Recursos Computacionales - El hardware, el software y recursos humanos necesarios para operar el sistema logístico.
- d.- Planificación de Mantenición - El proceso para establecer los conceptos y requerimientos de mantenimiento para un sistema.
- e.- Equipo de Apoyo - Todo el equipo (móvil o fijo) que se requiere para apoyar la operación y mantenimiento de un sistema.
- f.- Datos Técnicos - Información técnica registrada.
- g.- Apoyo de Abastecimiento - Todas las acciones administrativas necesarias para determinar los requerimientos para adquirir, catalogar, recibir, almacenar, transferir, emitir y disponer de los ítemes de almacenamiento para el apoyo de un sistema.
- h.- Embalaje, Manipulación, Almacenamiento y Transporte (PHST) - Los recursos, procesos, procedimientos y métodos destinados a garantizar que todo el sistema, el equipo y los ítemes de apoyo sean preservados, embalados, manipulados y transportados en la forma adecuada.
- i.- Personal, Entrenamiento y Equipo de Entrenamiento - La identificación e implementación de los recursos humanos con las destrezas y el

nivel de entrenamiento requeridos para operar y apoyar un sistema durante su ciclo vital.

Durante varios años, Canadá ha empleado el método ILS en proyectos importantes de Defensa y Aeroespaciales con el fin de conjugar en la forma costo - efectividad los requerimientos de diseño operacional conjuntamente con las consideraciones para una capacidad de apoyo del ciclo vital de los sistemas.<sup>4</sup>

### El Concepto de Análisis de Apoyo Logístico (LSA) :

La razón fundamental para el apoyo logístico es : La Mantenición. La confiabilidad perfecta en la práctica eliminaría la necesidad de la mantenimiento. Ninguna mantenimiento eliminaría virtualmente la necesidad de un apoyo logístico. El concepto del LSA se desarrolló con el fin de proporcionar un método de aproximación analítico y sistemático para determinar el requerimiento de recursos de mantenimiento para los sistemas nuevos y para actualizar y revisar los requerimientos de apoyo después que se despliegan los sistemas.<sup>5</sup> El LSA es un proceso de planificación en mantenimiento que es continuo e iterativo y se aplica durante el transcurso de todo el ciclo vital del sistema. El proceso del LSA se muestra en la figura 2 :

#### Identificación y Análisis de la Tarea de Mantenición. (MTI y A)

El propósito del LSA para la planificación de la mantenimiento es desarrollar un plan de mantenimiento y determinar los recursos logísticos relacionados que permitirán que el sistema, que está sometido a consideración, lleve a cabo las funciones para las cuales fue diseñado, con el menor costo posible de su ciclo vital. El elemento fundamental en el proceso de mantenimiento es la identificación y análisis de la tarea de mantenimiento. El proceso de MTI y A aparece representado en la figura 3.

La identificación de la tarea de mantenimiento está compuesta de los siguientes pasos :

- a.- Adquisición y revisión de los datos técnicos.
- b.- Identificación de la línea base de configuración logística.

<sup>3</sup> Defence Systems Management College; Integrated Logistics Support Handbook, Department of Defence, Fort Belvoir, Virginia, mayo de 1986.

<sup>4</sup> Graham, R.E.; "Integrating the LSAR and Technical Documentation", Logistics Spectrum Journal of the Society of Logistics Engineers, Vol. 28, No.4, invierno de 1994.

<sup>5</sup> MIL-STD-1388-1A, "Logistics Support Analysis", 11 de abril de 1983.

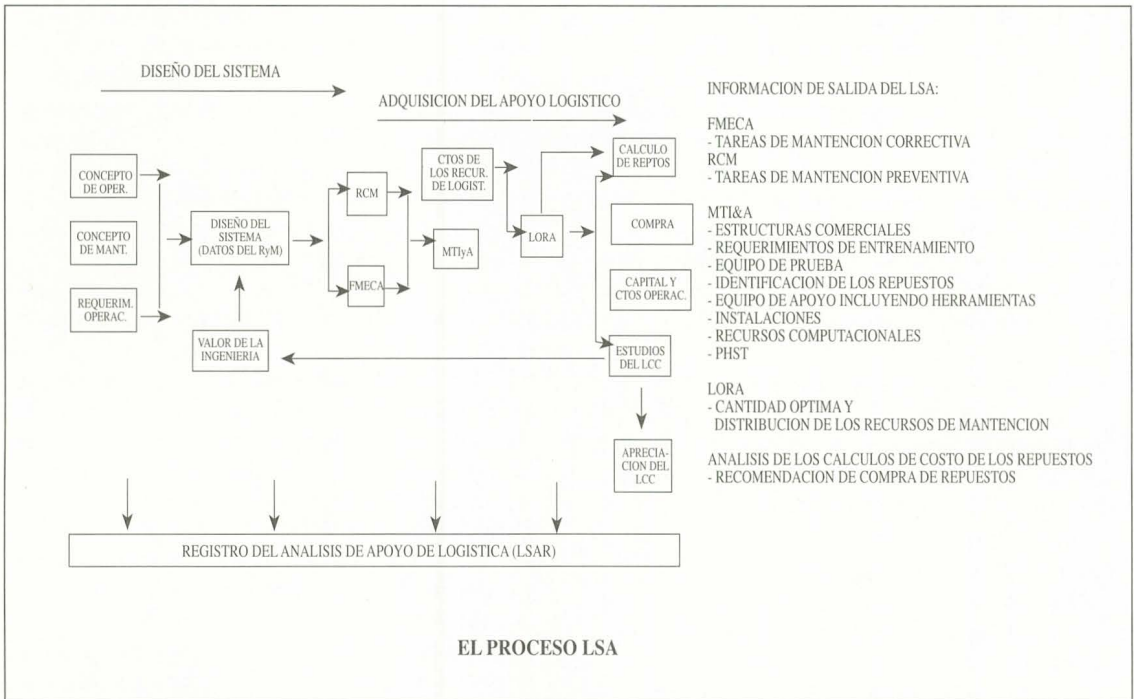


Figura 2.

- c.- Análisis de las fallas de funcionamiento (FFA).
- d.- Análisis de las modalidades de fallas, efectos y aspectos críticos (FMECA).
- e.- Identificación de tareas de mantención preventiva (PM).
- f.- Identificación de tareas de mantención correctiva (CM).
- g.- Análisis de requerimientos de tareas.
- i.- Registro del análisis de apoyo logístico (LSAR).

La revisión de los datos técnicos y del FMECA, constituyen la base para determinar las tareas de mantención que se requieren. La lógica de la mantención centrada en la confiabilidad, se emplea para identificar que tareas de mantención preventiva vale la pena llevar a cabo y son efectivas. Las tareas de mantención correctiva se desarrollan para las modalidades de fallas críticas identificadas en el FMECA y el nivel de análisis de reparaciones se considera para todo el equipamiento.

Una identificación de tareas de mantención (MTI) se lleva a cabo para ítems funcionalmente significativos (FSI). Los FSI son sistemas,

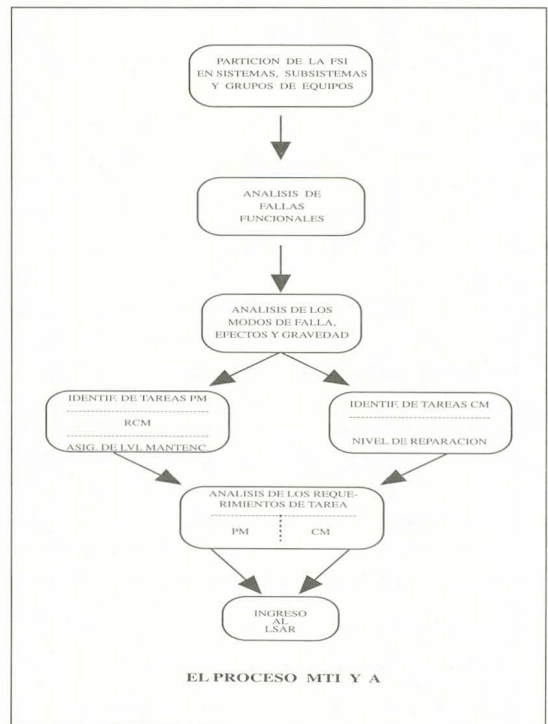


Figura 3.

equipos, conjuntos, subconjuntos o componentes cuya falla podría tener un impacto significativo en la disponibilidad de una una función requerida en apoyo de la misión o misiones o segura operación del sistema.

### Línea de Base para la Configuración Logística (LCB)

Con el fin de emprender un análisis a nivel del sistema del objetivo objeto que está siendo sometido al LSA, debe desarrollarse primero una estructura jerárquica que relaciona las funciones del ítem con los sistemas y el equipo que proporciona cada función. Dicha estructura también proporciona una línea base de configuración para el análisis y los medios de resumir los requerimientos totales. Cada elemento de la estructura, es decir, cada FSI, tiene asignado un número de control logístico (LSN) que describe su posición dentro de la estructura y se preocupa de su identificación únicamente. La estructura también se describe gráficamente empleando diagramas de bloques funcionales.

### Análisis de las Fallas Funcionales

El Análisis de las Fallas Funcionales (FFA) es el proceso que se emplea para definir y describir las funciones, las interfaces del sistema y las fallas funcionales de los ítemes de funcionamiento significativo. Se conduce un análisis de falla funcional sobre cada FSI seleccionado para realizar un MTI y A separado. El análisis de las fallas funcionales establece la base para un análisis posterior, mediante la identificación de las funciones que el FSI debe llevar a cabo, la interfaz de estas funciones con las funciones de otros FSI y las definiciones de lo que constituye la falla de cada función.<sup>6</sup>

### Análisis de las Modalidades de Falla, Efectos y Gravedad de la Falla

A continuación de realizado el análisis de las fallas funcionales (FFA), se lleva a cabo un análisis de las modalidades de falla, los efectos y la gravedad de la misma (FMECA), con el fin de determinar las causas predominantes de una falla funcional, es decir, las modalidades de fallas, y para seleccionar

la modalidad de falla para la cual deberán desarrollarse tareas de mantención. El proceso de selección se basa en el impacto de cada modalidad de falla sobre las misiones y seguridad del sistema y sobre la probabilidad de que se produzca dicha falla. Cada modalidad de falla seleccionada se analiza con el fin de identificar las tareas de mantención preventiva y mantención correctiva aplicables y el nivel de mantención en que deben realizarse estas tareas. A continuación se determinan los requerimientos de mantención (partes, habilidades, horas hombre, etc) para cada tarea y los resultados se ingresan en el Registro del Análisis del Apoyo Logístico (LSAR).<sup>6, 7, 8, 9</sup>

El análisis del FMCA al que nos hemos referido incluye:

- a.- Lista de las funciones y fallas funcionales;
- b.- Una determinación de las modalidades de fallas (“una forma en que es posible que falle un ítem”) para cada falla funcional;
- c.- La evaluación del impacto de cada modalidad de falla, en términos del grado en que se pierde esta función o el riesgo de seguridad potencial. Este es el “efecto de falla”;
- d.- Determinación de la frecuencia con que ocurre la modalidad de falla;
- e.- Espectro de las modalidades de falla desde alta frecuencia de ocurrencia a baja frecuencia de ocurrencia; y
- f.- Evaluación de la gravedad de la falla en términos de la frecuencia de ocurrencia (probabilidad) y el efecto (gravedad) de la modalidad de la falla.

La figura 4 proporciona un panorama del proceso de análisis de las modalidades de falla, efectos y su gravedad (FMECA).

### Identificación de Mantención Preventiva

Las tareas de Mantención Preventiva se determinan empleando el Concepto de Mantención Centrada en la Confiabilidad. La Mantención Centrada en la Confiabilidad (RCM) es una metodología para determinar los requerimientos de mantención planificados mediante la evaluación sistemática de los beneficios de cada tarea de Mantención Preventiva potencial frente a los recursos requeridos para realizarla. La probabi-

<sup>6</sup> Moore, S.R.; Methodology for Logistics Support Analysis (LSA) and Maintenance Task Identification & Analysis (MTI&A) for the New Shipborne Aircraft (NSA), Halifax, 6 de febrero de 1991.

<sup>7</sup> ARCanada Inc.; NSA/NSH LSA Process Training Course, Cartilla del Curso, Montreal, 9 de junio de 1993.

<sup>8</sup> MIL-STD-1629A; Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis, 24 de noviembre de 1980.

<sup>9</sup> MIL-STD-1388-2B; DoD Requirements for a Logistics Support Analysis Record, Notice 1, 21 de enero de 1994.

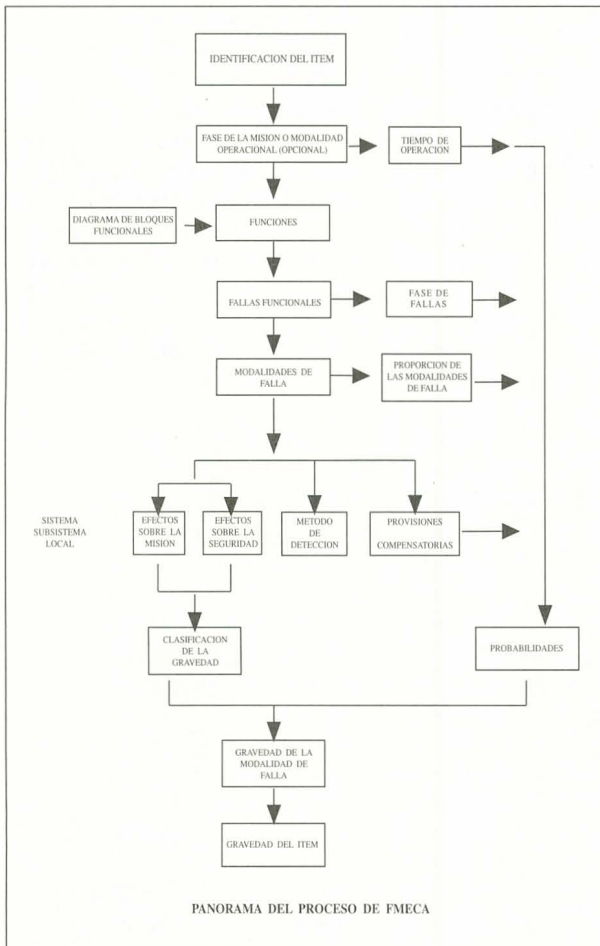


Figura 4.

lidad y gravedad de las fallas de equipos son variables vitales de la Mantenimiento Centrada en la Confiabilidad (RCM). Este método de aproximación considera las fallas a nivel de sistema y el impacto de estas fallas, en lugar del punto de vista tradicional orientado al equipo, con el fin de identificar las tareas de mantenimiento preventivas que son aplicables y efectivas.

El análisis de la Mantenimiento Centrada en la Confiabilidad se conduce sobre aquellas modalidades de fallas seleccionadas en el análisis de

las modalidades de fallas, efectos y gravedad de las mismas (FMECA). La calibración y el alineamiento se consideran tareas de mantenimiento preventiva y deben ser identificadas durante el análisis de Mantenimiento Centrada en la Confiabilidad (RCM). El elemento clave en el análisis RCM es la aplicación de una lógica de decisión estructurada, compuesta de una serie de preguntas SI/NO que sirven para identificar las tareas de mantenimiento preventiva que son aplicables y efectivas y que deberían llevarse a cabo.

Aquellas funciones cuyo fracaso podrían dar como resultado directo un riesgo a la seguridad, requieren ya sea de una tarea de prevención efectiva o bien de la consideración del rediseño del ítem. A las funciones que no están relacionadas con la seguridad o con la misión, se les asignan tareas sólo cuando hacerlo produce economías sustanciales en dinero. La figura 5 muestra un panorama del proceso de análisis de Mantenimiento Centrada en la Confiabilidad (RCM).<sup>7, 10, 11</sup>

Los siguientes son los seis tipos principales de tareas de mantenimiento preventiva (PM), identificados mediante el empleo de la mantenimiento centrada en la confiabilidad (RCM) :

- a.- Lubricación/Servicio - la acción de limpiar, lubricar, rellenar y recargar con el propósito de mantener las capacidades de diseño inherentes;
- b.- Monitoreo de la Tripulación Operacional - todo monitoreo practicado a la operación del sistema y llevado a cabo por los operadores durante sus tareas normales;
- c.- Chequeos Operacionales - tarea realizada con el fin de determinar que un ítem esté cumpliendo el propósito que debe satisfacer. Esta es una tarea que sirve para descubrir fallas;
- d.- Chequeo/Inspección Funcional - el análisis de un ítem confrontándolo con un estándar específico;
- e.- Restauración - el trabajo necesario para devolver el ítem a su estándar específico; y

<sup>10</sup> Airline/Manufacturer; "Maintenance Program Development Document MSG-3", Maintenance Steering Group - 3 Task Force Air Transport Association of America, 31 de marzo de 1988.

<sup>11</sup> Astorquiza, G.M.; "Efectividad de Sistemas y Recuperación por Diagnóstico", Actas del Tercer Simposio Latinoamericano sobre Investigación de Operaciones, Santiago, Chile, 1986.

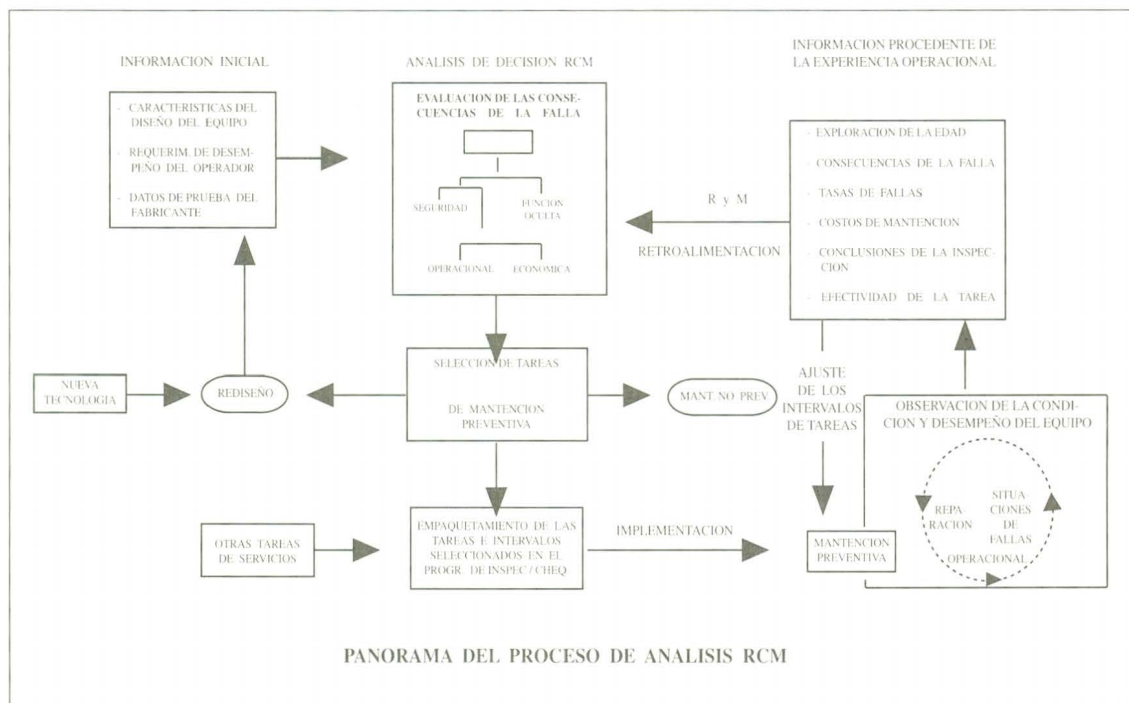


Figura 5.

f.- Baja - el retiro de un ítem del servicio en un límite de vida especificado.

Es posible asignar las tareas de mantenimiento preventiva a cualquier nivel de mantenimiento según sean los recursos que se requieren.

**Identificación de las Tareas de Mantenimiento Correctivas**

Es posible restablecer la función de un ítem fallado, ya sea mediante el reemplazo de la unidad completa o mediante la reparación/reemplazo de sus partes componentes. La selección de la tarea de restauración apropiada depende de si el ítem es reparable, de sus características físicas según esté instalado en el sistema, es decir, si acaso es práctico sacarlo y la dificultad relativa de sacarlo en comparación con la reparación en terreno. Además deben considerarse los costos cuando el ítem es muy caro o una acción de restauración determinada requiere de un equipo especial costoso.

En aquellos casos en que la tarea de restauración constituye el reemplazo del ítem, también se requiere el Análisis del Nivel de Reparación (LORA), con el fin de determinar qué acción deberá emprenderse para reparar el ítem que ha sido retirado. La reparación puede llevarse a

cabo en cualquier nivel de mantenimiento o el ítem puede darse de baja si la reparación no es costo-efectiva.<sup>7</sup>

El Análisis del Nivel de Reparación (LORA) es una justificación de la decisión de reparar o descartar un ítem fallado, para cada acción de mantenimiento anticipada para dicho ítem. Las decisiones del LORA influyen sobre el costo del apoyo logístico y efectividad del sistema y, en consecuencia, influyen sobre el costo de propiedad del ciclo vital total.

**Conceptos de Confiabilidad, Disponibilidad y Capacidad de Mantenimiento (RAM).**

Un sistema altamente capaz no es de utilidad si no es confiable o bien es demasiado costoso de mantener. Los datos de confiabilidad y capacidad de mantenimiento son los datos de entrada que son fundamentales para el Análisis del Apoyo Logístico.

**Confiabilidad**

La confiabilidad es una característica del diseño expresada como la probabilidad de que un ítem llevará a cabo las funciones que se tiene intención que realice, por un intervalo de tiempo especificado bajo condiciones establecidas. Esto se eva-

lúa habitualmente mediante el Tiempo Medio entre Fallas (MTBF), una medida de la periodicidad con que fallan las cosas y necesitan mantenimiento y apoyo.<sup>6,7</sup> Los puntos claves en la definición de la confiabilidad son :

- a.- La Confiabilidad está incorporada al diseño;
- b.- El ítem debe realizar en forma satisfactoria el rol operacional para el que fue creado;
- c.- Los Intervalos mayores o más prolongados de tiempo requieren mayor confiabilidad; en consecuencia, es importante establecer perfiles de misión; y
- d.- Los ítems están diseñados para ser empleados dentro de un medio específico; la tasa de falla puede ser más alta en otros medios.

### Capacidad de Mantenimiento

La capacidad de mantenimiento es una característica del diseño e instalación, que se expresa como la probabilidad de que un ítem sea retenido en una condición específica o restablecido a dicha condición mediante trabajo llevado a cabo en un período de tiempo dado, cuando la mantención se realiza de acuerdo con los procedimientos y recursos prescritos. Esto se evalúa habitualmente mediante el Tiempo Medio Necesario para Reparar (MTTR), una medida del tiempo que demora arreglar las cosas después que fallan, y constituye una indicación de la capacidad de mantención y apoyo necesarios. Los puntos claves en la definición en la Capacidad de Mantenimiento son los siguientes :

- a.- La capacidad de mantención está incorporada al diseño;

- b.- Retener se relaciona con los requerimientos de mantención preventiva;
- c.- Restaurado se relaciona con los requerimientos de mantención correctiva;
- d.- Las condiciones especificadas se refieren al grado de operatividad después de la mantención;
- e.- El período de tiempo dado tiene que ver con la reducción del período de duración asociado con la conducción de la mantención correctiva/preventiva;
- f.- Los procedimientos se establecen en los manuales de mantención;
- g.- Los recursos incluyen a los técnicos, los niveles de habilidad o destreza, el equipo de apoyo, el apoyo en abastecimiento, las instalaciones y el entrenamiento.

### Disponibilidad

La disponibilidad se define como la probabilidad de que un sistema al usarse bajo condiciones establecidas, opere satisfactoriamente en todo momento. La disponibilidad operacional (Ao) es la proporción del tiempo en que el sistema o equipo está en condiciones operativas (tiempo ascendente) en relación con el tiempo total. El tiempo total es el tiempo que se constituye por: el tiempo operable, el tiempo que se somete a reparaciones y el tiempo de demora logística asociado con la iniciación de la reparación o adquisición de los materiales necesarios.

La figura 6 ilustra la relación entre los costos del ciclo vital y la disponibilidad determinada por los parámetros de confiabilidad y capacidad de mantenimiento.

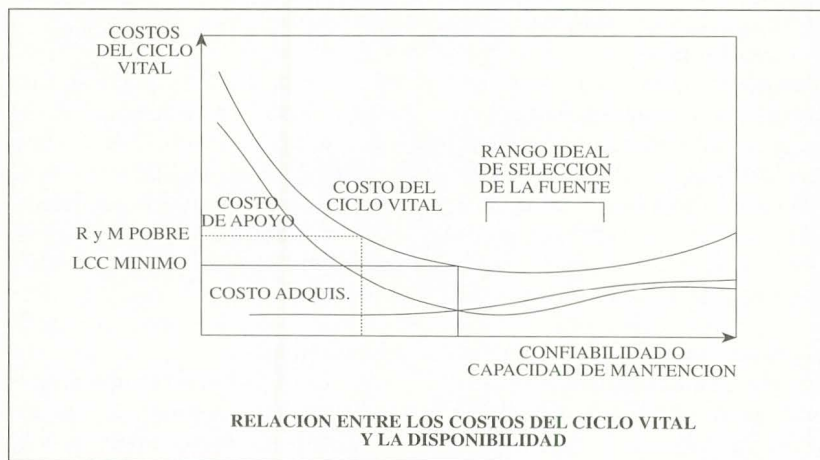


Figura 6.



### **Análisis del Cálculo de los Repuestos.**

El análisis del cálculo de los repuestos es el proceso de aseverar la cantidad y distribución de los repuestos requeridos para apoyar la operación de un ítem. Las partes de los repuestos y sus inventarios asociados son necesarios para dar cumplimiento a las acciones de mantención programadas y no programadas. En cada nivel de mantención, es necesario identificar el ítem y la cantidad de repuestos que deben adquirirse y almacenarse como partes de repuestos.<sup>7</sup>

Los requerimientos de repuestos, se basan inicialmente en el concepto de mantención del sistema y posteriormente se afinan y justifican a través de diferentes técnicas de análisis.

Los factores que determinan un requerimiento de repuestos, son los siguientes :

- a.- Plan de Mantención;
- b.- Características de Diseño;
- c.- Información interna de reparación;
- d.- Tasa de la demanda;
- e.- Gravedad del Ítem;
- f.- Número instalado y ciclo de servicio; y
- g.- Mortalidad y desgaste al comienzo.

El número de repuestos necesarios depende de la longitud de la información interna de reparación y de la tasa de fallas.

### **Modelos de Análisis para los Repuestos**

El análisis de los repuestos se lleva a cabo empleando programas matemáticos que funcionan en computadores. El programa generalmente procesa la cantidad y mezcla de repuestos menos costosa requerida por un sistema de equipo o hardware bajo una variedad de presunciones de apoyo y operación, capaces de ser definidas por el usuario. Los datos de ingreso al programa son los siguientes :

- a.- Hacer funcionar los parámetros de control;
- b.- El escenario, es decir, las operaciones, la mantención, el apoyo de abastecimientos; y
- c.- El equipamiento, es decir, la descripción de los ítems - la tasa de fallas, el costo del ítem, el tiempo de reparación, etc.

Los datos de salida son los siguientes :

- a.- La cantidad y distribución óptima de los repuestos;
- b.- La garantía contra la falta de stock; y
- c.- Peso y volumen acumulativo.

Los resultados para el modelo de repuestos, son los siguientes :

- a.- Tipos y cantidades de repuestos por nivel de mantención;

b.- Se establecen las cantidades óptimas para los requerimientos de disponibilidad y restricciones de costos; y

c.- Se determina una existencia de seguridad con el fin de limitar el riesgo de que se produzca escasez de existencia.

### **Cálculo de Costo del Ciclo Vital**

El Cálculo de Costos del Ciclo Vital es un método amplio para establecer los costos de un sistema durante el transcurso de su ciclo vital desde su concepción, pasando por la investigación y desarrollo, producción y uso operacional, hasta el momento en que es dado de baja.<sup>7</sup>

El costo del ciclo vital (LCC) incluye todos los costos y recaudaciones asociadas con la investigación, el desarrollo, la adquisición, el aprovisionamiento inicial, la operación, la mantención y el apoyo, y el valor residual del equipo a fines de su vida programada.

La mayoría de los costos del diseño, construcción y apoyo, que se irán acumulando en la vida de un sistema, están fijados en las fases conceptuales y de diseño. Durante estas dos fases, aproximadamente el 85% de todos los costos en los que se incurrirá durante la vida del sistema, se incorporan al diseño. En consecuencia, el mejor momento para afectar el costo de la línea base del sistema, es en las primeras dos fases de su vida. La figura 7 muestra el impacto de las decisiones del diseño sobre el costo del ciclo vital.

Las aplicaciones del cálculo de costos del ciclo vital se encuentran en los siguientes análisis económicos :

- a.- Planeamientos/Presupuestos a largo plazo;
- b.- Decisiones acerca del reemplazo del equipo que envejece;
- c.- Comparación de los proyectos alternativos;
- d.- Selección entre los contratistas en competencia;
- e.- Identificación de los elementos que impulsan el costo y reducción de estos costos mediante medios alternativos de apoyo; y,
- f.- Comparación de conceptos/métodos de apoyo logístico.

Empleando los modelos de costos del ciclo vital, todo los costos del diseño, construcción y uso del equipo se ingresan a las bases de datos y se comparan los costos totales de las alternativas de equipamiento. Además, es posible llevar a cabo análisis sensibles que involucran la alteración de los factores de costos con el fin de encontrar el efecto total sobre el costo del ciclo vital.

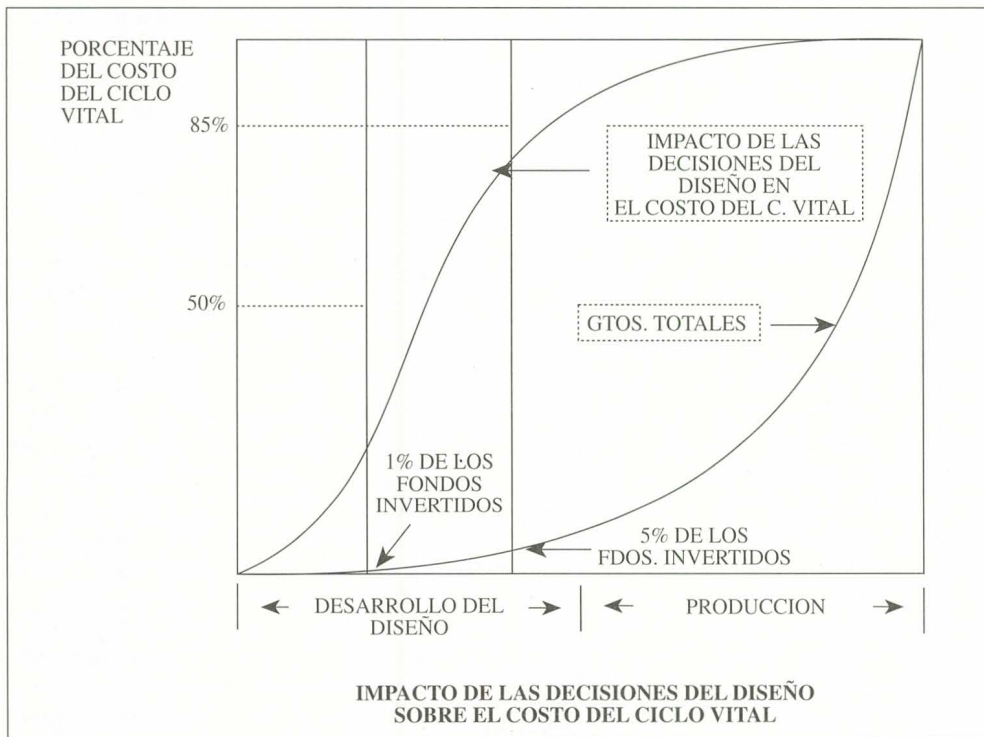


Figura 7.

El empleo de los datos del LCC a favor del activo involucra la identificación de los elementos que manejan los costos y los esfuerzos para reducir estos costos. Sin embargo la dificultad mayor para llevar a cabo los estudios de LCC, es la obtención de los datos. Deben seguirse las pistas a los costos a través de todo el ciclo vital del sistema.<sup>12</sup>

### Conclusiones

La planificación para la logística deberá permitir a los ingenieros manejar en forma efectiva la capacidad de prestar apoyo durante el ciclo vital de un sistema. Se producirán dividendos significativos en la confiabilidad y capacidad de mantenimiento de los sistemas si los factores logísticos se introducen en las primeras etapas de un proyecto.

El concepto de mantenimiento a menudo constituye la línea base para la determinación de otros requerimientos de apoyo logístico. Entre éstos se incluyen los niveles de mantenimiento, selección y determinación de repuestos, políticas de reparación, entrenamiento, manuales técnicos, y, selección y adquisición de equipo de prueba y apoyo. Estos constituyen procedimientos detallados orientados al logro del apoyo logístico integrado; la "línea de fondo" es el costo. Puesto que la "línea de fondo" invariablemente tiende a restringir los procesos de decisión, los ingenieros deben estar en situación de capitalizar sobre el énfasis del costo, mediante el desarrollo de costos precisos del ciclo vital, con el fin de proporcionar la justificación para decisiones "de inversiones para economizar".

<sup>12</sup> Blanchard, B.S. y Fabrycky, W.J.; "Systems Engineering and Analysis", 2a. ed., Prentice Hall, Inc., 1990.

**FIGURA 8 - MAPA DE LA RUTA DEL CICLO DE VIDA LOGISTICO**



ELEMENTOS LOGISTICOS	EXPLORACION DEL CONCEPTO	DEMOSTRACION Y VALIDACION	DESARROLLO A ESCALA TOTAL	PRODUCCION Y DESPLIEGUE	OPERACION Y APOYO	ELIMINACION
CONFIABILIDAD	Consideraciones de apoyo logistico	Análisis FMECA y RCM	Evaluar los cambios e intercambios del diseño p/ el imp. log.	Eval. de la mantención de los camb. en el diseño de producción	Determinación de equipo nuevo modificado	
CAPACIDAD DE MANTENCION	Establecimiento del concepto de mantención	Plan de mantención	Asignación de tareas de mantención lora	Plan logistico. Carta de asignac. de mantenc.	Operaciones de Mantención	Implementar plan de eliminación
RECURSOS HUMANOS	Concepto recursos humanos/personal	Plan para el análisis de tareas y habilidades del personal	Hombres hora por nivel de mantención	Actualizac. de los requerimientos de personal	Revisión de requerimientos de personal	
APOYO DE REAPROVISIONAMIENTO	Concepto de piezas para reparaciones	Planes e hitos de importancia de las piezas de repuestos	Selección y adjudicación de piezas de repuestos	Plan de distribución de equipos y piezas de repuestos	Política autorizada p/ desarmar equipo y util. piezas	Actividades para proposición de implementac.
EQUIPO DE APOYO	Concepto de equipos y herramientas de prueba	Identificación y plan para equipos y herramientas de prueba	Desarrollo de equipos / herramientas de prueba	Distribución inicial de equipo de apoyo	Evaluación / ajuste de requerimientos	Implementar actividades de eliminac.
ENTRENAMIENTO/ DISPOSITIVOS	Concepto de Entrenamiento / dispositivo	Plan para entrenamiento / dispositivos	Apreciación de requerim. de entrenamiento	Asistencia técnica de entrenamiento para equipo nuevo	Entrenamiento de fase descendente	
DATOS TECNICOS	Concepto de publicaciones de equipos	Plan para publicaciones de equipos	Borrador de equipos y publicaciones	Publicación de equipos. Publicación de revision de equipos	Publicaciones para mantener equipo	Publicaciones para rescindir equipo
APOYO COMPUTACIONAL	Concepto de apoyo computacional	Plan para apoyo de software	Desarrollo de software computac. y apoyo de software	Revisión del hardware computacional	Mantención / apoyo de software computacion.	Implementar las actividades de eliminación
EMBALAJE / MANIPULACION / ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE	Concepto de PHST	Anal. del impacto P. PHST, vida en la oferta y cap. de transporte	Requerimientos de PHST	Revisión de las pautas de PHST		Implementar las actividades de eliminación
INSTALACIONES	Capacidad y concepto de las instalaciones	Identificación de las instalaciones y fondos del programa	Instalaciones para pruebas	Esq. para contruc. del depósito p/las instalac./depós. instalaciones op.	Actualización de las instalaciones	
NECESIDAD	CONCEPTO DEL SISTEMA	PROTOTIPOS	PREPARACION DEL PRODUCTO	5 AÑOS	10 - 20 AÑOS	ELIMINACION PROPIEDAD



Figura 8.

## LISTA DE SIGLAS

AO	Operational Availability : Disponibilidad Operacional (DA)
CM	Corrective Maintenance : Mantenimiento Correctiva (MC)
FFA	Functional Failure Analysis : Análisis de Fallas Funcionales (AFF)
FMECA	Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis : Análisis de las Modalidades de Falla, Efectos y Gravedad (AMFEP)
FSI	Functionally Significant Item : Item de Importancia Funcional (IIF)
ILS	Integrated Logistics Support : Apoyo de Logística Integrada
LCB	Logistics Configuration Baseline : Línea Base de Configuración de Logística (LCL)
LCC	Life-cycle Costs : Costos del ciclo de vida (CCV)
LCN	Logistics Control Number : Número de Control de Logística (NCL)
LORA	Level of Repair Analysis : Análisis del Nivel de Reparación (ANR)
LSA	Logistics Support Analysis : Análisis del Apoyo de Logística (AAL)
LSAR	Logistics Support Analysis Record : Registro del Análisis del Apoyo de Logística (RAAL)
MTBF	Mean Time Between Failure : Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF)
MTI	Maintenance Task Identification : Identificación de Tareas de Mantenimiento (ITM)
MTI&A	Maintenance Task Identification and Analysis : Análisis e Identificación de Tareas de Mantenimiento (A&ITM)
MTTR	Mean Time To Repair : Tiempo Medio para Reparar
PHST	Packaging, Handling, Storage and Transportation : Embalaje, Manipulación, Almacenamiento y Transporte (EMAT)
PM	Preventive Maintenance : Mantenimiento Preventiva (MP)
RAM	Reliability, Availability and Maintainability : Confiabilidad, Disponibilidad y Capacidad de Mantenimiento (CDCM)
RCM	Reliability Centred Maintenance : Mantenimiento Centrada en la Confiabilidad (MCC)
R&M	Reliability and Maintainability : Confiabilidad y Capacidad de Mantenimiento (C&CM)
SOLE	Society of Logistics Engineers : Sociedad de Ingenieros Logísticos (SIL)

