

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE ACTIVOS FÍSICOS DE GRÚAS PÓRTICO

Tesis para optar el Título de **Ingeniera Industrial**, que presenta el bachiller:

Ana Cristina Robles Rojas

ASESOR: César Augusto Stoll Quevedo

Lima, abril de 2015

RESUMEN

La presente tesis es un trabajo de análisis y mejora de la gestión de activos físicos de grúas pórtico. El terminal portuario cuenta con distintos tipos de maquinaria pesada para realizar su operación; sin embargo, la grúa pórtico realiza la función principal: el traslado de los contenedores entre el muelle y el buque portacontenedores. Es el principal activo físico de un terminal portuario ya que sin grúas pórtico no se podría realizar la operación principal.

El terminal portuario atraviesa una fuerte crisis debido a que no cuenta con una política de gestión de activos físicos. Esto se evidencia en los constantes breakdowns que tienen las grúas pórtico, además del sobre stock acumulado que se tiene en el almacén. Todo eso provoca una disminución constante en la productividad, lo cual genera pérdida de clientes al verse reflejada la situación real en el mercado y en las demoras en la atención, además de excesivos gastos de operación.

El principal objetivo es el poder aumentar la vida útil de los activos físicos de las grúas, así como su disponibilidad al disminuir las constantes fallas actuales y sus consecuencias. Para lograrlo se propone la implementación de un Sistema de Gestión de Activos Físicos que abarca conceptos como mantenimiento, criticidad, riesgo, confiabilidad, gastos, etc. Este sistema se enfoca en el manejo óptimo de los activos con el fin de lograr el cumplimiento del plan estratégico de la empresa.

Esta propuesta genera un ahorro considerable: si se hubiese implementado en una familia de activos físicos de la grúa pórtico, la empresa no hubiese dejado de ganar en promedio S/. 696 000. Para la implementación se requiere una inversión de S/. 276 000 que en un plazo de 5 años con una tasa del 15% se obtiene un VAN de S/. 844 743.08 y una TIR de 87%. Estos resultados nos permiten concluir la viabilidad de la propuesta y un beneficio para la empresa.



*A Julián, María y William,
por el inmenso amor
y apoyo constante.*

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS.....	iv
INDICE DE TABLAS	vi
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	1
1.1. Sistema de Gestión de Activos Físicos	1
1.1.1. Antecedentes y Evolución de la Gestión de Activos Físicos	4
1.1.2. Definición de la Gestión de Activos Físicos	6
1.1.3. Objetivos de la Gestión de Activos	8
1.1.4. Aplicación de la Gestión de Activos Físicos.....	9
1.2. Sistema Tradicional de Mantenimiento	11
1.2.1. Antecedentes y Evolución del Mantenimiento.....	11
1.2.2. Definición Tradicional de Mantenimiento.....	13
1.2.3. Tipos de Mantenimiento	15
1.3. Sistema Moderno de Mantenimiento.....	16
1.3.1. Definición Moderna de Mantenimiento	16
1.3.2. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad	17
1.3.3. Mantenimiento Basado en Riesgos.....	24
1.3.4. Comparación entre el Sistema Moderno y el Tradicional	27
 CAPÍTULO II: PROPUESTA METODOLÓGICA.....	 30
2.1. Requisitos Generales para una Gestión de Activos.....	31
2.1.1. Definición de Facilitadores y Controles de la Gestión de Activos	33
2.1.2. Definición de Activos Críticos y No Críticos	35
2.2. Análisis de Riesgos y sus Impactos	36
2.2.1. Metodología para la Gestión de Riesgos.....	36

2.2.2. Análisis Económico de la Gestión de Activos	37
2.3. Supervisión de las Condiciones y Desempeño de los Activos Críticos	40
2.3.1. Ciclo de Vida de los Activos	40
2.3.2. Vida Económica y Útil de un Activo	42
2.4. Análisis de Fallas	42
2.4.1. Análisis de los Modos y Efectos de Fallas	42
2.4.2. Análisis de Causa Raíz	43
2.5. Análisis Económico y de los Costos del Ciclo de Vida de los Activos Críticos.....	44
2.6. Toma de Decisiones y Mejora Continua	48
CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA	51
3.1. Descripción del Entorno Aplicativo	51
3.1.1. Descripción de la Empresa y sus Principales Procesos	51
3.1.2. Descripción y Funcionalidad de las Grúas Pórtico.....	59
3.2. Análisis y Diagnóstico de la Gestión Actual de Activos	63
3.2.1. Planeamiento Operativo	64
3.2.2. Análisis de Breakdowns en las Grúas Pórtico	65
3.2.3. Gestión de Adquisición y Utilización de Activos	70
CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS FÍSICOS	75
4.1. Requisitos Generales para una Gestión de Activos.....	75
4.1.1 Definición de Facilitadores y Controles de la Gestión de Activos.....	75
4.1.2 Definición de Activos Críticos y No Críticos	76
4.2. Análisis de Riesgos y sus Impactos	81
4.2.1 Metodología para la Gestión de Riesgos.....	81

4.2.2 Análisis Económico de la Gestión de Activos	83
4.3. Supervisión de las Condiciones y Desempeño de los Activos Críticos	85
4.4. Análisis de Fallas.....	88
CAPÍTULO V: ANÁLISIS ECONÓMICO.....	93
5.1 Inversiones Requeridas	93
5.2 Ahorros Generados	94
5.3. Evaluación Económica de la Propuesta de Mejora.....	95
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
6.1. Conclusiones.....	96
6.2. Recomendaciones.....	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	¡Error! Marcador no definido.99

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Visión General de un Sistema de Gestión de Activos (SGA).....	2
Figura 1. 2 Evolución de la Gestión de Activos	6
Figura 1. 3 Generaciones de Evolución de Mantenimiento	11
Figura 1. 4 Tipos de Mantenimiento	16
Figura 1. 5 Secuencia General a Desarrollar en la Aplicación de la Metodología MCC	18
Figura 1. 6 Principales Componentes de un MCC.....	19
Figura 1. 7 Curva de Desgaste vs Costos	21
Figura 1. 8 Curva de Confiabilidad vs Costos de mantenimiento	21
Figura 1. 9 Curva de Supervivencia	22
Figura 1. 10 Curva de la Mortalidad	23
Figura 1. 11 Curva de Tasa de Fallos	23
Figura 2. 1 Pasos para la Implementación de Gestión de Activos.....	31
Figura 2. 2 Resumen de las Tareas y Resultados Esperados de la Gestión de Activos...	32
Figura 2. 3 Metodología para la Gestión de Riesgos de los Activos.....	36
Figura 2. 4 Curva de la Bañera	38
Figura 2. 5 Análisis del Nivel de Mantenimiento y de los Costos.....	39
Figura 2. 6 Disponibilidad Óptima y Uso de Activos	39
Figura 2. 7 Ciclo de Vida Completo de los Activos Físicos.....	40
Figura 2. 8 Análisis de Datos y Programas de Mantenimiento	43
Figura 2. 9 Diagrama de Causa Efecto o Diagrama de Ishikawa	44
Figura 2. 10 Grúa Pórtico STS.....	45
Figura 2. 11 Pasos para el LCC.....	48
Figura 2. 12 Principales etapas de la mejora continua	50
Figura 3. 1 Clasificación de los Servicios de la Empresa	52
Figura 3. 2 Mapa de Proceso de Embarque y Descarga de Contenedores.....	54
Figura 3. 3 Flujograma de Embarque y Descarga de Contenedores.....	56
Figura 3. 4 Activos para la Manipulación de Contenedores.....	57
Figura 3. 5 Grúa Pórtico STS.....	60
Figura 3. 6 Estructura de la Grúa Pórtico STS	61

Figura 3. 7 Porcentaje de Atribución de las Paralizaciones..... 69

Figura 3. 8 Promedio Porcentual del Tiempo Total de Paralizaciones 70

Figura 3. 9 Comparativo de la Cantidad de Requerimientos en TECH..... 72

Figura 3. 10 Compras Grúas Pórtico con respecto al Total TECH 73

Figura 4. 1 Curva de la Bañera del Spreader ZPMC..... 83

Figura 4. 2 Curva de la Bañera del Spreader Smit..... 84



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Medidas Cualitativas de Impacto	25
Tabla 1. 2 Medidas Cualitativas de Probabilidad	26
Tabla 1. 3 Ejemplo de Matriz de Análisis de Riesgo	26
Tabla 2. 1 Clasificación de Riesgos, Condiciones y Acciones recomendadas	37
Tabla 2. 2 Análisis de Escenarios.....	47
Tabla 3. 1 Transacciones Promedios por Día	59
Tabla 3. 2 Tabla de Códigos de las Paralizaciones.....	66
Tabla 3. 3 Paralizaciones de Grúas Pórtico	68
Tabla 3. 4 Cantidad de Requerimientos por Área	71
Tabla 3. 5 Cantidad de Requerimientos en TECH	72
Tabla 3. 6 Cantidad de Compras TECH	73
Tabla 4. 1 Valoración para Determinar la Criticidad de Activos Físicos.....	77
Tabla 4. 2 Resultados del Análisis de Criticidad de los Spreaders.....	79
Tabla 4. 3 Clasificación de los Repuestos según su grado de Criticidad.....	80
Tabla 4. 4 Grado de Riesgo de Activos Críticos.....	82
Tabla 4. 5 Tipo de Curva de la Bañera de cada Activo Crítico	84
Tabla 4. 6 Indicadores de Desempeño de los Activos Críticos.....	87
Tabla 4. 7 Matriz AMFE del Spreader.....	88
Tabla 5. 1 Detalle de la Inversión.....	93
Tabla 5. 2 Cronograma de Implementación	94
Tabla 5. 3 Flujo de Caja	95

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

En el desarrollo de esta primera parte del trabajo, se plantea la información teórica que se desarrollará a lo largo del trabajo. Como primer punto se tiene el desarrollo del Sistema de Gestión de Activos físicos en el que se detalla qué es y cómo se aplica una gestión de activos, además de los sistemas tanto tradicional como moderno de mantenimiento. Como segundo punto se desarrollarán los pasos para una adecuada gestión de activos, ahí se explicará desde la definición de activos hasta la toma de decisiones. Esto permitirá al lector familiarizarse con los términos y técnicas utilizadas en los capítulos posteriores.

1.1. Sistema de Gestión de Activos Físicos

El punto 1.1 desarrolla detalladamente como primer punto los antecedentes, evolución, definiciones, objetivos y aplicación de una Gestión de Activos Físicos. Como segundo punto se mencionarán las definiciones de un Sistema Tradicional de Mantenimiento y los tipos de mantenimiento existentes. Como tercer y último punto se definirá al Mantenimiento Moderno tomando en cuenta el concepto de confiabilidad. También, se realizará una comparación de ambos sistemas de mantenimiento.

Gestión de activos físicos

Según Ellmann - Sueiro & Asociados (2010), las organizaciones están dándose cuenta cada vez con mayor frecuencia de la importancia que tiene una gestión de activos y la consideran como una estrategia de empresa que al ser aplicada apropiadamente tendrá como resultado el mejoramiento continuo del negocio. Los resultados comunes de un plan estratégico efectivo para la gestión de activos suponen aumentos significativos en la capacidad utilizada, y esto va acompañado de una optimización en los costos de operación y una reducción responsable de los riesgos. La gestión de un activo físico representa un alcance y un enfoque significativamente mayor al definido comúnmente a

través del mantenimiento o cuidado de activos físico, ya que supone la vinculación de forma directa con los objetivos estratégicos de la organización.



Figura 1. 1 Visión General de un Sistema de Gestión de Activos (SGA)

Fuente: Ellmann-Sueiro & Asociados (2010)

El desarrollo y la aplicación de un modelo de gestión de activos requieren de empeño y conocimientos especializados. Actualmente, la mayoría de las organizaciones presentan dificultades para definir los recursos que utilizarán en la implementación una estrategia de gestión de activos; sin una estrategia adecuada, los riesgos se incrementan. Anteriormente, las iniciativas de mejoramiento de la confiabilidad estaban restringidas únicamente a programas domésticos que alcanzaban óptimos resultados en ubicaciones locales y particulares. Estos beneficios a menudo se perdían debido a cambios de la administración, el fracaso para establecer sostenibilidad y la falta de apoyo de la alta gerencia, lo mismo podría suceder en una organización si no se difunde este concepto y no se tiene el compromiso de todos los involucrados. (Pérez, 2012).

Haciendo referencia a lo expuesto por Claudio Guidi sobre el Sistema de Gestión de Activos en el III Congreso Internacional – Supervisión del Sistema Eléctrico llevado a cabo por Osinergmin en el 2012, una correcta gestión de activos brinda una clara evidencia de sustentabilidad de los activos para las empresas. En comparación con otras gestiones que muchas veces implican sólo reunir una gran cantidad de documentos, la aplicación de una gestión de activos permite un alineamiento real entre las buenas intenciones escritas en el sistema de gestión y el trabajo real de terreno. De acuerdo a las constantes evoluciones de la industria, se debe considerar como necesaria la introducción de una política de gestión de activos dentro de las empresas. El desarrollo y sostenibilidad de dicha política posibilita el cambio de los actuales controles de resultados, principalmente referidos a la calidad del servicio. Esto con la finalidad de proporcionar una constancia de existencias de procesos, procedimientos y sistemas informáticos que permitan el cuidado del activo a lo largo de su ciclo de vida desde su creación.

Según la International Copper Association Latin America (2012), las organizaciones que ya vienen aplicando la gestión de activos poseen un dominio de la gestión de riesgos: enfoque estructurado para manejar la incertidumbre relativa a una amenaza, en todos los niveles: estratégico, táctico y operativo, así como también mayor capacidad para sustentar la alta confiabilidad y calidad que pueden exceder el desempeño exigido por el mercado. El enfoque de una gestión de activos aporta una ventaja competitiva a las empresas a través de un mejor desempeño técnico y financiero, una visión estratégica del negocio, un mejor equilibrio entre el retorno y los riesgos y aumentar la confiabilidad del sistema como un todo. El sistema de gestión establece los procesos en los activos que agregan mayor valor económico a las empresas, optimizan la calidad del servicio e incrementan la confiabilidad. Otro valor agregado es la garantía de que la empresa está invirtiendo correctamente, para los accionistas es la certeza de que sus activos se utilizan y se mantienen de forma sostenible con el fin de producir la mayor tasa posible de retorno de la inversión.

1.1.1. Antecedentes y Evolución de la Gestión de Activos Físicos

Históricamente la gestión de activos físicos estaba enfocada en el mantenimiento de la maquinaria, sin embargo, este concepto fue cambiando de manera radical a lo largo del siglo pasado. Hasta el principio de la década de los 40, el mantenimiento era considerado como un gasto evitable, de tal manera que el único mantenimiento que se realizaba era el de tipo correctivo. Cada vez que ocurría una falla se convocaba un grupo de trabajo especializado en mantenimiento para volver a poner el activo físico o equipo operativo. De esta manera, el mantenimiento no estaba considerado dentro del negocio ni su gestión se encontraba debidamente reconocida.

Después de la Segunda Guerra Mundial, mientras que las industrias adoptaban cada vez más sistemas mecánicos, se comenzó a poner mayor atención al desarrollo de los procesos, particularmente en las áreas de mantenimiento y reemplazo. Hacia principios de los años 50, las investigaciones en busca de nuevas técnicas de mantenimiento comenzaron a desarrollarse a un ritmo creciente. Durante el periodo de los años 60 y en adelante, empezaron a generarse una gran cantidad de trabajos de investigación referidos a la optimización de mantenimiento.

En algunas industrias se fueron desarrollando nuevas técnicas tales como el TPM (Total Productive Maintenance) o Mantenimiento Total Productivo en la industria manufacturera (Nakajima, 1988) y el RCM (Reliability Centered Maintenance) o Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en la industria aeronáutica (Moubray, 1997) con la finalidad de optimizar la gestión de sus activos físicos. A partir de estas tendencias, y como una nueva visión de la gestión de activos, comenzó a examinarse la planificación y programación del mantenimiento, a fin de mejorar la eficiencia de su gestión. Es así, que durante los últimos veinte años el análisis de la gestión de activos se ha difundido considerando desde entonces el establecimiento de procesos para evaluar las estrategias operacionales y de mantenimiento (Moubray, 1999).

Actualmente, la gestión de activos ha evolucionado hasta el punto de considerarse como parte fundamental dentro de las tareas de mantenimiento. Particularmente, en las terminales portuarias, la gestión de activos resulta ser parte primordial del negocio, ya que de eso depende el nivel de operatividad de las grúas pórtico y de llevar un control adecuado de los inventarios.

A partir de los años 60, según un informe expuesto por la SPGC S.A. (Sociedad Portuaria Granelera de Caldera) el 14 de Mayo del 2013, a pesar de denominarla de distintas formas, las terminales portuarias han empezado a implementar la gestión de activos físicos con una visión moderna y de una forma verdaderamente orientada hacia el negocio en su conjunto e integrada con este. Esto, como se mencionó anteriormente a partir de los años 60, justo cuatro años después de la aparición del contenedor, desde donde los puertos evolucionan hacia la Segunda Generación: Modelo Industrial, según la Línea de Tiempo en la Evolución de los Puertos realizada por la misma sociedad.

En sus inicios, la gestión de activos era denominada como Contención de Costos. La contención de costos fue realizada en las empresas identificando y analizando los centros de costos y poniendo énfasis en la conformación de presupuestos y en su cumplimiento efectivo. A finales de los años 80 e inicios de los 90, la gestión de activos era conocida como reducción de costos. Esto se llevó a la práctica con la necesidad de tener que reducir los márgenes operativos, minimizar redundancias en la organización de las compañías (reingeniería) y la reducción de inversiones. El concepto y aplicación del benchmarking y el establecimiento de metas que se debían cumplir fueron introducidos como una medida de qué tan bien se estaban llevando a cabo esas reducciones.

Actualmente, la gestión de activos abarca más allá de las funciones de mantenimiento: intenta determinar la mejor manera de explotar los activos físicos en la búsqueda de optimizar la rentabilidad de la empresa, evaluando cada área de la compañía y determinando cómo se puede perfeccionar su desempeño. Esto se muestra mediante la creación de centros de utilidades, requerimientos de modelos y planes de negocios, retornos sobre activos (ROA) y un fuerte impulso hacia la búsqueda de nuevas oportunidades (Angell, 2002).

En la figura 1.2 se muestra gráficamente la Evolución de la Gestión de Activos propuesta por Angell (2002).

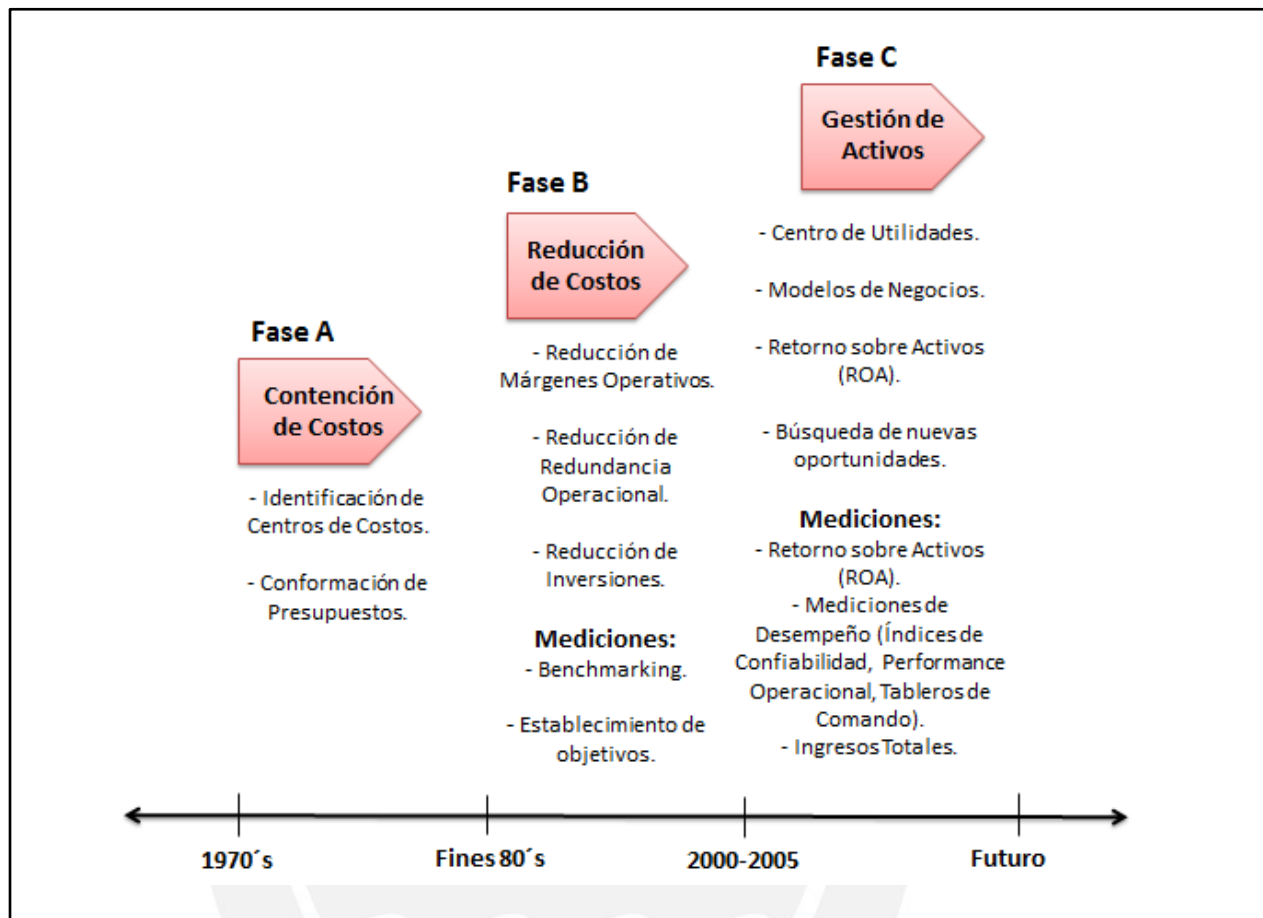


Figura 1. 2 Evolución de la Gestión de Activos

Fuente: Angell (2002)

1.1.2. Definición de la Gestión de Activos Físicos

Se han propuesto una serie de definiciones para la gestión de activos físicos, sin embargo, se han seleccionado solo algunas que definen de una manera más exacta este concepto:

La norma británica BSI – PAS 55 fue elaborada por el Institute of Asset Management, la cual es una organización independiente fundada en 1977 en Reino Unido dedicada a promover el conocimiento de la gestión de activos. Dicha norma plantea una definición amplia de la gestión de activos: “Las actividades sistemáticas y coordinadas mediante las cuales una organización maneja en forma óptima sus activos físicos, su desempeño

asociado, riesgo y gastos a lo largo de su vida útil, con el propósito de lograr el cumplimiento de su plan estratégico organizacional” (PAS 55, 2004).

En el Seminario Internacional de Mantenimiento y Servicios Asociados en Sistemas Eléctricos: “Mantenimiento: Estrategia Empresarial de Competitividad” organizado por la Comisión de Integración Eléctrica Regional en la ciudad de Cartagena, Colombia en el 2003, se definió como gestión de activos físicos al: “Proceso global de gestión destinado a concebir, combinar y ejecutar los métodos que permitan ayudar a las empresas en la toma de decisiones más objetiva y de alto valor agregado en la operación de sistemas y equipos durante toda su vida útil” (CIER, 2003).

En el trabajo “The Impact of a Condition Based Maintenance Strategy on Network System Operations” (Damstra, 1999), se define a la gestión de activos como: “Todas las actividades necesarias para controlar a los activos pertenecientes a la infraestructura, con el objetivo de suministrar la calidad demandada con el máximo retorno sobre la inversión, teniendo en cuenta la eficiencia, confiabilidad, durabilidad, y requerimientos ambientales”. A partir de esta definición, se afirma que en el ámbito de las empresas de servicios, la gestión de activos físicos permite adoptar las mejores decisiones en la planeación, ejecución y logística de las tareas de mantenimiento.

Según Bennani (2014), Technical Manager de APM Terminals Callao y especialista en grúas pórticos, una gestión de activos supone cuidarlos de manera que lleguen a su vida predefinida tal y cómo la compañía lo ha establecido, según su grado de inversión. Para lograr esto, se deben seguir los planes de mantenimiento preventivo que han sido programados con una frecuencia definida por el área encargada. Además, estos planes deben ir cambiando y desarrollándose de acuerdo a la ubicación geográfica, el clima y el modo en que son utilizadas las grúas en las operaciones. “Lo ideal es cuidar los activos de manera que cuesten lo menos posible y brinden lo mayor posible en cuanto a productividad, analizando el Total Cost of Ownership o TCO del activo para saber si éste debería ser reemplazado o no” (Bennani, 2014).

A pesar de que estas definiciones reflejan distintos puntos de vista, tales como los de institutos de normalización, organismos de investigación, conclusiones de congresos, profesionales de la industria portuaria, todas ellas presentan ciertos conceptos comunes que caracterizan a la gestión de activos, a partir de los cuales se infieren las siguientes afirmaciones:

- ✓ La gestión de activos debe adecuarse a la naturaleza y valores de la organización.
- ✓ La gestión de activos debe apoyar los objetivos de la organización y la de sus accionistas.
- ✓ La gestión de activos debe permitir un análisis y control de los activos físicos durante todas las etapas de su vida útil.

A partir de las definiciones brindadas líneas arriba se puede definir la gestión de activos como el conjunto de actividades y prácticas sistemáticas y coordinadas, mediante el cual una organización gestiona en forma óptima sus activos físicos y la calidad del servicio resultante. Contempla los riesgos y gastos asociados durante el ciclo de vida del activo, con el propósito de cumplir con el plan estratégico de la organización. Una adecuada gestión de activos permite optimizar los recursos y asegurar que el desempeño de los activos no se deteriore con el tiempo, en particular con lo relacionado a la calidad del servicio y esto supone el tiempo de atención.

1.1.3. Objetivos de la Gestión de Activos

El objetivo de un trabajo realizado en el año 2001, denominado “Risk-Based Planner for Asset Management” fue responder a la pregunta: “Enfrentados con múltiples opciones para invertir en el mantenimiento de equipos, ¿Cuál es el mejor curso de acción a seguir para maximizar la confiabilidad al mínimo costo?”. La respuesta fue por el lado de optimizar el mantenimiento de los activos físicos con una perspectiva de riesgo económico y el objetivo era llegar a una meta en la cual las actividades de mantenimiento solo deberían llevarse a cabo si ellas son económicamente justificables.

En otro trabajo denominado: “Strategic Asset Management for Utilities” (Groen, 2003), se refiere a la gestión de activos estratégica como de qué modo los activos que son considerados críticos para la empresa son adquiridos, mantenidos y optimizados a lo largo de su vida útil. En este mismo trabajo se menciona que: “La gestión estratégica de activos, se refiere a maximizar el desempeño de todos los activos que tienen un impacto directo y significativo en el logro de los objetivos corporativos”. Según lo que se puede inferir de este trabajo, el objetivo de la gestión de activos es maximizar el retorno del activo.

El documento “Risk - Based Asset Management” (Heinz, 2003), señala que la gestión de activos basada en riesgos “analiza la confiabilidad e importancia económica de operar recursos y estima el riesgo monetario, determinado dentro de un marco temporal”. A partir de esto, se puede deducir que el objetivo de la gestión de activos físicos basada en riesgos es la de mantener un cierto nivel mínimo de confiabilidad mientras se minimizan los costos de mantenimiento.

En conclusión, los párrafos anteriores permiten definir de manera global que el objetivo de una gestión de activos físicos es gestionar dichos activos de un modo óptimo con la finalidad de lograr para la organización el máximo beneficio con un nivel de riesgo aceptable. Un sistema de gestión de activos físicos resulta vital en organizaciones dependientes del funcionamiento de sus activos y de un correcto cumplimiento de sus servicios, como es el caso de las grúas pórtico de las cuales depende el funcionamiento de un puerto.

El éxito de una organización se basa tanto en la calidad de flujo de sus procesos: información, documentación, materiales, etc. como también en el efectivo funcionamiento de los elementos que los sostienen para realizar sus operaciones. Para poder optimizar de manera sostenible a los procesos u operaciones de una organización será necesario el desarrollo y la implementación de un adecuado sistema para la gestión de los activos físicos. Dicho sistema debe permitir manejar de manera óptima y sustentable sus activos físicos, su performance asociada, riesgos y gastos a lo largo de todo el ciclo de vida del activo.

1.1.4. Aplicación de la Gestión de Activos Físicos

Uno de los conceptos más relevantes cuando se habla de gestión de activos es el factor riesgo, definido comúnmente como la probabilidad de falla multiplicada por sus consecuencias. Cuando se realiza un análisis de riesgo, el principal objetivo es determinar la probabilidad de que suceda una falla, las futuras consecuencias de esta y específicamente en cómo esto afectará en la realización normal de las operaciones de una organización. Los métodos de gestión de activos físicos se refieren a la forma de mantener el riesgo en un nivel no variable o casi constante en el tiempo, mientras se reducen los costos maximizando el beneficio. Este propósito se alcanza mediante la

óptima utilización de los activos disponibles y eligiendo el nivel correcto entre beneficio y riesgo.

A partir del concepto de riesgo, se puede tener una definición más exacta de la gestión de activos, ya que esta aparte de suponer actividades dirigidas a obtener el mayor retorno monetario de algún tipo de activo, supone también un balance entre disponibilidad, riesgos y costos. Teniendo estos conceptos como base se puede decir que la gestión de activos puede ser categorizada en dos niveles de aplicación: el estratégico y el táctico, los cuales deben ser combinados para establecer procesos de gestión totalmente integrados.

Dentro del nivel estratégico, la obtención de una alta performance de los referidos activos físicos en forma continua, se logra optimizando la confiabilidad a largo plazo de las instalaciones, minimizando los requerimientos de intervenciones sobre el equipamiento para efectuar tareas de mantenimiento y manteniendo al mismo tiempo la confiabilidad y disponibilidad esperada con los niveles de calidad requeridos.

En cuanto al nivel táctico, el cual tiene un alcance más acotado que el estratégico, este se encuentra representado por la aplicación de los programas específicos de mantenimiento definidos para cada tipo de equipamiento sobre los cuales se efectúan tareas de mantenimiento. Estos programas son tácticas de gestión del equipamiento mediante las cuales se obtiene información acerca de su condición, la cual debe ser evaluada según las estrategias de mantenimiento en su conjunto para alcanzar la mayor efectividad en la performance de cada elemento según su importancia dentro del sistema.

A continuación, se listarán los beneficios más importantes de una adecuada aplicación de gestión de activos físicos:

- ✓ Organización de la función mantenimiento enfocada en equipos de trabajo.
- ✓ Acciones de mejoramiento enfocadas a una mejor eficacia y eficiencia de las tareas de operaciones y mantenimiento.
- ✓ Una visión y horizonte del mantenimiento al interior de la organización con apoyo y visión de la gerencia.
- ✓ Incrementos de los índices de efectividad en el manejo de los recursos, el uso apropiado del tiempo, administración correcta de las actividades y control adecuado de los presupuestos y los costos de mantenimiento.
- ✓ Frame agreements con proveedores de repuestos, materiales y servicios.

- ✓ Control de las paradas de la maquinaria, reducción de averías y niveles de inventario óptimos.
- ✓ Costos óptimos del mantenimiento de activos, inventario de refacciones y partes, y capital de reemplazo.

1.2. Sistema Tradicional de Mantenimiento

En los siguientes puntos se desarrollarán los antecedentes, evolución, definiciones y tipos de mantenimiento en el sistema tradicional.

1.2.1. Antecedentes y Evolución del Mantenimiento

El desarrollo técnico industrial de la humanidad va acompañado de la evolución del concepto de mantenimiento. Moubray (1997) en su libro *Reliability – centered Maintenance (RCM II)* identifica que a partir de los años 30 en adelante se puede diferenciar tres generaciones de mantenimiento, las cuales representan las mejores prácticas realizadas en cada época y mediante las cuales se basa su evolución. La figura 1.3 muestra las Generaciones de Evolución de Mantenimiento definidas.

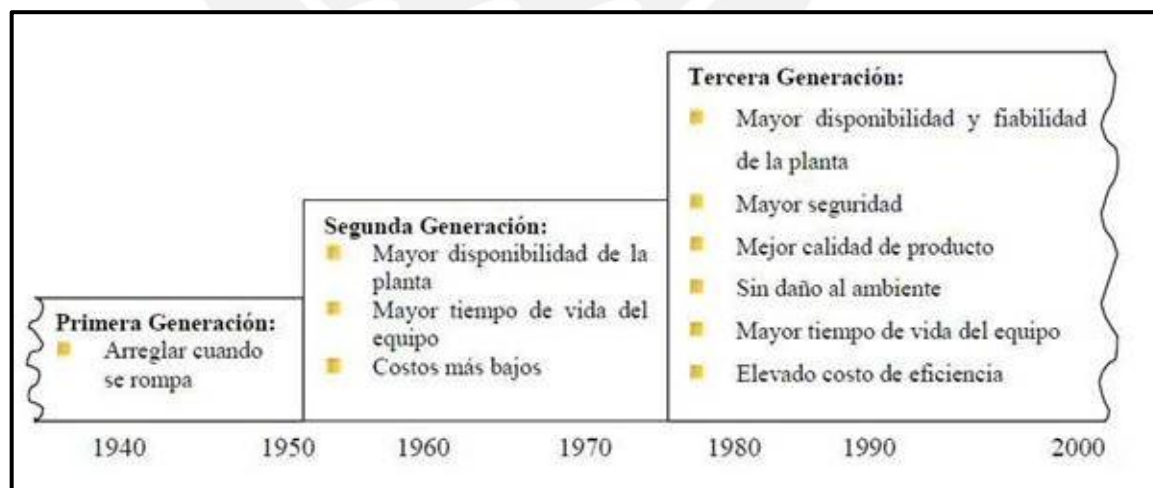


Figura 1. 3 Generaciones de Evolución de Mantenimiento

Fuente: Moubray (1997)

Como se aprecia en la figura 1.3, la primera generación es aquella que abarca desde los años 30 hasta finales de la Segunda Guerra Mundial (1945-1950). En esta etapa, la industria no contaba con muchos sistemas mecánicos, de tal manera que los tiempos de inactividad por paradas no tenían un significado relevante. Esto suponía que la prevención de fallas en el activo era una cuestión de muy baja prioridad para los directivos. Así mismo, la mayoría de los activos de esa época eran simples y con diseños poco o nada complejos, lo cual facilitaba las reparaciones y los hacía más confiables. En base a esto, no había la necesidad de efectuar un mantenimiento sistemático más allá de las operaciones básicas de inspección, limpieza y lubricación, esto significaba que las industrias aplicaban lo que hoy se conoce como “mantenimiento correctivo”. “Las necesidades de habilidades y conocimientos especializados resultaban también menores que lo que lo son en la actualidad” (Tavares, 2000).

Esta forma de trabajo y administración naciente de activos se mantuvo hasta finales de los años 30, donde como consecuencia de la Segunda Guerra Mundial las circunstancias cambiaron drásticamente. La demanda de productos de toda clase y la necesidad de mano de obra especializada aumentaron, esto aceleró el proceso de mecanizado de la industria. Es así como para inicios de los años 50, las máquinas de todo tipo eran más numerosas, complejas y la industria comenzaba a depender de ellas cada vez con mayor frecuencia. Conforme esta dependencia iba creciendo, los tiempos muertos pasaron a convertirse en un foco de atención.

En la segunda generación, los encargados empezaban a preocuparse no solamente por corregir las fallas en los equipos sino también por cómo prevenirlas. Esto trajo como conclusión que las fallas de los activos podían y debían ser prevenidas, razón por la que el personal técnico en mantenimiento desarrolló el proceso de prevención de averías, lo cual condujo al concepto de lo que hoy se conoce como “mantenimiento preventivo”. En la década de los 60’s, este consistía principalmente en revisiones periódicas efectuadas a intervalos prefijados. (Niebel, 1994).

En este contexto, el costo de mantenimiento también iba en aumento respecto de otros costos operativos lo cual originó el crecimiento de sistemas para su planificación y control. Estos sistemas ayudaron a tener bajo control la gestión de mantenimiento, por lo que en la actualidad resulta ser una parte ya establecida de las prácticas de mantenimiento. Según Moubrey (2007), la cantidad de capital asociado a los activos físicos, junto con el

fuerte incremento en el costo de capital, condujo a la búsqueda de metodologías mediante las cuales se pudiera maximizar la vida útil de dichos activos físicos.

Según la figura 1.3, la tercera generación abarca desde mediados de los años 70 en donde los cambios en los procesos de las industrias fueron cada vez más frecuentes, innovadores y drásticos, y fueron consecuencia de los avances tecnológicos y de las investigaciones. Para esta época los volúmenes de producción y operaciones eran muy altos, la automatización y mecanización iban aumentando al igual que la importancia que tenían los tiempos de parada, esto debido a los costos por pérdidas de producción. En los últimos años, han ido surgiendo nuevos conceptos de mantenimiento y metodologías aplicadas para su gestión.

Para finales de los años 90, los desarrollos alcanzados en la gestión de mantenimiento incluían:

- ✓ Nuevas técnicas de mantenimiento.
- ✓ Herramientas para la toma de decisiones: estudios de riesgos y análisis de modos y causas de fallas.
- ✓ Activos físicos con mayor confiabilidad y mantenibilidad.

Actualmente, en vista a la gran cantidad de cambios que han ido apareciendo debido a nuevas tendencias tanto técnicas como psicológicas, las industrias buscan una nueva aproximación a la gestión de mantenimiento, lo cual probablemente suponga la aparición de una nueva generación.

1.2.2. Definición Tradicional de Mantenimiento

Comúnmente en las organizaciones el mantenimiento ha sido administrado para dar soluciones de manera reactiva a las averías en sus activos e instalaciones, se toma el concepto de mantenimiento de manera inapropiada y muchas veces perjudicial. El lema que se asumía era “Reducir los costos de mantenimiento”, generalmente motivado por presiones para incrementar la productividad y las utilidades. Muchas organizaciones por tanto son especialistas en “no gastar” y aplican una variedad de herramientas y técnicas enfocadas generalmente a no aumentar los costos de mantenimiento, pese al crecimiento de la cantidad de activos físicos y su complejidad.

En este contexto se han llevado a cabo una serie de decisiones inadecuadas que pueden lograr beneficios a corto plazo, pero muy raramente sostenibles a largo plazo e inclusive pueden resultar ser peligrosas. Algunos esquemas de dirección de mantenimiento han fomentado la permanencia de procesos tradicionales, aun cuando evolucionan los procesos productivos y se resisten al cambio antes que promoverlo. Es normal notar que el mantenimiento no evoluciona a la par con los requerimientos del mundo moderno de manera proactiva.

La visión comprimida que tenían muchas organizaciones al ver al mantenimiento como un mal necesario les hacía suponer que la función de este era evitar paradas y reducir los costos. Sin embargo, poco a poco iban notando que la idea era conectar el mantenimiento con los objetivos estratégicos de la organización, esto supone la implementación de un sistema de gestión de activos. Dicho sistema no debe ser orientado a ser el menos costoso sino al ser el más efectivo, para eso la administración de activos debe ser realizada de proactiva, progresiva y constructiva.

De la misma manera, en los últimos años ha sido constante la realización de una serie de esfuerzos dirigidos a lograr la reducción organizacional tales como: “aplanamiento” y “reestructuración” como parte del entorno empresarial. Gracias a la evolución de los negocios, empezaron a influir nuevos cambios importantes en las organizaciones que hizo que la percepción del papel real del mantenimiento mejore y sean incluidos también los conceptos de confiabilidad y productividad como se verá en los párrafos siguientes. Actualmente, las cabezas de las empresas exitosas reconocen que una confiable y efectiva administración del mantenimiento puede ayudarlos a mejorar su productividad y por tanto sus márgenes.

“Se puede asegurar que no existe un concepto exacto y definido de lo que realmente es la conservación industrial y menos aún de las diferencias entre las labores de conservación, preservación y mantenimiento” (Gaytan, 2000). Esto tiene como consecuencia dificultades para un estudio racional del mantenimiento y por lo tanto para su administración dando lugar a situaciones como las que siguen:

- ✓ Pérdida de esfuerzos a nivel mundial, pues en simposios, congresos, seminarios, mesas redondas, conferencias, recursos, etc., no se entienden fácilmente los conceptos que se discuten, debido a la falta de una filosofía confiable sobre el mantenimiento industrial que permita hablar "el mismo idioma".

- ✓ Diferencias conceptuales frecuentes en las empresas entre el personal de producción y el de mantenimiento, ya que mientras el primero trabaja para la elaboración del producto, el segundo lo hace por el "bienestar" de las máquinas. En otras palabras, mientras uno se preocupa por el servicio o producto que se elabora, el otro en cambio se enfoca en la preservación de las máquinas.
- ✓ Al no estar consciente el personal de mantenimiento de lo que deben ser las labores de mantenimiento contingente, sus acciones traspasan con frecuencia los límites de la conservación programada. Por tanto, se produce una elevación en los costos, no sólo por trabajos inapropiados de conservación sino también por tiempo perdido, desperdicios y repeticiones.
- ✓ Uso del mismo personal en labores de mantenimiento contingente y de mantenimiento programado (se verán las definiciones de ambos tipos de mantenimiento líneas abajo). No se toman en cuenta que las primeras exigen, ante todo, habilidad para el diagnóstico por su condición de aleatoriedad y emergencia; en cambio, las de mantenimiento programado siempre podrán adecuarse a cada programa específico.

1.2.3. Tipos de Mantenimiento

En base a lo descrito anteriormente se puede resumir el concepto de mantenimiento como una actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier tipo de activo que se utilice, sean sistemas, subsistemas, equipos, máquinas, etc., debe pasar por los trabajos de mantenimiento para que así continúen o regresen a proporcionar el servicio con la calidad esperada. El trabajo típico del mantenimiento es la búsqueda y reforzamiento de los eslabones más débiles de la cadena de servicio que forma la empresa.

El mantenimiento puede clasificarse de diversas maneras en función a su frecuencia, alcance y enfoque. Tradicionalmente el mantenimiento se clasifica en cuatro grupos: Correctivo, Preventivo, Predictivo y Detectivo, tal y como lo ilustra la figura 1.4. La explicación detallada de cada tipo de mantenimiento se encuentra en el Anexo 1.



Figura 1. 4 Tipos de Mantenimiento

Fuente: International Copper Association Latin America (2012)

1.3. Sistema Moderno de Mantenimiento

En los siguientes puntos se desarrollarán los dos métodos más efectivos para una adecuada gestión de mantenimiento: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad y el Mantenimiento Basado en Riesgos. Además se definirá a la confiabilidad y los métodos para calcularla de acuerdo a criterios establecidos.

1.3.1. Definición Moderna de Mantenimiento

Hacer mantenimiento supone estar acorde con los nuevos desarrollos tecnológicos y retos para todos los sectores. Dichos retos se asocian a la necesidad de optimizar la eficiencia

y eficacia tanto en la producción de bienes como en la prestación de los servicios, el incremento de la calidad y la preservación de las personas y su ambiente. Estas tendencias repercuten directamente sobre la gestión de mantenimiento y han originado técnicas y estrategias focalizadas no sólo en las intervenciones a los activos, sino también en una gestión integral de toda la empresa. Los nuevos desarrollos tecnológicos exigen la implementación de un Sistema de Gestión de Activos que abarque tanto las nuevas técnicas de mantenimiento como los objetivos estratégicos a nivel organizacional.

Como se mencionó en el párrafo anterior, en los últimos años han surgido nuevas técnicas de mantenimiento con el objetivo de optimizar la gestión del mantenimiento, tomando en cuenta factores técnicos y económicos. Entre las distintas técnicas empleadas, se considera que las más efectivas son las del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad y el Mantenimiento Basado en Riesgos (Martínez, 2006).

1.3.2. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) fue desarrollado en un principio por la industria de la aviación comercial de los Estados Unidos conjuntamente con entidades gubernamentales como la NASA y privadas como la Boeing (constructor de aviones). El Departamento de Defensa de los Estados Unidos ha desarrollado el MCC a partir del año 1974 como base para el mantenimiento de sus sistemas militares aéreos. El éxito del MCC en el sector de la aviación ha traído como consecuencia que otros sectores tales como industrias de manufacturas, petroleros, químicos y generación de energía se interesen en implantar esta filosofía de gestión de mantenimiento. Cada sector aplica esta filosofía adecuándola a sus necesidades de operación, en particular, a esta adecuación en el sector industrial se le conoce como MCC 2 (Améndola, 2002).

Una de las características favorables del MCC es la aplicación constante y actualizada de las nuevas tecnologías. La correcta implementación de las nuevas técnicas de mantenimiento bajo el enfoque del MCC permite optimizar los procesos y disminuir al máximo los posibles riesgos sobre la seguridad personal y el ambiente, los cuales traen consigo los fallos de los activos en un contexto operacional específico. Este método requiere la modificación de las prácticas comunes de mantenimiento preventivo.

La metodología del MCC se basa en conceptos de la confiabilidad:

- ✓ Preservación de las funciones operacionales del sistema.
- ✓ Análisis sistemático de los modos de falla que pueden llevar al sistema a dejar cumplir con las funciones operativas.
- ✓ Aplicación de la técnica de Análisis de los Modos de Falla y Efectos (AMFE) y del Árbol Lógico de Decisiones.
- ✓ Análisis de las consecuencias de las fallas.
- ✓ Definición de los tipos de intervenciones de mantenimiento más eficaces.
- ✓ Selección de acciones para la eliminación o disminución de las fallas y sus consecuencias.

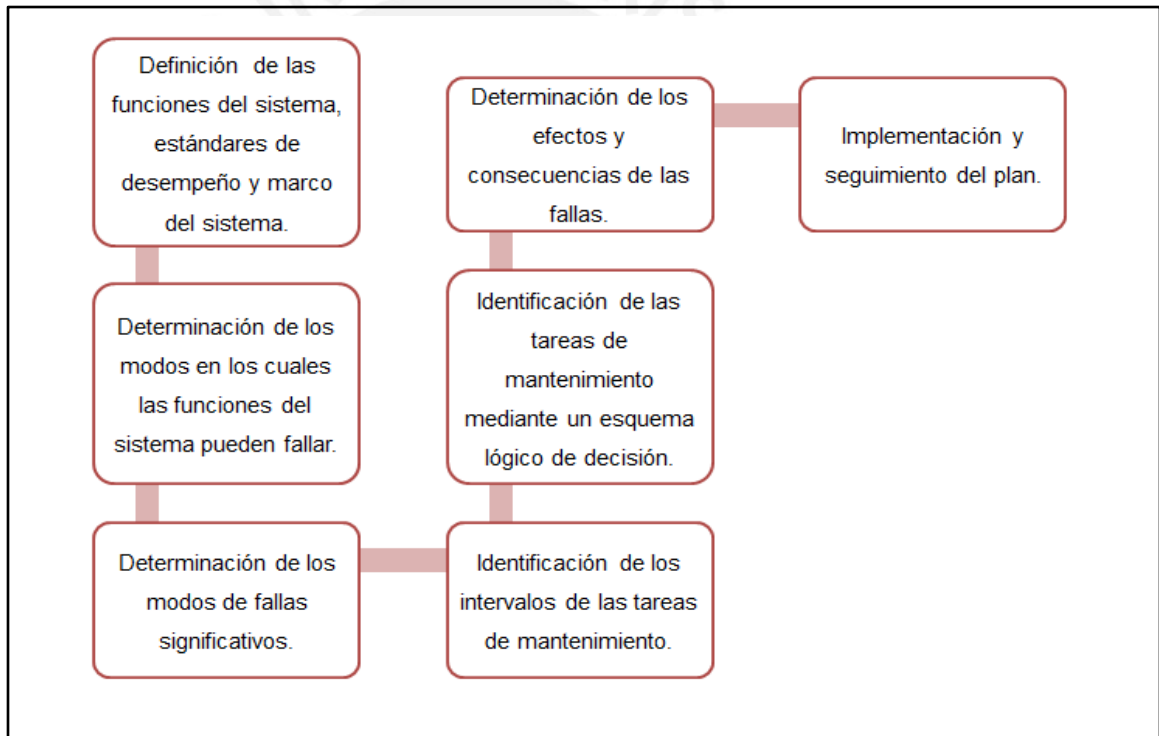


Figura 1. 5 Secuencia General a Desarrollar en la Aplicación de la Metodología MCC

Elaboración Propia

El MCC debe tener como principales componentes a los diversos tipos de mantenimiento y análisis aplicables a cada caso, como lo muestra la figura 1.6.

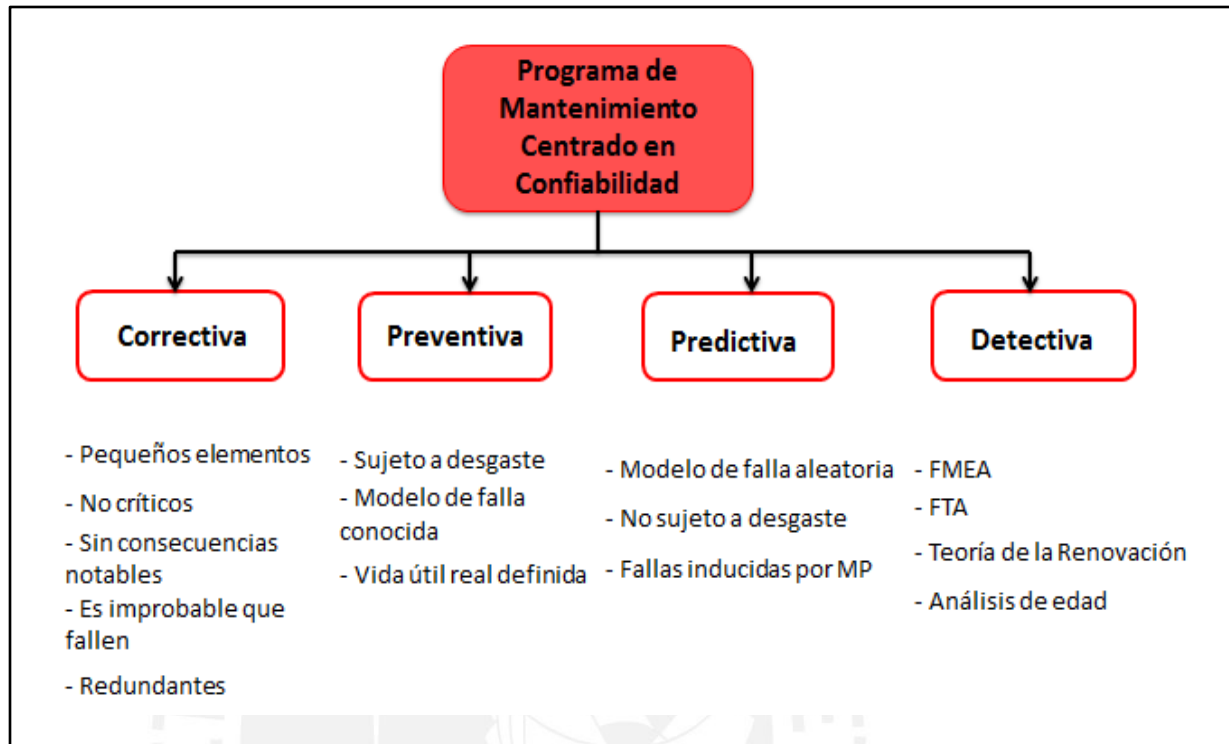


Figura 1. 6 Principales Componentes de un MCC

Fuente: International Copper Association Latin America (2012)

*FMEA: Análisis de los Modos de Falla y sus Efectos

*FTA: Análisis de Árboles de Falla

- Concepto de Confiabilidad

El concepto más conocido para definir la confiabilidad es: “La probabilidad de que un equipo o sistema opere sin fallas por un determinado periodo de tiempo, bajo algunas condiciones de operación previamente establecidas” (Pérez, 2007). El concepto de confiabilidad en la gestión de activos físicos no sólo abarca funciones del área de mantenimiento, sino más bien es un concepto integrador que incluye funciones de las distintas áreas de la empresa. Las mejoras en la confiabilidad permiten aumentar la productividad de los activos, optimizar los costos y reducir los riesgos; es decir, dicha mejora ofrece la oportunidad de aumentar las utilidades. Las empresas deberían incluir

una estrategia global de mejoramiento de la confiabilidad entre sus estrategias de aumento de utilidades.

Un concepto más técnico de confiabilidad es el que se relaciona con la tasa de fallos. La confiabilidad de un componente en el instante t , $R(t)$, se define como la probabilidad de que ese componente no falle en el intervalo $(0,t)$; ya que era nuevo o casi nuevo, según se haya determinado previamente, en el instante $t=0$. Un componente presenta distintos tipos de confiabilidad asociadas a distintas funciones. Como se mencionó anteriormente, la confiabilidad se relaciona con la tasa de fallos o cantidad de fallas y con el tiempo medio de operación. A medida que aumente el número de fallas de un activo físico o a medida que el tiempo de operación del mismo disminuya, la confiabilidad de dicho activo será menor (Reyes, 1996).

- Tasas de Fallos

La tasa de fallos $Z(t)$ o $\lambda(t)$ se define como la probabilidad de que se produzca una falla del sistema o componente en el intervalo de tiempo $(t, t+dt)$. Las fallas se miden por unidad de tiempo (t) . Matemáticamente se puede definir la tasa de fallo en un intervalo (t_1, t_2) de la siguiente manera:

$$Z(t) = \frac{R(t_1) - R(t_2)}{R(t_1) \times (t_2 - t_1)}$$

También se puede definir una tasa de fallo instantáneo:

$$Z(t) = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{R(t) \times (t + \Delta t)} = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Además, se define la tasa de fallos como el número de fallas por unidad de tiempo en el instante t por el número de componentes:

$$Z(t) = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{n(t) - n(t + \Delta t)}{n(t) \times (t + \Delta t)}$$

Donde:

$n(t)$: Número de fallas en el tiempo t

- **Cálculos de Confiabilidad**

Existen varios métodos para calcular la confiabilidad de activos físicos, sin embargo, se pueden establecer funciones que la relacionen directamente con los costos y con su ciclo de vida. Así, se tienen los siguientes criterios:

✓ **En función al uso de máquinas y equipos:**

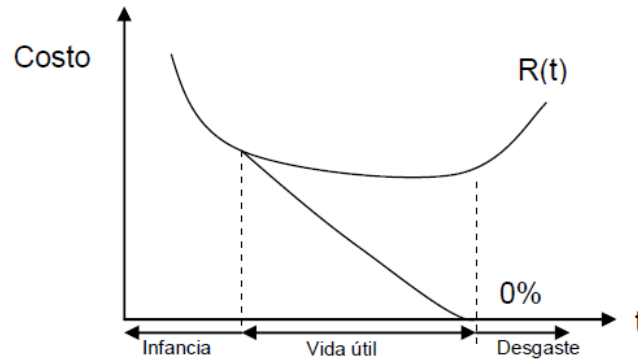


Figura 1. 7 Curva de Desgaste vs Costos

Fuente: Reyes (1996)

Interpretación: En la etapa de Infancia la confiabilidad, $R(t)$, disminuye a medida que pasa el tiempo, esta se mantiene casi constante con una disminución menor de los costos en la etapa de Vida Útil. Sin embargo, la confiabilidad aumenta conforme pasa el tiempo en la etapa de Desgaste.

✓ **En función a los costos de producción y mantenimiento:**

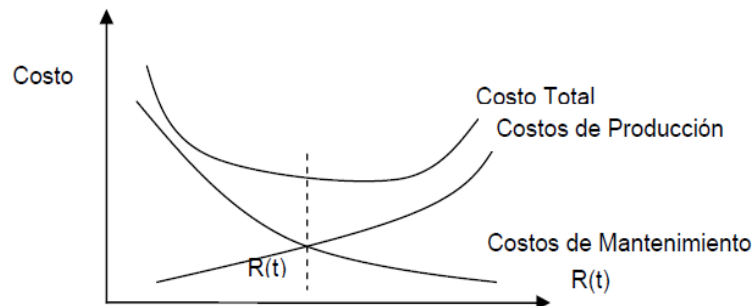


Figura 1. 8 Curva de Confiabilidad vs Costos de mantenimiento

Fuente: Reyes (1996)

Interpretación: A medida que la confiabilidad varía respecto del tiempo, los costos de mantenimiento disminuyen mientras que los de producción aumentan.

✓ **En función de la Supervivencia:**

Se refiere a las partes mecánicas que sobreviven en el tiempo, sigue la siguiente relación:

$$R(t) = \frac{S(t)}{S(0)}$$

Donde:

$S(t)$: Número de partes vivan que quedan luego de un tiempo t .

$S(0)$: Número de partes que entran al sistema en el tiempo $t=0$.

$N(t)$: Número de partes falladas durante el tiempo t .

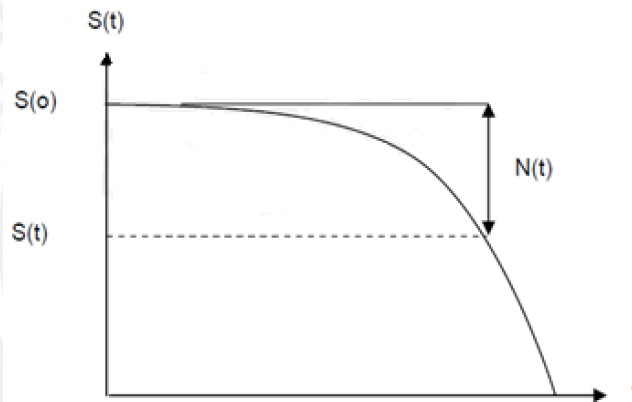


Figura 1. 9 Curva de Supervivencia

Fuente: Reyes (1996)

Interpretación: La cantidad de partes mecánicas van disminuyendo a medida que pasa en tiempo.

✓ **En función a Probabilidad de Falla:**

$$F(t) = \frac{S(0) - S(t)}{S(0)} = \frac{N(t)}{S(0)}$$

Se sabe: $R(t) = \frac{S(t)}{S(0)}$ entonces: $R(t) = 1 - F(t)$, o también: $R(t) = 1 - \frac{N(t)}{S(0)}$

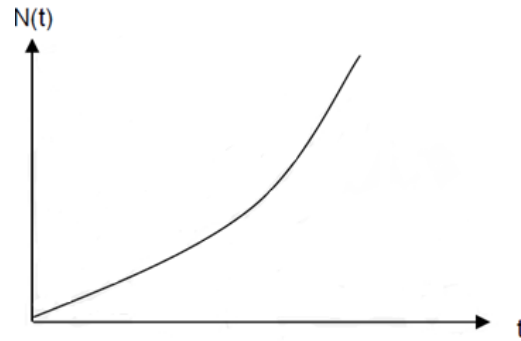


Figura 1. 10 Curva de la Mortalidad

Fuente: Reyes (1996)

Interpretación: El número de partes falladas, $N(t)$, aumenta conforme transcurre el tiempo. En el $t=0$ se supone que $N(t)$ es cero.

✓ **En función a la Tasa de Fallos ($Z(t)$):**

Relación entre la velocidad de falla, $V(t)$, con respecto a la cantidad de partes sobrevivientes después de un tiempo t .

$$Z(t) = \frac{V(t)}{S(t)}$$

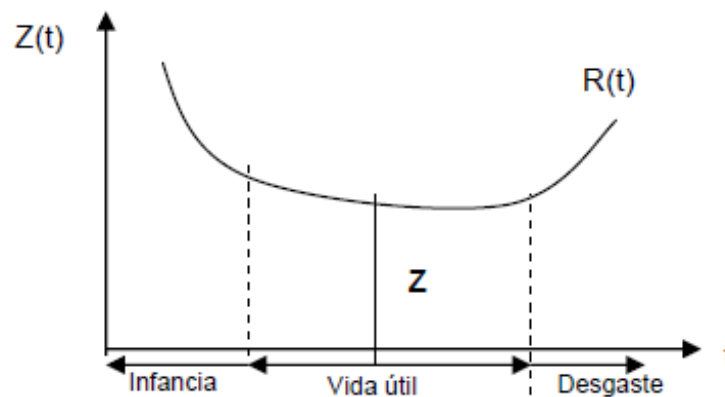


Figura 1. 11 Curva de Tasa de Fallos

Fuente: Reyes (1996)

Interpretación: En la etapa de Infancia la velocidad de falla disminuye con una razón mayor a la que disminuye la supervivencia, lo cual implica que la confiabilidad disminuya.

En la etapa de Vida Útil la confiabilidad se mantiene casi constante con una pequeña disminución en la velocidad de falla. En la etapa de desgaste la confiabilidad aumenta.

1.3.3. Mantenimiento Basado en Riesgos

El Mantenimiento Basado en Riesgo o Inspección Basada en Riesgo (IBR) es una metodología que emplea principios de análisis de riesgo para la gestión de los programas de inspección y mantenimiento de activos, tomando en cuenta las probabilidades de ocurrencia de fallas y sus consecuencias. La aplicación de esta metodología fue desarrollada en un principio en las industrias petroquímicas y de energía nuclear. Propone realizar un análisis de riesgo global de los sistemas y de los componentes involucrados, mediante la aplicación de los planes de inspección y mantenimiento diferenciados para cada sistema (Martínez, 2006).

El factor riesgo, probabilidad de que suceda un evento y las consecuencias del mismo, es un elemento inherente en todos los procesos (Andrews y Moss, 1993). Por tanto, se afirma que no hay procesos sin riesgo, sin embargo, se puede intervenir en éstos con el fin de mantenerlos en niveles donde la frecuencia de ocurrencia de sucesos y sus consecuencias sean mínimas o aceptables. Para lograr la reducción del riesgo global es necesaria la aplicación de planes de inspección y mantenimiento diferenciados para cada componente. La efectividad de dichos planes aumenta con un relevamiento cada vez más preciso de los riesgos individuales de cada componente.

La realización de análisis de riesgos a través de la recolección de información concerniente a probabilidades y consecuencias de ocurrencia de un evento, se lleva a cabo con la finalidad de priorizar las acciones de mantenimiento y definir las tareas a efectuarse. Se intensifican los gastos de las tareas de mantenimiento en donde el riesgo es alto y se disminuye donde el riesgo es bajo (Andrews y Moss, 1993). Para un correcto análisis de riesgo es necesario identificar con claridad el sistema en estudio e identificar todos los posibles riesgos que puedan presentarse en cada uno de los componentes. Para esto, se recurre a determinar los datos cuantitativos basados en los registros y experiencia acumulada, diagramas de flujo y análisis de escenarios. Además de esto, se efectúa una conceptualización de amenazas en la que se indica en qué consiste la

amenaza o factor de riesgo, las probables causas, recopilación de antecedentes y criterios de evaluación (Kletz, 1986).

En conclusión, el riesgo puede ser controlado mediante la inspección, esto significa que la IBR permite desarrollar planes de inspección que enfocan su atención en los activos físicos de alto riesgo, sin descuidar a los de menor riesgo. Así mismo, la contribución de cada componente es evaluada al nivel de riesgo global de la empresa. Dependiendo de la información de riesgos y los datos disponibles, el análisis de riesgos puede ser cualitativo, cuantitativo o una combinación de ambos. En la práctica, normalmente se emplea primero el análisis cualitativo para obtener una indicación general del nivel de riesgo. Luego, se lleva a cabo un análisis cuantitativo más específico (AS/NZS 4360, 2004). A continuación se desarrollará brevemente los tipos de análisis de riesgos mencionados:

✓ **Análisis Cualitativo**

Este tipo de análisis emplea escalas descriptivas para definir la magnitud de las consecuencias potenciales y la probabilidad de que éstas ocurran. Las siguientes tablas han sido propuestas por la Norma de Gestión de Riesgos de la Australia and Zealand Standards 4360:2004, Risk Management y muestran algunos ejemplos de escalas simples cualitativas o descriptivas para probabilidades y consecuencias:

Tabla 1. 1 Medidas Cualitativas de Impacto

Nivel	Descriptor
1	Insignificante
2	Menor
3	Moderado
4	Mayor
5	Catastrófico

Fuente: Australia and Zealand Standards 4360 (2004)

Tabla 1. 2 Medidas Cualitativas de Probabilidad

Nivel	Descriptor
A	Casi certeza
B	Probable
C	Moderado
D	Improbable
E	Raro

Fuente: Australia and Zealand Standards 4360 (2004)

✓ Análisis Cuantitativo

Este tipo de análisis utiliza valores numéricos para las consecuencias y probabilidades en vez de las escalas descriptivas. La calidad del análisis depende de la precisión de los valores numéricos utilizados. Las consecuencias pueden ser estimadas mediante el modelamiento de los resultados de un evento o extrapolando a partir de estudios experimentales o datos pasados. La probabilidad normalmente se expresa como una probabilidad propiamente, una frecuencia, o una combinación de exposición y probabilidad (AS/NZS 4360, 2004).

✓ La Matriz de Riesgo

Esta matriz se elabora a partir de dos variables anteriormente descritas: probabilidad de ocurrencia de una falla y severidad de sus consecuencias, con la finalidad de asignar prioridades y orientar las actividades de mantenimiento a realizar sobre cada sistema y los componentes involucrados. La siguiente tabla muestra un ejemplo de matriz de riesgo propuesta por la AS/ NZS 4360: 2004, en la cual los riesgos están asignados a clases de prioridades mediante la combinación de su probabilidad y consecuencia:

Tabla 1. 3 Ejemplo de Matriz de Análisis de Riesgo

		Consecuencias				
		1 (Insignificante)	2 (Menor)	3 (Moderado)	4 (Mayor)	5 (Catastrófico)
Probabilidad	A (Casi certeza)	H	H	E	E	E
	B (Probable)	M	H	H	E	E
	C (Moderado)	L	M	H	E	E
	D (Improbable)	L	L	M	H	E
	E (Raro)	L	L	M	H	H

Fuente: Australia and Zealand Standards 4360 (2004)

Donde:

E: Riesgo Extremo, requiere atención inmediata (Grado I)

H: Riesgo Alto, necesita atención de la alta gerencia (Grado II)

M: Riesgo Moderado, debe especificarse responsabilidad gerencial (Grado III)

L: Riesgo Bajo, administrar mediante procedimientos de rutina (Grado IV)

El nivel de riesgo es determinado de según la ecuación siguiente:

$$\text{Riesgo} = \text{Frecuencia de Falla} \times \text{Consecuencia}$$

1.3.4. Comparación entre el Sistema Moderno y el Tradicional

A continuación se realizará una comparación entre el mantenimiento moderno y el tradicional, además de responder preguntas relevantes para comprender mejor los conceptos de ambos mantenimientos en base a esta comparación.

¿Qué es Mantenimiento?

Tradicional	Moderno
Es únicamente para preservar el activo físico.	Es para preservar la función de los activos físicos.
El mantenimiento rutinario es para prevenir las fallas.	El mantenimiento rutinario es para evitar, reducir o eliminar las consecuencias de las fallas.
Los incidentes o accidentes que involucran fallas múltiples son usualmente producto de una “mala suerte” en la operación.	En su gran mayoría, las múltiples fallas son variables controlables, sobre todo en los sistemas de protección.

<p>El objetivo principal es optimizar la disponibilidad de la planta al mínimo costo posible.</p>	<p>El mantenimiento involucra todos los ámbitos del negocio: riesgo, seguridad, eficiencia energética, medio ambiente, calidad del producto o servicio al cliente, no únicamente la planta.</p>
---	---

¿Cómo se realizan los Planes de Mantenimiento?

Tradicional	Moderno
<p>Los planes de mantenimiento son establecidos por los gerentes y desarrollados por especialistas calificados.</p>	<p>Los planes de mantenimiento son establecidos por las personas más involucradas y conocedoras de las funciones reales de los activos físicos. El rol gerencial es proveer las herramientas necesarias para cumplir las tareas.</p>
<p>El desarrollo exitoso y duradero de un plan de mantenimiento es efectuado exclusivamente por el área de mantenimiento.</p>	<p>Un exitoso y duradero plan de mantenimiento es desarrollado por los usuarios y operarios trabajando en conjunto.</p>
<p>El plan de mantenimiento sigue las recomendaciones de los fabricantes de los activos físicos.</p>	<p>Los fabricantes, si bien sirven de referencia para la elaboración de un plan de mantenimiento, no son indispensables.</p>
<p>Las políticas genéricas de mantenimiento son desarrolladas para casi todos los activos físicos.</p>	<p>Las políticas genéricas de mantenimiento se desarrollan sólo para aquellos tipos de activos físicos, cuyo contexto operacional, funciones y estándares de desempeño deseado sean idénticos.</p>

<p>En todas las situaciones que se presentaban es posible encontrar una rápida solución a los problemas de efectividad del mantenimiento.</p>	<p>Los problemas de mantenimiento se resuelven mejor en dos fases: Cambio en la mentalidad de las personas y lograr que ellas mismas apliquen los nuevos conceptos técnicos y de procesos.</p>
<p>Existen tres tipos de mantenimiento: predictivo, preventivo y correctivo.</p>	<p>Existen cuatro tipos de mantenimiento: predictivo, preventivo, correctivo y detectivo.</p>

¿Cómo se puede mejorar la Confiabilidad de un Activo Físico?

Tradicional	Moderno
<p>La probabilidad de falla de un activo físico aumenta a medida que transcurre el tiempo de uso.</p>	<p>La utilización de los activos físicos no se relaciona causalmente con la probabilidad de falla de los mismos.</p>
<p>El reemplazo general u overhaul es más barato y efectivo que el mantenimiento basado en el monitoreo de condiciones, siempre y cuando ambos sean técnicamente posibles.</p>	<p>El mantenimiento basado en el monitoreo de condiciones es más económico y efectivo a lo largo de la vida del activo físico que el overhaul.</p>
<p>Para mejorar la confiabilidad de un activo de una manera rápida y segura se debe actualizar el diseño del mismo.</p>	<p>Para mejorar la confiabilidad de un activo se debe modificar la manera en que este es operado y mantenido.</p>

CAPÍTULO II: PROPUESTA METODOLÓGICA

PASOS PARA UNA ADECUADA GESTIÓN DE ACTIVOS FÍSICOS

Según la International Copper Association Latin America (2012), mediante un sistema de gestión se logra saber qué acciones en los activos agregan mayor valor económico a las empresas, aumentan la confiabilidad, disminuyen el riesgo y mejoran la calidad del servicio. Además, permite conocer el ciclo de vida de los activos y los costos (directos o indirectos) en el tiempo, lo cual facilita la toma de decisiones acertadas en el momento que se requieran.

Actualmente, se tiene como base a la especificación británica PAS-55 (Publicly Available Specification number 55) de la British Standards Institution, elaborada en el 2004. Esta especificación establece criterios para una adecuada gestión de activos con altos niveles de visibilidad operacional. La estructura propuesta por la PAS-55 toma como base a los siguientes puntos:

- ✓ Requisitos generales
- ✓ Política de gestión de activos
- ✓ Planes, objetivos y estrategias
- ✓ Controles y facilitadores
- ✓ Implementación de planes de gestión en las actividades de todo el ciclo de vida
- ✓ Evaluación y mejora del desempeño
- ✓ Análisis crítico mediante la revisión del proceso de gestión de activos

La International Copper Association Latin America elaboró una guía como referencia para la aplicación de un sistema de gestión de activos, la cual consta básicamente de 6 pasos:

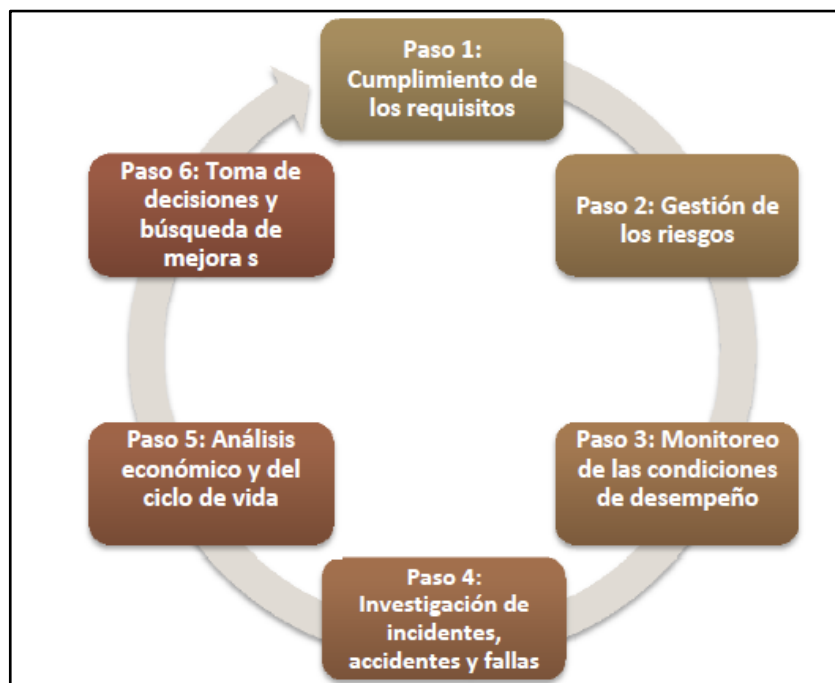


Figura 2. 1 Pasos para la Implementación de Gestión de Activos

Fuente: International Copper Association Latin America (2012)

Los temas que se tratarán en los siguientes puntos permitirán aclarar tres preguntas fundamentales en un sistema de gestión de activos físicos: ¿Cómo identificar el momento adecuado para sustituir un activo crítico?, ¿Cómo evaluar los riesgos del mantenimiento de un activo al final de su vida útil? y ¿Cómo analizar el ciclo de vida de un equipo crítico?

2.1. Requisitos Generales para una Gestión de Activos

Para poder iniciar el proceso de una Gestión de Activos, la empresa debe establecer el alcance de este sistema y su ámbito de aplicación dentro de la organización. Se delega un equipo para dirigir el proceso mediante tareas específicas. En un sistema clásico de gestión de activos, el equipo se divide en tres bloques: **propietarios de los activos** quienes definen los objetivos corporativos mediante indicadores financieros, técnicos y de riesgos, **gestores de los activos** quienes aplican los establecimientos en una

planificación de activos, y **prestadores de servicios** quienes ejecutan el proyecto y brindan resultados (Copper Association Latin America, 2012).

El equipo de trabajo debe cumplir básicamente las siguientes tareas y mostrar los siguientes resultados:

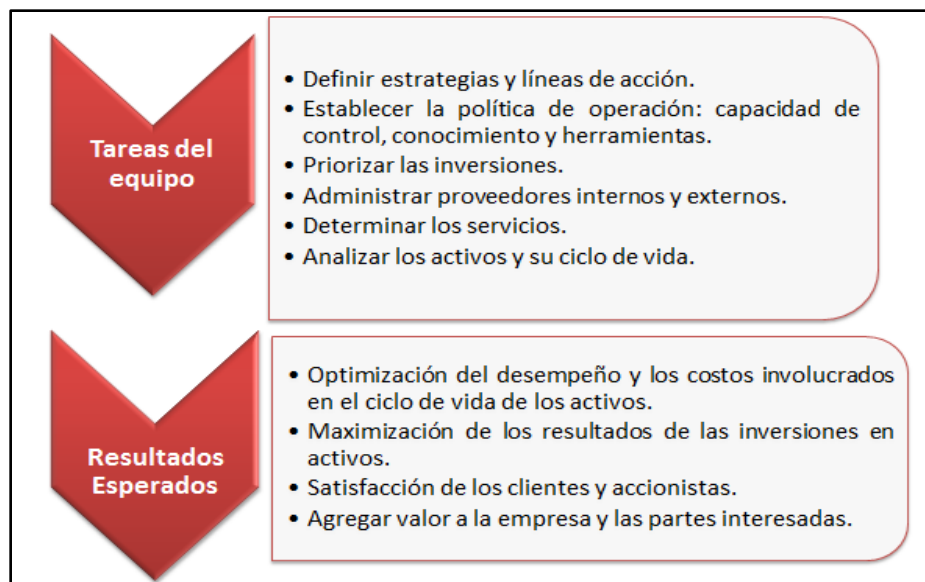


Figura 2. 2 Resumen de las Tareas y Resultados Esperados de la Gestión de Activos

Elaboración Propia

Según PAS 55, la política de gestión de activos debe:

- ✓ Ser derivada y consistente con el plan estratégico organizacional, es decir, establecer el valor estratégico de los activos y cómo se encuadran en la misión y objetivos de la organización.
- ✓ Ser derivada a la naturaleza y escala de los activos de la organización y las operaciones.
- ✓ Ser coherente con otras políticas de organización.
- ✓ Ser coherente con la gestión de riesgo general de la organización, es decir, orientar cómo se deben tomar las decisiones.
- ✓ Proporcionar una estructura que permita el desarrollo e implementación de la estrategia, los objetivos y los planes de gestión de activos.
- ✓ Comprometerse con el cumplimiento de las leyes, reglamentos y normas de la organización.

- ✓ Expresar claramente los principios que deben aplicarse, como el enfoque de la organización con respecto a la salud y la seguridad de sus empleados, el medio ambiente y el desarrollo sostenible.
- ✓ Incluir un compromiso de mejora continua de la gestión de activos y del desempeño de la misma.
- ✓ Estar documentada, ponerse en práctica y ser mantenida.
- ✓ Comunicarse a todos los interesados, incluidos los prestadores de servicios contratados, cuando sea necesario que estas personas estén informadas de sus obligaciones con relación a la política de gestión de activos de la organización.
- ✓ Ser revisada periódicamente para asegurarse de que continúe siendo relevante y coherente con la organización y con el plan estratégico.

La empresa debe establecer su plan de gestión de activos tomando en cuenta que sus activos pasarán por las siguientes cuatro actividades durante todo su ciclo de vida: adquisición, creación o renovación, uso, mantenimiento y eliminación o enajenación. La primera actividad incluye la concepción, especificación, proyecto, modificación, suministro, construcción y comisionamiento. La tercera actividad incluye la inspección, monitoreo de las condiciones, pruebas funcionales y reparación. El reemplazo de los activos individuales se considera como el mantenimiento de los sistemas activos.

Cabe mencionar que el plan de gestión de activos puede elaborarse para activos individuales, grupos de activos, sistemas aislados o para sistemas de gestión global. Sin embargo, es de suma importancia que los planes estén vinculados y sean coherentes con la estrategia de gestión y que se orienten al logro de los objetivos o directrices establecidos. Además, se debe desarrollar un plan de contingencias para los activos críticos con el fin de brindar soluciones en casos catastróficos o de gran impacto. Este plan debe proporcionar respuestas para las posibles fallas de los activos críticos, también debe ser capaz de reemplazar rápidamente el activo por otro de reserva.

2.1.1. Definición de Facilitadores y Controles de la Gestión de Activos

La gestión de activos debe ser estructurada de manera tal que establezca funciones y tareas, determinando quiénes son los facilitadores de los planes, cuáles son sus roles y responsabilidades. Los facilitadores son especialistas en la gestión para la

implementación de soluciones. Los equipos y los involucrados en el proceso deben ser calificados y entrenados según sus funciones y niveles de conocimiento requeridos. Esto incluye también al personal contratado que participe en el proceso de gestión de activos y a los prestadores de servicios. La organización debe asegurarse de que la información relevante para la gestión se almacene y mantenga de forma organizada y sea comunicada eficientemente a los empleados, accionistas y a todos los involucrados en general.

El sistema requiere de una base de datos con información detallada y confiable, esto facilitará la actualización de la documentación y garantizará que el sistema sea claro y entendido por todos los involucrados. La información básica para la gestión de activos debe contener imágenes, mapas, información alfanumérica (base de datos de los activos) y un sistema de información geográfica (ubicación física y características locales de los activos). Cuando se habla de controladores de la gestión de activos se refiere a los procedimientos que se deben establecer para “controlar” la calidad de la información y estos deben asegurar que:

- ✓ Toda la información sea adecuada y aprobada por las personas encargadas antes de que sea utilizada.
- ✓ La información debe ser revisada periódicamente, lo cual supone control de versiones con el objetivo de que esta sea mantenida.
- ✓ Las funciones y responsabilidades con relación a la conservación, mantenimiento y eliminación de elementos estén bien definidas.
- ✓ La información anticuada u obsoleta se retire lo más pronto posible evitando su uso inadecuado.
- ✓ La información relacionada con temas legales sean identificadas claramente, controladas y archivadas.
- ✓ La información será segura, confiable y mantenida en formato electrónico. Se debe contar con una copia de seguridad actualizada que pueda recuperarse en cualquier momento.

2.1.2. Definición de Activos Críticos y No Críticos

Un activo físico es un bien o un recurso que posee un valor objetivo, “es de utilidad e importancia, está en posesión o es de propiedad directa o indirecta, es administrado y explotado para contribuir con el logro de los objetivos de una empresa” (International Copper Association Latin America, 2012). Para determinar si un activo es crítico o no, se debe considerar el grado de importancia de este elemento en la operación y las consecuencias de su ausencia o falla. En algunos casos, el mismo activo puede ser crítico o no, dependiendo de su aplicación y las condiciones de sustitución por un back up en caso de falla.

El hecho de que un activo sea o no considerado como crítico es directamente proporcional a la función que este posee en el negocio. Entonces, algunos activos pueden ser definidos como críticos en algunas empresas y como no críticos en otras. Para el caso de la gestión de activos, el definir claramente qué activos son críticos y cuáles no lo son es fundamental, debido a que a los primeros merecen un monitoreo más intenso y específico. Cabe resaltar que la importancia del monitoreo y seguimiento que se realiza a los activos críticos y no críticos no sólo es de manera individual, sino también grupalmente.

Las fallas de uno o varios activos pueden tener consecuencias significantes sobre la economía, reputación, seguridad o el medio ambiente. En el caso específico de terminales portuarias, la falla de un activo en las grúas ha ocasionado fatalidades tanto en los operarios como en el personal a cargo del turno de trabajo (APM Terminals Callao, 2014). Sin embargo, no todos los activos representan los mismos riesgos, y por tanto, no todos implican el mismo grado de atención. Es por tal motivo, que todos los activos involucrados en una operación deben ser clasificados como críticos o no críticos, aquellos que son similares y de un mismo grupo deben estar sujetos a la misma estrategia de gestión de activos.

2.2. Análisis de Riesgos y sus Impactos

El análisis de riesgos es un factor de suma importancia para la gestión proactiva de los activos. El principal fin es entender la causa, el efecto y la probabilidad de eventos adversos para administrar de manera óptima los riesgos y reducirlos a un nivel aceptable. En los siguientes puntos se tratará la metodología sugerida para la gestión de riesgos y el análisis económico de la gestión de activos.

2.2.1. Metodología para la Gestión de Riesgos

En la siguiente figura se presentará un método sistemático que evalúa y controla los riesgos de los activos y que permite cumplir con los requisitos de la administración de estos en la gestión de activos los cuales ya fueron mencionados.



Figura 2. 3 Metodología para la Gestión de Riesgos de los Activos

Fuente: International Copper Association Latin America (2012)

Para poder determinar las acciones a tomar según el nivel de riesgo de cada activo se empleará la Matriz de Análisis de Riesgo presentada en el punto 1.3.3 (Mantenimiento Basado en Riesgos). En la siguiente tabla se muestran los resultados que se obtienen en la matriz:

Tabla 2. 1 Clasificación de Riesgos, Condiciones y Acciones recomendadas

Grado de Riesgo	Categoría	Condición	Acciones
I	Crítico	No aceptable	Comprobar si existe alguna estrategia o tarea de mantenimiento para evitar accidentes o reducir el riesgo al grado III. De lo contrario, debe ser mitigado con proyectos/acciones dentro de los próximos 6 meses.
II	Grave	Indeseable	Verificar si hay una estrategia para evitar la falla o reducir el riesgo al grado III. De lo contrario, el riesgo debe mitigarse con proyectos o acciones dentro de los próximos 12 meses.
III	Moderado	Aceptable con controles	Comprobar tareas o estrategias de mantenimiento para evitar la falla. De lo contrario, deben establecerse procedimientos o controles.
IV	Menor	Aceptable con avisos	La señalización y las advertencias son algunas de las medidas necesarias. Verificar si existe una estrategia o medida de mantenimiento para evitar la falla que sea económicamente viable.

Fuente: International Copper Association Latin America (2012)

2.2.2. Análisis Económico de la Gestión de Activos

Según Pintelón (1997), los costos de reparación y mantenimiento aumentan con el paso de los años. Esto se puede esquematizar mediante la Curva de la Bañera que representa de manera general las fases de vida de un activo físico lo cual supone la representación de la tasa de fallos respecto al tiempo como se aprecia en la figura 2.4. Cabe resaltar que

esta es una gráfica teórica que las empresas con gestión de activos pueden reelaborar mediante el estudio del comportamiento de sus activos y así obtener un mayor grado de acierto.

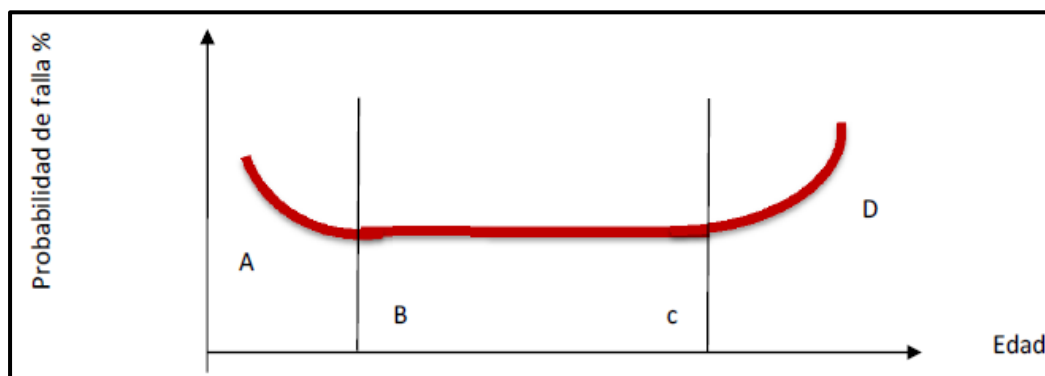


Figura 2. 4 Curva de la Bañera

Fuente: International Copper Association Latin America (2012)

En la figura 2.4 se pueden distinguir claramente tres zonas:

- ✓ Fallas iniciales o etapa de mortalidad infantil (Tasa decrece – Zona AB).
- ✓ Fallas normales o etapa de vida útil (Tasa constante – Zona BC).
- ✓ Fallas de desgaste o etapa de desgaste (Tasa aumenta – Zona CD).

Los costos de reparación y mantenimiento en la Zona AB pueden incrementar de 0 a 50%, en la Zona BC puede aumentar de 80 a 100% y en la última zona de 100 a 180%. Es por ello que entre la Zona BC y en el mejor de los casos en el punto B, se debe considerar la renovación del activo, sustituyéndolo o remodelándolo (Pintelón, 1997).

La figura 2.5 que se presenta a continuación muestra que una mayor inversión en mantenimiento preventivo reduce los costos resultantes de fallas y, por tanto reduce el costo total de mantenimiento que supone los costos de mantenimiento preventivo más los costos resultantes de las fallas. Sin embargo, la figura también muestra que a partir del punto óptimo de inversión en mantenimiento preventivo, más inversiones generan pocos beneficios a la reducción de los costos de las fallas y terminan incrementando el costo total. Por tanto, a partir de ese punto se determinan otras estrategias en relación con la renovación del activo físico (Marcorin, 2004).

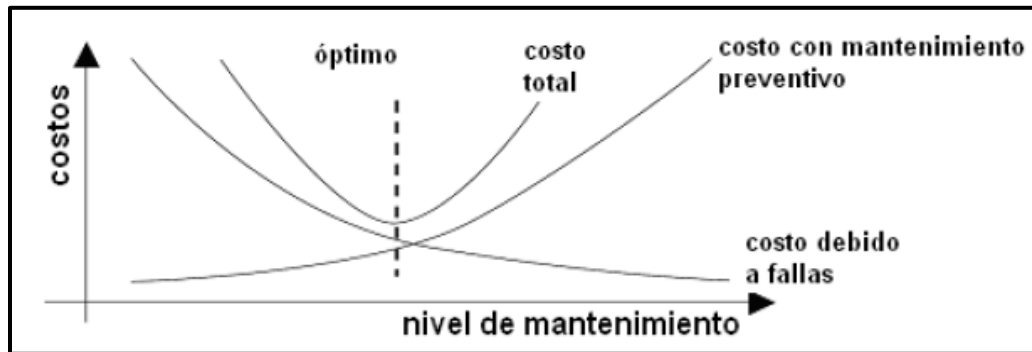


Figura 2. 5 Análisis del Nivel de Mantenimiento y de los Costos

Fuente: Marcorin (2004)

Para lograr el 100% de disponibilidad de los activos, es decir cero fallas, se requiere aumentar las inversiones en mantenimiento, lo cual conlleva a una reducción consecuente en los beneficios operativos. El desafío de la gestión de activos consiste en encontrar el punto óptimo de disponibilidad, donde el costo de mantenimiento proporcione un nivel de disponibilidad capaz de generar el máximo beneficio para la empresa. Esto debido a que el mantenimiento debe garantizar la productividad y rentabilidad de la empresa con el menor costo operativo posible. La siguiente figura ilustra la relación que hay entre la disponibilidad y el costo:

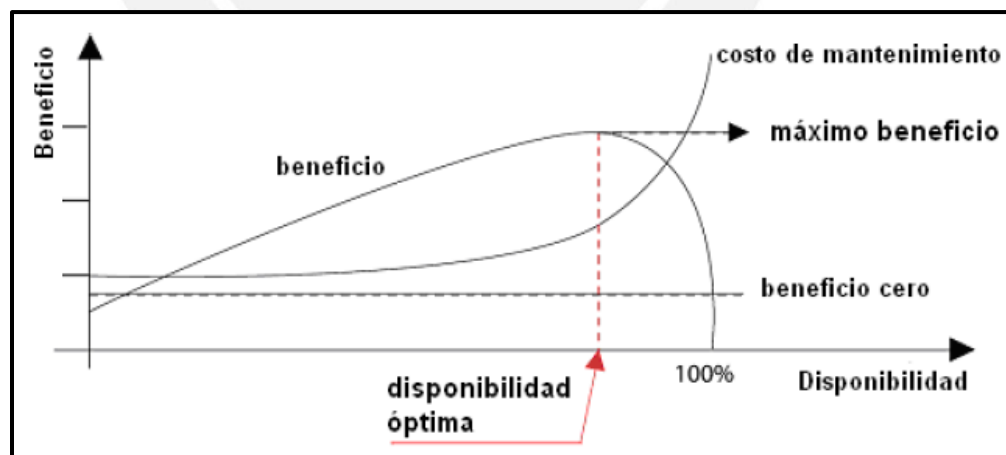


Figura 2. 6 Disponibilidad Óptima y Uso de Activos

Fuente: Marcorin (2004)

2.3. Supervisión de las Condiciones y Desempeño de los Activos Críticos

En este punto se explicará el ciclo de vida de los activos por etapas y los indicadores de funcionamiento que estos tienen en cada una de ellas para medir su desempeño, así como también la diferencia entre vida económica y vida útil de un activo.

2.3.1. Ciclo de Vida de los Activos

El ciclo de vida completo de un activo físico es el siguiente (Burle, 2012):



Figura 2. 7 Ciclo de Vida Completo de los Activos Físicos

Elaboración Propia

- ✓ **Planificación:** Se enfoca en la integración de los objetivos de la organización con los planes de gestión de activos. Debe ser estratégica, lo cual implica decisiones programadas previamente sobre lo que debe hacerse en la organización a largo plazo y requiere una base sólida de información. Además, debe considerar la información operativa y el monitoreo de los activos físicos para prever su renovación o sustitución antes de que ocurra una falla.
- ✓ **Especificación:** Esta etapa incluye la investigación y aplicación de nuevas tecnologías en la adquisición o renovación de activos críticos. Las especificaciones deben revisarse periódicamente a partir de la información del desempeño de los activos en operación buscando aquellos que tengan menor costo total de propiedad (Total Cost of Ownership). Las especificaciones deben considerar las normas y estándares de la organización.
- ✓ **Adquisición:** La compra de activos se realiza en base a las especificaciones establecidas en la primera y segunda etapa. Esta etapa incluye gestiones de contrato de construcción y/o instalación del activo, así como también de garantía total.

- ✓ Puesta en marcha y Utilización: Esta etapa empieza cuando el gestor o contratista finaliza la implementación o adquisición del activo y éste está totalmente listo para su uso. Finaliza cuando el activo se pone en operación comercial y se establecen los mantenimientos preventivos y correctivos.
- ✓ Operación y Mantenimiento: En esta etapa se espera que el activo físico desempeñe su función según los conceptos establecidos en las etapas de planificación y especificaciones, alcanzando los niveles de calidad y confiabilidad determinados. Es en esta etapa donde se puede notar con claridad el efecto de una correcta gestión de activos, ya que de ser el caso habrá una extensión de la expectativa de vida, reducción de costos totales del ciclo de vida y la garantía de disponibilidad y confiabilidad del activo. Es recomendable establecer indicadores de desempeño para que el equipo de gestión cuente con la información necesaria para la toma de decisiones.

Entre los principales indicadores de funcionamiento se tienen a los siguientes:

a) Indicador de Disponibilidad =
$$\frac{\text{Número de horas en funcionamiento}}{\text{Número de horas de existencia}}$$

b) Tasa de Fallas =
$$\frac{\text{Número de fallas}}{(\text{Tiempo de existencia}) * (\text{Número de Equipos})}$$

c) Tiempo medio entre fallas (MTBF) =
$$\frac{1}{\text{Tasa de Fallas}}$$

d) Gravedad de la falla (0 a 10)

e) Vida útil restante = Vida útil – Edad actual del activo – Estimación de pérdida por falla

f) Tiempo medio entre reparaciones o mantenibilidad

- ✓ Descarte y/o sustitución: En esta etapa se realiza un análisis de la viabilidad de las siguientes acciones:

a) Sustitución del activo.- Tiene como objetivo minimizar el riesgo de degradación y baja en el rendimiento al final de la vida útil de un activo. Abarca desde la selección de activos similares hasta la evaluación de los reemplazos.

b) Retiro de los activos.- Ocurre cuando hay una expansión en el sistema. Estos se pueden conservar y ser utilizados como un back up en casos de emergencia.

2.3.2. Vida Económica y Útil de un Activo

La vida económica de un activo es el periodo de tiempo, generalmente en años, en el que el Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) de poseer y utilizar el activo es mínimo. Los bienes como los activos e instalaciones se desgastan con el uso y requieren cada vez un mantenimiento más intenso. Debido a ello se espera que los costos operativos se incrementen con el tiempo (Nascimento, 2010).

La vida útil se define como el periodo de tiempo durante el cual el activo desempeña las funciones que se esperan de él. Depende de cómo sea utilizado y se mantenga. La vida económica hace referencia a los costos totales en los que la empresa incurre para mantener el activo físico en funcionamiento. Mientras que, la vida útil se refiere a la capacidad física de producción de determinado activo. Es decir, la vida económica de un activo corresponde al tiempo de utilización de dicho activo capaz de producir a menor costo y que es menor o igual a su vida útil.

Para determinar la vida económica de un activo físico se calcula el CAUE para cada año de vida y luego se elige el menor CAUE. El año en el que el CAUE es menor corresponde a la vida económica del activo, es decir, el año en que se debe hacer el reemplazo de forma económica.

2.4. Análisis de Fallas

El éxito de una gestión de activos en relación con el mantenimiento implica el garantizar el desempeño requerido por el sistema con el menor costo posible. Esto supone que los métodos de mantenimiento deben tomar en cuenta el concepto de fallas que inciden sobre los distintos niveles del sistema. En los siguientes puntos se tratará el análisis de los modos y efectos de fallas así como también el análisis de causa raíz de estas.

2.4.1. Análisis de los Modos y Efectos de Fallas

El análisis de los modos y efectos de falla (FMEA) es un método cualitativo de análisis de confiabilidad mediante el cual se analiza cada modo de falla potencial para determinar sus efectos y su clasificación según la gravedad. La relación entre el modo y el efecto de falla es un punto determinante para el análisis de la confiabilidad y también para los

procedimientos de mantenimiento. Sin embargo, esta relación presenta una gran dificultad pues diferentes modos de falla pueden manifestarse de la misma manera, es decir, tener el mismo efecto (Sakurada, 2001).

Según Pinto (2004), El FMEA es la metodología básica de análisis de fallas empleando el proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). Durante el análisis, la metodología FMEA identifica a cada función del sistema y sus fallas asociadas. En un nivel más profundo, identifica los modos de fallas asociados a cada una de estas fallas, examinando cuáles son sus consecuencias. La figura 2.8 muestra el análisis de datos usando FMEA en la concepción del MCC:

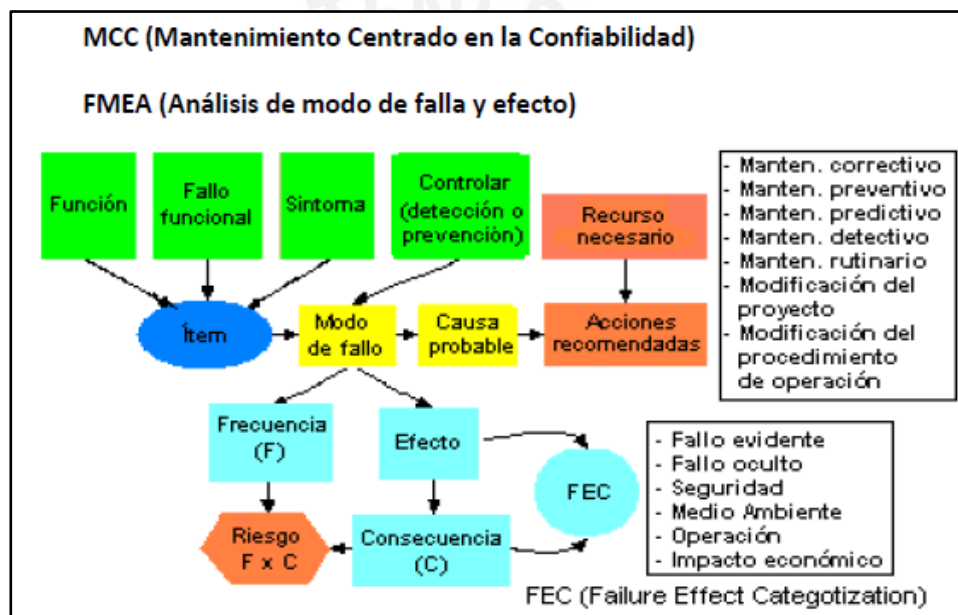


Figura 2. 8 Análisis de Datos y Programas de Mantenimiento

Fuente: Pinto (2004)

2.4.2. Análisis de Causa Raíz

El análisis de causa raíz es otro método importante para la investigación de los fallos de los activos críticos. Normalmente se utiliza para aquellos activos que requieran un cálculo más detallado de la falla. Este proceso puede llevarse a cabo luego de que se produzca la falla y empieza con la pregunta ¿por qué falló el equipo? y en cada etapa del análisis responde a la pregunta sucesiva “¿por qué?”. Cada nueva respuesta genera una nueva

pregunta dirigida hacia la causa presentada hasta agotar todas las posibilidades. Las principales etapas del análisis de causa raíz son las siguientes:

- Identificar el problema
- Proceder el análisis físico de la falla
- Determinar los factores o causas
- Determinar la causa real
- Proponer la solución

Las causas identificadas se pueden agrupar en un diagrama de causa y efecto o diagrama de Ishikawa como se muestra a continuación:

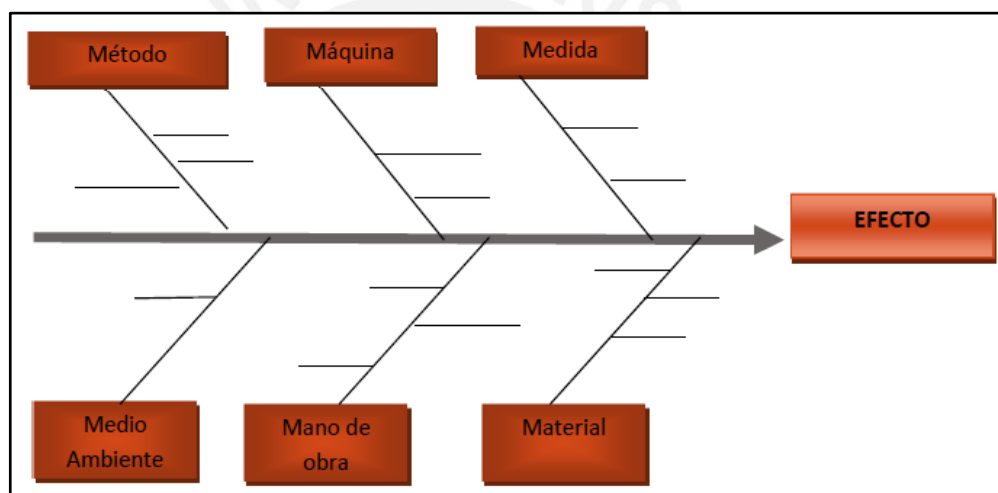


Figura 2. 9 Diagrama de Causa Efecto o Diagrama de Ishikawa

Fuente: Pinto (2004)

2.5. Análisis Económico y de los Costos del Ciclo de Vida de los Activos Críticos

La gestión del ciclo de vida de los activos críticos es un componente esencial de la gestión de activos y requiere la aplicación de criterios técnicos y económicos para la toma de decisiones. “Durante el ciclo de vida, los acontecimientos causados por incidentes, accidentes o fallas aceleran el fin de la vida útil del activo, lo que reduce la expectativa de vida o el tiempo restante de uso del activo en las condiciones exigidas” (International Copper Association Latin America, 2012). Para poder controlar esas situaciones es

necesario un monitoreo adecuado de la operación del activo que permita al equipo de gestión estimar la vida útil restante en función a la gravedad de los eventos ocurridos durante todo el ciclo de vida y así determinar el momento exacto para la sustitución del activo antes de que se produzca una falla irreversible.

Tomando como ejemplo un componente de una grúa pórtico con datos ficticios, y suponiendo la existencia de un sistema de supervisión y monitoreo instalado en uno de sus tableros electrónicos, se tiene a lo largo de los años el registro de incidentes e información operativa. La evaluación de las fallas y las causas en este tipo de activo tuvo el siguiente resultado (ficticio):

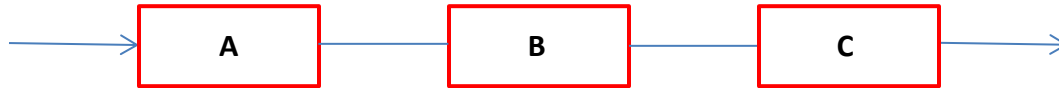


Figura 2. 10 Grúa Pórtico STS

Fuente: El puerto (2014)

60% Material	25% Montaje	10% Residuos Internos	5% Requieren análisis
--------------	-------------	-----------------------	-----------------------

Con la información de las fallas de materiales detalladas por el componente se realiza el análisis de confiabilidad, según lo propone Seixas (2012):



- Componente A:
 - Distribución de Fallas: Weibull (a,b)
 - Distribución de Reparaciones: Weibull (a,b)
- Componente B:
 - Distribución de Fallas: Weibull (a,b)
 - Distribución de Reparaciones: Exponencial (L)
- Componente C:
 - Distribución de Fallas: Exponencial (L)
 - Distribución de Reparaciones: Normal (u,s)

A partir de esta información pueden calcularse parámetros como:

- Disponibilidad media
- Tiempo total de funcionamiento
- Tiempo empleado en el mantenimiento
- Número esperado de fallas durante la vida útil
- Tiempo medio hasta la primera falla del sistema
- Confiabilidad

Según Herculano (2009), para la toma de decisiones se deben agregar el análisis económico y el análisis de riesgos al análisis del ciclo de vida. Los escenarios de decisiones pueden ser cuatro y analizarse a partir de los elementos que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. 2 Análisis de Escenarios

ESCENARIO	Costo de la acción	Estimación de la vida restante actual	Costo de la nueva falla	Perfil de Riesgo	Costo anual equivalente	Costos operativos ocultos hasta el reemplazo	Expectativa de vida después de la acción
SI							
RP							
RE							
SU							

Fuente: International Copper Association Latin America (2012)

Donde:

SI = Sin intervención

RP = Reforma parcial

RE = Renovación (Reforma completa)

SU = Sustitución por otro nuevo

La determinación del mejor escenario toma en cuenta factores como el rendimiento y el costo, de esta manera el escenario elegido será el que ofrezca el mejor rendimiento con el menor costo y mayor expectativa de vida.

“Un análisis de costo del ciclo de vida (LCC – Life Cycle Costs) tiene en cuenta todos los costos operativos y de mantenimiento, además de la inversión inicial en la adquisición de un activo. Otros costos importantes son los costos ocultos, los impuestos y los costos de administración, en contrapartida a los subsidios recibidos, los valores agregados y los valores residuales” (International Copper Association Latin America, 2012). El análisis LCC puede realizarse mediante los siguientes pasos:

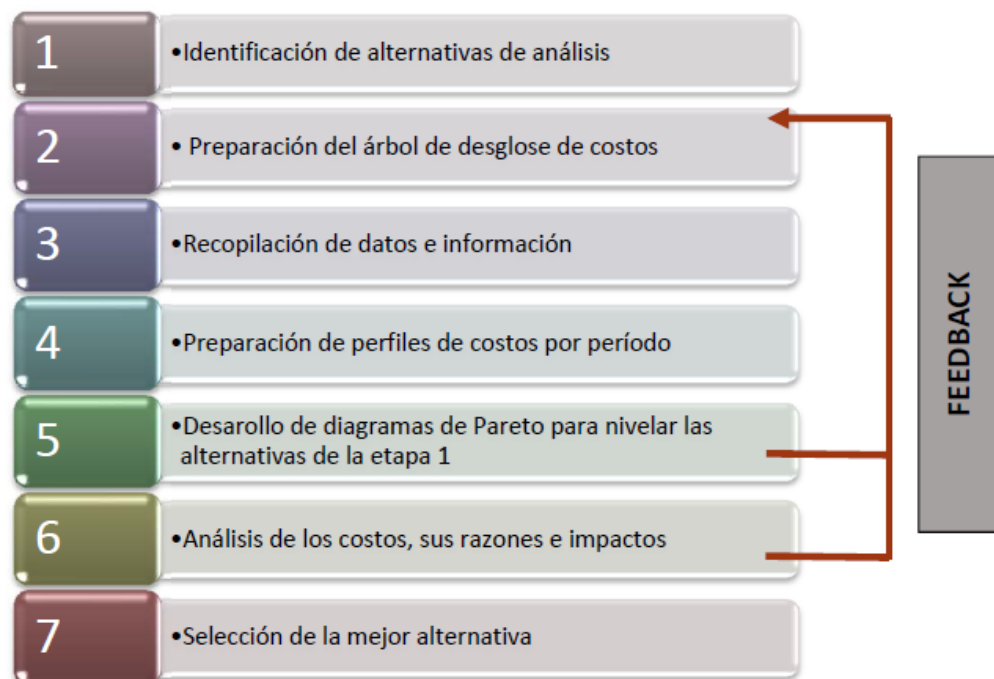


Figura 2. 11 Pasos para el LCC

Fuente: International Copper Association Latin America (2012)

2.6. Toma de Decisiones y Mejora Continua

Una efectiva gestión de activos se logra cuando una empresa decide mantener sus activos en uso durante el tiempo en que estos permanecen en condiciones seguras, técnicamente eficientes y económicamente viables. Las políticas y condiciones establecidas de gestión y mantenimiento deben apoyar este objetivo, interviniendo activamente para garantizar la mejora continua del desempeño. Los activos físicos de una empresa deben reemplazarse no sólo cuando no están en deterioro, sino también cuando:

- ✓ Los costos operativos y/o mantenimiento durante la vida útil restante del activo excedan el costo de sustitución.
- ✓ Existe un riesgo inminente de falla del activo.
- ✓ El impacto de una posible falla excede el costo de sustitución.
- ✓ Una probable falla pone en peligro la confiabilidad y la seguridad del sistema y de las personas.
- ✓ Los activos se vuelven obsoletos e ineficaces de operar y mantener.

- ✓ Los beneficios que se obtienen con la sustitución implican la mejora de los indicadores relativos a la seguridad de las personas, el medio ambiente y el desempeño de la empresa.

El equipo de gestión de activos debe contar con la información precisa sobre el estado de sus activos, esto con la finalidad de tomar las mejores decisiones. Según la International Copper Association Latin America (2012), la información básica que se debe manejar es:

- ✓ Monitoreo de las condiciones de funcionamiento, datos de las inspecciones, pruebas, mantenimiento, registro de incidentes y eventos de los activos.
- ✓ Elaboración de diagnósticos para interpretar los datos de monitoreo de las condiciones.
- ✓ Determinación de los modos de falla, confiabilidad y el análisis estadístico.
- ✓ Cálculo de tasas de fallas, la vida restante y la probabilidad de fallas.
- ✓ Análisis económico de las inversiones de capital y los costos en activos.
- ✓ Análisis de riesgo de los activos críticos.

Se debe tomar en cuenta las siguientes tres recomendaciones:

1. Los planes de mantenimiento, reforma y renovación de activos deben pertenecer a la planificación anual para que se elabore un presupuesto adecuado para la gestión de activos y se pueda modelar el planeamiento a largo plazo.
2. Los administradores de activos tienen la responsabilidad de determinar qué elementos deben mantenerse en stock mínimo, esto para evitar rupturas de stock generadas por un retraso de entregas por parte del proveedor.
3. El equipo de gestión de activos debe decidir el momento de la introducción de nuevas tecnologías a partir de los registros históricos y las tendencias del mercado.

Las acciones que se tomen en la gestión de activos deben centrarse en la mejora continua del proceso (Figura 2.12) para obtener resultados como:

- Cambio de la cultura del mantenimiento por la cultura de gestión de activos.
- Creación de valores permanentes.
- Excelencia en el desempeño de los activos.



Figura 2. 12 Principales etapas de la mejora continua

Fuente: International Copper Association Latin America (2012)



CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

Este capítulo desarrolla el entorno aplicativo y el análisis de la situación actual de la empresa relacionado a su activo principal: Grúas Pórtico. Se describirá a la empresa en donde se va a aplicar la metodología planteada en el Marco Teórico y se desarrollará un análisis y diagnóstico de su gestión actual de activos físicos. Además, se explicarán las causas y el impacto que tiene la gestión actual en el desarrollo del proceso principal de la empresa.

3.1. Descripción del Entorno Aplicativo

En este punto se presentarán los principales procesos dentro de la empresa y la funcionalidad que tienen las grúas pórtico. Además de los indicadores de rendimiento de la empresa y sus niveles de producción promedio.

3.1.1. Descripción de la Empresa y sus Principales Procesos

Descripción de la Empresa

La empresa a tratar forma parte de un conglomerado danés con más de 100 años de experiencia y liderazgo en la industria marítima. La división a la que pertenece la empresa diseña y opera puertos, terminales marítimos y terrestres, cumpliendo un rol importante en el desarrollo de la infraestructura portuaria en los países donde está presente, impulsando su crecimiento económico y bienestar.

El puerto multipropósito en mención además de ser el más grande del Perú, es el más importante de la costa del Pacífico Sudamericano. A la división descrita, se le adjudica la concesión del Terminal Norte Multipropósito del Puerto del Callao en abril de 2011 (Gobierno de Alan García) por un periodo de 30 años e inicia sus operaciones en julio del mismo año.

La empresa es un terminal marítimo multipropósito que además de encargarse de la carga y descarga contenedorizada, se encarga también de manejar carga general como:

metales, granos, fertilizantes y químicos, carbón, vegetales, aceite de pescado, maquinarias, entre otros. El puerto también realiza el almacenaje de la carga hasta que el dueño de la mercadería lo recoja, este almacenaje es gratis durante un lapso de tiempo dependiendo del tipo de carga, pasado ese tiempo se cobra de acuerdo a una tarifa establecida.



Figura 3. 1 Clasificación de los Servicios de la Empresa

Fuente: El puerto (2014)

Según los Códigos Basados en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), la actividad económica a la que ha sido asignada es a “Otras actividades empresariales NCP- 74996”. El detalle se presenta a continuación:

Sección K- Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler

División: 74- Otras actividades empresariales

Grupo: 749- Actividades empresariales n.c.p

Clase: 7499- Otras actividades empresariales n.c.p (Gestión de empresas por cuentas de terceros-Importación/Exportación).

Procesos

El principal proceso que se realiza en el puerto es el “Embarque y Descarga de Contenedores”, a continuación se mencionará lo que este supone:

- ✓ En el caso de la descarga: Manipuleo de los contenedores en la nave, hacia el medio de transporte que se designe y en el patio en donde se va a almacenar. Viceversa para el embarque.
- ✓ El servicio de trinca o destrinca, esto significa el asegurar/desasegurar los contenedores en la nave.
- ✓ La verificación de la carga para la tarja (confirmación de la posición del contenedor abordado o cuando este haya sido descargado), incluyendo la transmisión electrónica al agente marítimo de la información.
- ✓ Pesaje.
- ✓ Servicios vinculados con regímenes aduaneros previstos en las Leyes y Disposiciones Aplicables, estos servicios deben realizarse únicamente en el puerto. No incluye los servicios relacionados con el movimiento de la carga para la realización del aforo o similares dentro del Terminal Portuario.
- ✓ La carga podrá permanecer almacenada en el Terminal Portuario hasta que el dueño de esta lo decida, siguiendo el Reglamento de Tarifas que se encuentra en la web.

Son necesarios los siguientes tres procesos pre-operativos para que el proceso principal descrito se lleva a cabo:

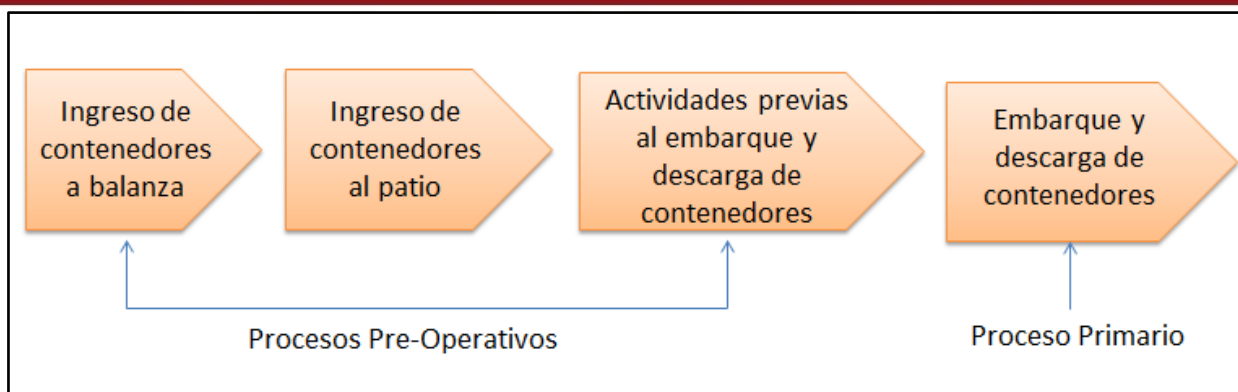


Figura 3. 2 Mapa de Proceso de Embarque y Descarga de Contenedores

Elaboración Propia

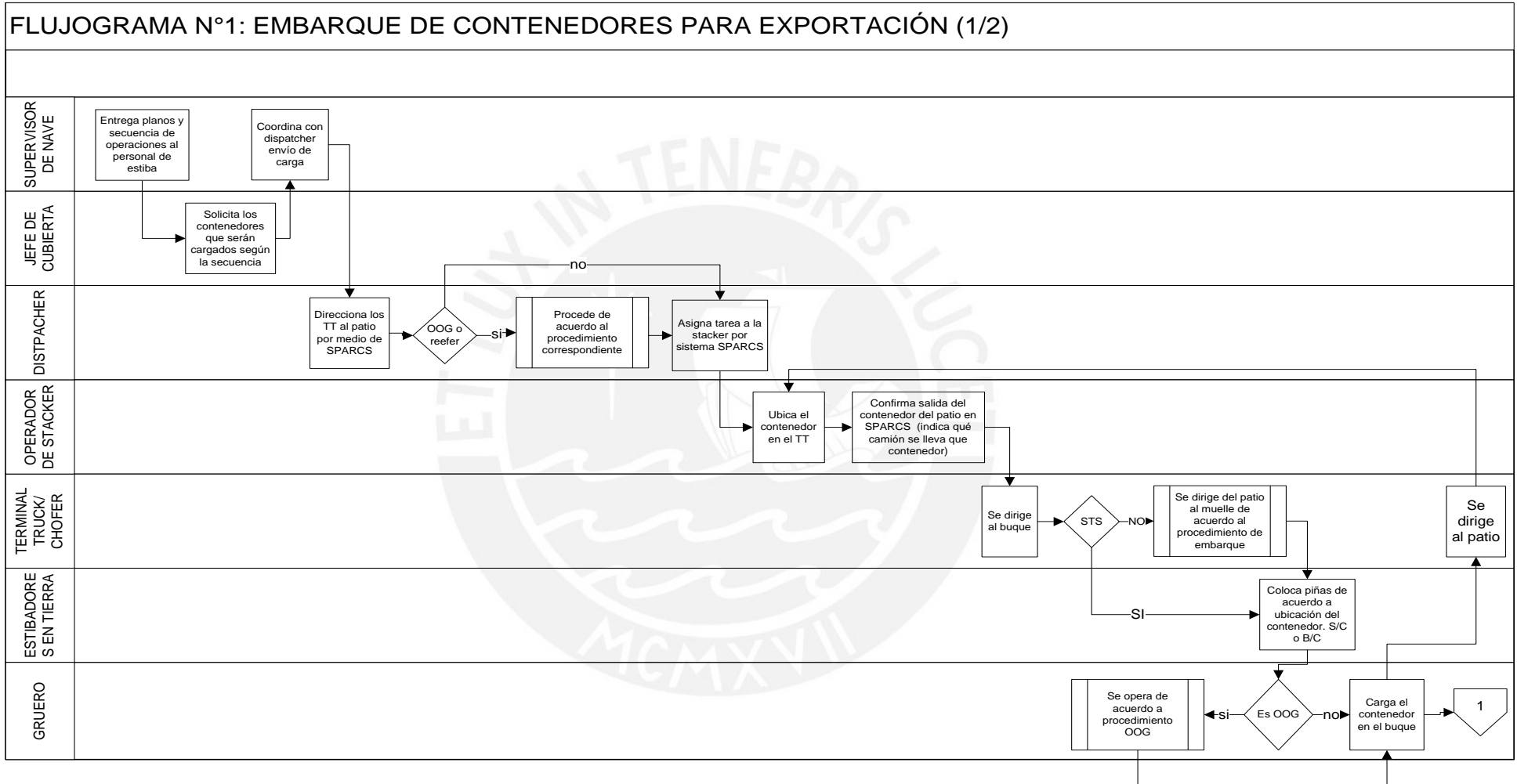
Los flujogramas a modo de detalle de estos tres procesos pre-operativos se encuentran en los Anexos. Para un buen entendimiento de estos se deben considerar algunos términos.

Términos a considerar:

- ✓ Contenedor OOG: Contenedor con carga sobredimensionada.
- ✓ Contenedor Reefer: Contenedor refrigerado (necesita conexión).
- ✓ Embarque STS: Embarque con grúas pórtico STS.
- ✓ RDT: Pantalla digital de los Terminals Truck y Reach Stackers donde aparecen las tareas que deben realizar.
- ✓ Damage Report: Reporte de daño.
- ✓ Apertura de stacking: Tiempo para el inicio de ingreso de contenedores de un número de autorización.
- ✓ Cut Off: Tiempo para dejar de recibir contenedores de un número de autorización.
- ✓ LAR: Documento que se tramita para el ingreso de los camiones luego del cut off.

En la siguiente página se muestra el flujograma del proceso principal: Embarque y descarga de contenedores. El proceso comprende desde la salida del contenedor del patio hasta la ubicación en la nave.

EMBARQUE Y DESCARGA DE CONTENEDORES (PROCESO PRINCIPAL)



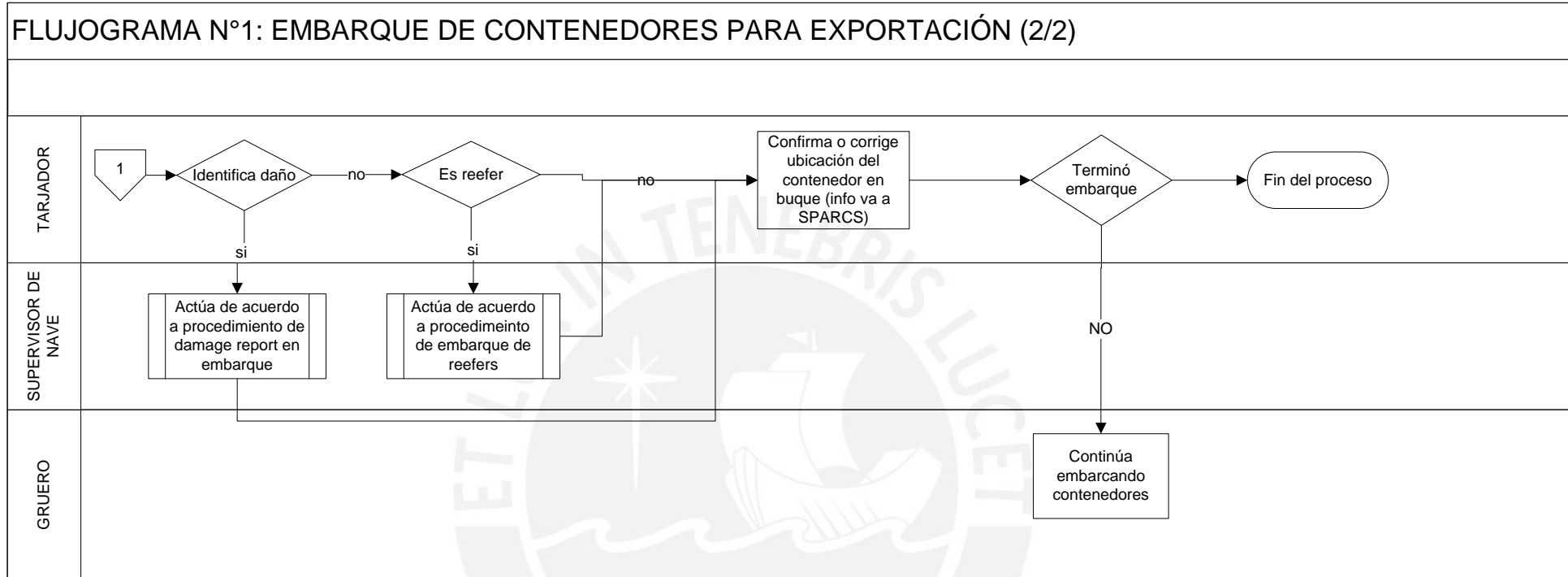


Figura 3. 3 Flujograma de Embarque y Descarga de Contenedores

Fuente: El puerto (2014)

El puerto cuenta actualmente con los siguientes activos para la manipulación de los contenedores:

RESUMEN GENERAL DE EQUIPOS DE MANIPULEO DE CONTENEDORES, MANIPULEO Y TRANSFERENCIA DE CARGA	
EQUIPO	CANTIDAD
Grúas Pórtico (STS Crane)	2
Grúas de Patio (RTG)	2
Grúas MHC	2
Spreaders	8
Apiladora de contenedores llenos (Reach Stacker)	18
Apiladora de contenedores vacíos (Empty Stacker)	4
Tractores (Terminal Truck)	34
Bomb Cart	12
Gooseneck	2
Roller Trailer	5
Gruas Mviles	2
Forklift - Capacidad < 5 Toneladas	9
Forflift - Capacidad > 10 Toneladas	6

Figura 3. 4 Activos para la Manipulación de Contenedores

Fuente: El puerto (2014)

Indicadores de Rendimiento del Proceso Principal

El puerto trabaja principalmente con cuatro indicadores para el control óptimo de sus operaciones:

- a) Niveles de servicio y productividad para cualquier tipo de nave:
 - ✓ Tiempo para el inicio de la descarga: No se podrá exceder más de veinte minutos de tolerancia como promedio para el inicio de las maniobras de descarga en cada turno. El tiempo corre desde el momento en que la nave ya amarrada cuente con todas las autorizaciones necesarias y la duración de cada operación individual no podrá ser mayor a treinta minutos.

- ✓ Tiempo para el zarpe de la Nave: No se podrá exceder más de veinte minutos de tolerancia como promedio para el zarpe de la nave en cada turno. El tiempo corre desde la finalización de las operaciones de embarque y que cuente con las autorizaciones necesarias, hasta realizarse el desamarre respectivo. La duración máxima de cada operación individual es de treinta minutos.

b) Niveles de servicio y productividad para cualquier tipo de carga:

Tiempo de atención al usuario para el retiro de su mercancía: Una vez que el cliente haya realizado el pago de los derechos aduaneros que correspondan según el tipo de servicio y obtenga la autorización del terminal, el tiempo máximo para este proceso es de treinta minutos contados desde que el usuario ingresa con su unidad al terminal hasta que salga de la misma.

c) Niveles de servicio y productividad para operación de contenedores sin grúas pórtico de muelle (con grúas propias de las naves):

El límite inferior de la productividad es diez contenedores por hora y por grúa de buque.

d) Niveles de servicio y productividad para operación de contenedores con grúas pórtico de muelle:

- ✓ La productividad promedio exigida por cada grúa pórtico de muelle debe de ser como mínimo veinticinco movimientos por hora.
- ✓ La productividad de cada operación individual no podrá ser menor de dieciocho contenedores por grúa y por hora.

Niveles de Producción del Proceso Principal

El puerto mide sus niveles de producción según la cantidad de toneladas de carga y descarga que realiza en un periodo de tiempo. Mensualmente se trazan metas de acuerdo a la programación de atraque que se tenga.

En la siguiente tabla se presentan las transacciones promedio los de contenedores de importación, exportación y de carga general tomados de los 3 turnos de trabajo de 8 horas cada uno en un día. Se ha tomado el dato global, es decir de las cargas y descargas de los buques.

Tabla 3. 1 Transacciones Promedios por Día

Transacciones promedio por día	Cantidad
Transacciones de contenedores importados	153
Transacciones de contenedores exportados	209
Transacciones de carga general	382

Fuente: El puerto (2014)

3.1.2. Descripción y Funcionalidad de las Grúas Pórtico

La grúa pórtico eleva la carga mediante un montacargas (spreader) instalado sobre una viga, que a su vez es rígidamente sostenida mediante dos o más patas. Estas patas generalmente pueden desplazarse sobre unos rieles horizontales al nivel del suelo. Las grúas pórtico se utilizan particularmente para elevar cargas muy pesadas como contenedores o carga general, tanto en la industria pesada como en la naval. Las grúas pórtico se clasifican básicamente en cuatro grupos: Grúas Pórtico RTG (Rubber Tyred Gantry), Grúas Pórtico STS (Ship to Shore), Grúas Pórtico VLG (Vessel Lift Gantry) y Grúas Pórtico Torre.

La grúa STS es una grúa pórtico montada sobre carriles, diseñada básicamente para realizar las maniobras de carga y descarga de contenedores del buque a muelle y viceversa (Ver figura 3.5). El tipo y tamaño de esta grúa depende de las características del buque y del muelle donde se espera que atraque y también con relación a la mareas. Las grúas pórtico STS poseen una estructura principal que está formada básicamente por vigas tipo cajón en chapas de acero con un espesor mínimo de ocho milímetros. Las grúas STS se subdividen en tres grupos según el tamaño de los buques a los que se les haga el servicio: Panamax, Post-Panamax y Superpost-Panamax.

Al haber definido qué es una grúa pórtico, se puede comprender con claridad que la función principal de esta en un terminal portuario es la carga y descarga de contenedores. La grúa pórtico realiza el traslado de los contenedores entre el muelle y el buque portacontenedores y permite que los trabajos de carga se realicen de forma rápida y eficiente. Es el principal activo físico de un terminal portuario ya que sin grúas pórtico no se podría realizar la operación principal. El presente estudio se centrará en las grúas pórtico tipo STS del grupo Panamax ya que son los activos con los que cuenta actualmente el puerto.



Figura 3. 5 Grúa Pórtico STS

Fuente: El Puerto (2014)

Para conocer mejor a la grúa pórtico STS, a continuación se muestra su estructura con sus principales componentes:

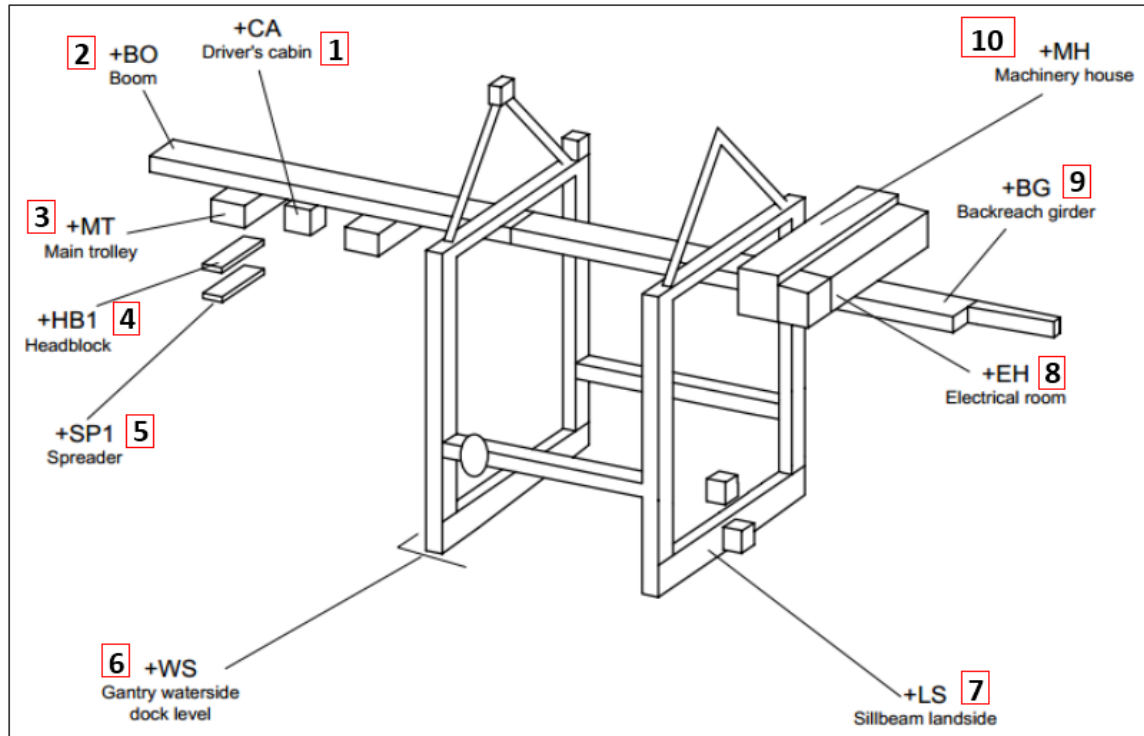


Figura 3. 6 Estructura de la Grúa Pórtico STS

Fuente: El Puerto (2014)

1. Driver's cabin: Cabina desde donde el guero realiza las maniobras para el embarque o descarga de contenedores.
2. Boom: Estructura por donde la cabina se desplaza horizontalmente, cuando la grúa no está operando el boom o pluma se coloca de forma vertical.
3. Main trolley: Estructura que sostiene el spreader y se desplaza junto con la cabina de forma horizontal (de tierra a mar y viceversa).
4. Headblock: Estructura de donde se sostiene el spreader.
5. Spreader: Estructura que sostiene directamente el contenedor ya sea para la carga o descarga.
6. Gantry: Estructura lado mar que permite a la grúa el desplazamiento por los rieles, de izquierda a derecha y viceversa.
7. Sillbeam: Estructura lado tierra que permite a la grúa el desplazamiento por los rieles, de izquierda a derecha y viceversa.
8. Electrical room: Cabina en donde se encuentran las conexiones eléctricas de la grúa.
9. Backreach: Viga que sostiene al boom.
10. Machinery house: Cabina mecánica de la grúa.

Especificaciones técnicas de la Grúa Pórtico STS

Según el “Manual de Mantenimiento para las Grúas STS del Puerto Terminal del Callao, Perú” (Shanghai Zhenhua, 2009), la grúa pórtico STS tiene las siguientes especificaciones técnicas:

1. Dimensiones:

- Alcance delantero: 38 metros
- Alcance posterior: 12 metros
- Distancia tope a tope: 27.6 metros
- Altura total de la grúa: 124 metros (Pluma arriba)
- Separación entre piernas: mayor a 17 metros
- Separación bajo la viga portal: mayor a 14 metros

2. Especificaciones principales:

- Tipo de spreader: 20', 40', 45'
- Estiba de la pluma: Tipo impulsador eléctrico
- Tipo de trolley: Trolley de cable remolcado
- Tipo de pluma: Sección de caja doble abisagrada
- Demanda de energía: 10 Kv, 60 Hz

3. Especificaciones del pórtico:

- Calibre del riel: 25 metros
- Distancia entre ejes: 16 metros
- Diámetro de rueda: 0.80 metros
- Número de ruedas por esquina: 10
- Número de ruedas motrices por esquina: 4

4. Especificaciones del trolley:

- Calibre del riel: 6.3 metros
- Diámetro de rueda: 0.63 metros
- Número de ruedas: 4

5. Carga nominal:

- Un contenedor bajo el spreader: 51 toneladas

- Bajo la viga de carga: 61 toneladas

6. Altura de izaje:

- Por encima del riel: 31.5 metros
- Por debajo del riel: 13.5 metros
- Total: 45 metros

7. Peso y carga de rueda máxima:

- Peso de la grúa: 1100 toneladas

8. Enderezado / inclinación / sesgo:

- Enderezado (trim): +/- 3°
- Inclinación (list): +/- 5°
- Sesgo (skew): +/- 5°

9. Velocidad y aceleración de operación:

	Velocidad	Tiempo de Aceleración
Izaje con carga nominal	90 m/min	3 segundos
Izaje con spreader vacío	180 m/min	6 segundos
Bajando con carga nominal	90 m/min	3 segundos
Bajando con spreader vacío	180 m/min	6 segundos
Velocidad de recorrido	45 m/min	6 segundos
Velocidad del trolley	180 m/min	6 segundos

Tiempo de elevación de la pluma (0-80°): 5 min (máximo)

3.2. Análisis y Diagnóstico de la Gestión Actual de Activos

En este punto se desarrollará el análisis de la gestión de activos de las grúas pórtico STS con relación a sus repuestos (Inventory Parts) y consumibles (Purchase Parts). La gestión será evaluada cualitativa y cuantitativamente. Se explicarán tres indicadores principales: Planeamiento operativo (análisis cualitativo), Análisis de breakdowns en las grúas pórtico y Gestión de adquisición y utilización de activos (análisis cuantitativo).

3.2.1. Planeamiento Operativo

Las grúas pórtico son los activos principales de los puertos (Adil Bennani, 2014) y es el área de Operaciones la que decide según planificación cuándo las grúas estarán operativas y cuándo no. **Actualmente en la empresa se realiza sólo mantenimiento correctivo y muy raras veces mantenimiento preventivo a las grúas** por lo que éstas no se encuentran operativas en un 100% y por tanto la productividad disminuye. **Esto se debe a la falta** de una política de gestión de activos físicos en toda la empresa lo cual significa que tanto el área de operaciones como la de mantenimiento ignoran lo que implica la gestión y sus consecuencias. Esto se evidencia ya que el área de operaciones no planifica un tiempo para que las grúas sean atendidas, por el contrario, hace que éstas trabajen el mayor tiempo posible pues su nivel de productividad es superior al de las otras grúas que poseen.

Lo óptimo es que la empresa realice mayormente mantenimiento preventivo y en menor proporción mantenimiento correctivo. Sin embargo, el área de mantenimiento no ha establecido aún una política de gestión de activos. Si bien actualmente cuenta con un plan de mantenimiento, este no se cumple ya que no considera el plan operativo de las grúas. Es decir, no considera las fechas y las horas en que las grúas se encuentran trabajando por lo que tienen que posponer reiteradas veces el mantenimiento. Tampoco considera qué activos son críticos y el análisis de fallas de cada familia. Cabe mencionar que el plan operativo de las grúas es modificado debido a variaciones en el orden de llegada de las naves, lo que genera mayormente que las grúas tarden más de lo previsto embarcando o descargando.

Las tareas de mantenimiento suelen tardar más de lo previsto ya que en el desarrollo de estas se encuentran fallas inesperadas y muchas veces se dejan tareas básicas pendientes. Estas situaciones han generado un ambiente nada agradable: operaciones y mantenimiento tienen constantes discusiones y se echan la culpa unos a otros cuando la grúa sufre alguna paralización y por tanto afecta la productividad de la empresa.

3.2.2. Análisis de Breakdowns en las Grúas Pórtico

El puerto lleva una Base de Datos por cada nave que atiende, en donde se muestran los tiempos por cada actividad, la cantidad total de contenedores embarcados y descargados, el tiempo total de paralización que tuvo la grúa durante la operación, la productividad y demás datos relevantes. Además, al terminar cada turno se genera un Shift Report que es un Excel en donde se muestra la cantidad de movimientos ya sea de carga o descarga por cada hora (productividad), los códigos de las paralizaciones, el intervalo de tiempo de cada paralización y comentarios generales del turno.

Se realizará un análisis de las paralizaciones de las grúas pórtico en base a la información que muestra la Base de Datos y los Shift Reports. Para eso se tomará una muestra aleatoria de 57 naves que anclaron entre el 2013 y 2014, líneas abajo el detalle de cómo se obtuvo ese número de muestra. El objetivo es determinar por cada nave qué porcentaje del total de tiempo de las paralizaciones se le atribuye a la falta de una gestión de activos físicos.

Los códigos que operaciones ha determinado para cada tipo de paralización se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3. 2 Tabla de Códigos de las Paralizaciones

Operaciones		Linea Naviera	
Delay	Description	Delay	Description
002	Por accidente	101	Decisión de la Línea o Buque
005	Caja de Piña Descarga / Embarque	102	Problema de piñas o en mal estado
008	Trinca / Destrinca	103	Conectar / desconectar Reefer a bordo
009	Traslado de Grúas Móviles	104	Solicitud de cambios
010	Conectar / desconectar Reefer en Patio	105	Grúa malograda del Buque (CONVENCIONAL)
106	Carga Sobredimensionada / Suelta		
107	Ingreso de Estibadores / Doble Turno	Nombrada	
108	Subida / Bajada de Boom	Delay	Description
109	Movimiento de Tapa	011	Error en la nombrada
112	Cambio de Spreader [1]		
113	Cambio de Grúa de Estibadores	Caso Fortuito / Fuerza Mayor	
		Delay	Description
Planning		100	Por clima
Delay	Description	110	Paro de Estibadores
001	Espera por planos	111	Puerto Cerrado
006	Espera por camiones		
007	Mala planificación en patio		
Mantenimiento			
Delay	Description		
003	Grúa malograda (GRUA PORTICO/MHC)		
004	Fallas / Cambio en Sprader (MHC/STS)		

Fuente: El puerto (2014)

Los códigos de paralización que son relevantes para el análisis que se realizará son los atribuibles a Mantenimiento de Grúas Pórtico: 003 y 004.

Número de la muestra (n):

$$n0 = \left(\frac{Z}{e}\right)^2 * p * q$$

$$n = \frac{n0}{1 + \frac{n0}{N}}$$

Donde:

n_0 : Cantidad teórica de elementos de la muestra

n : Cantidad real de elementos de la muestra a partir de la población asumida

N : Número total de elementos que forman la población

z : Valor estandarizado en función del grado de confiabilidad de la muestra calculada

e : Error asumido en el cálculo

q : Probabilidad de la población que no representa las características

p : Probabilidad de la población que representa las características

Para el caso se tienen los siguientes valores:

$N = 266$ (Población de naves del año 2013 y 2014)

$z = 1,96$ $e = 0,05$ $q = 0,05$ $p = 0,95$

Se obtuvo un n_0 igual a 72,99 y un **n igual a 57**.

En la siguiente tabla se muestran algunas de las paralizaciones de las grúas o breakdowns y el porcentaje de atribución a cada área, la tabla completa se encuentra en los Anexos. En la columna TECH (Mantenimiento) se muestran los tiempos atribuibles a una falta de gestión de activos físicos y en la columna Atribución el porcentaje de tiempo que esta representa respecto al total de tiempo de paralizaciones. Los datos han sido extraídos y trabajados de la Base de Datos y de los Shift Reports para las 57 naves que fueron atendidas por el puerto entre el 2013 y 2014.

Tabla 3. 3 Paralizaciones de Grúas Pórtico

VESSEL INFORMATION				VESSEL DELAYS INFO								
GENERAL		OPS (Operaciones)		PARALIZACION DE GRUAS								
Vessel Name	Inicio de Operaciones	Termino de Operaciones	TOTAL DELAYS	OPS	Atribución	Planning	Atribución	TECH	Atribución	Otros	Atribución	
1	MSC BREMEN	03/01 01:10	03/01 23:53	07:57	01:37	20.34%	02:50	35.64%	02:20	29.35%	01:10	14.68%
2	COSCO TIANJIN	05/01 07:20	06/01 07:15	08:10	01:45	21.43%	02:20	28.57%	03:45	45.92%	00:20	4.08%
3	MSC INGRID	06/01 10:50	07/01 05:10	08:24	02:37	31.15%	01:27	17.26%	03:15	38.69%	01:05	12.90%
4	HANSA COBURG	11/01 16:00	12/01 00:15	02:11	01:15	57.25%	00:15	11.45%	00:41	31.30%	00:00	0.00%
5	MSC NURIA	17/01 01:45	17/01 14:05	06:56	01:00	14.42%	01:30	21.63%	03:53	56.01%	00:33	7.93%
6	CAP MORETON	19/01 01:40	19/01 21:35	03:20	00:45	22.50%	01:15	37.50%	01:00	30.00%	00:20	10.00%
7	EM HYDRA	01/02 15:45	01/02 20:25	01:40	00:35	35.00%	00:25	25.00%	00:35	35.00%	00:05	5.00%
8	KOTA LANGSAR	03/02 07:13	04/02 05:50	04:24	00:50	18.94%	01:45	39.77%	01:30	34.09%	00:19	7.20%
9	SANTA PRISCILLA	07/02 00:30	07/02 16:20	05:37	01:00	17.80%	01:30	26.71%	02:37	46.59%	00:30	8.90%
...			
50	MSC ROSARIA	24/08 08:40	25/08 02:45	06:03	01:45	28.93%	00:37	10.19%	03:10	52.34%	00:31	8.54%
54	MARGRIT RICKMER	15/09 07:10	15/09 22:50	07:30	00:30	6.67%	02:10	28.89%	02:00	26.67%	02:50	37.78%
55	ITAL UNIVERSO	19/09 01:05	19/09 21:40	06:14	00:25	6.68%	01:40	26.74%	02:14	35.83%	01:55	30.75%
56	CNP PAITA	21/09 00:45	21/09 23:35	05:23	01:00	18.58%	01:45	32.51%	02:23	44.27%	00:15	4.64%
57	SANTA PRISCILLA	22/09 08:45	23/09 02:25	05:27	01:15	22.94%	01:27	26.61%	02:00	36.70%	00:45	13.76%
PROMEDIO						20.02%		27.67%		40.26%		12.06%

Elaboración Propia

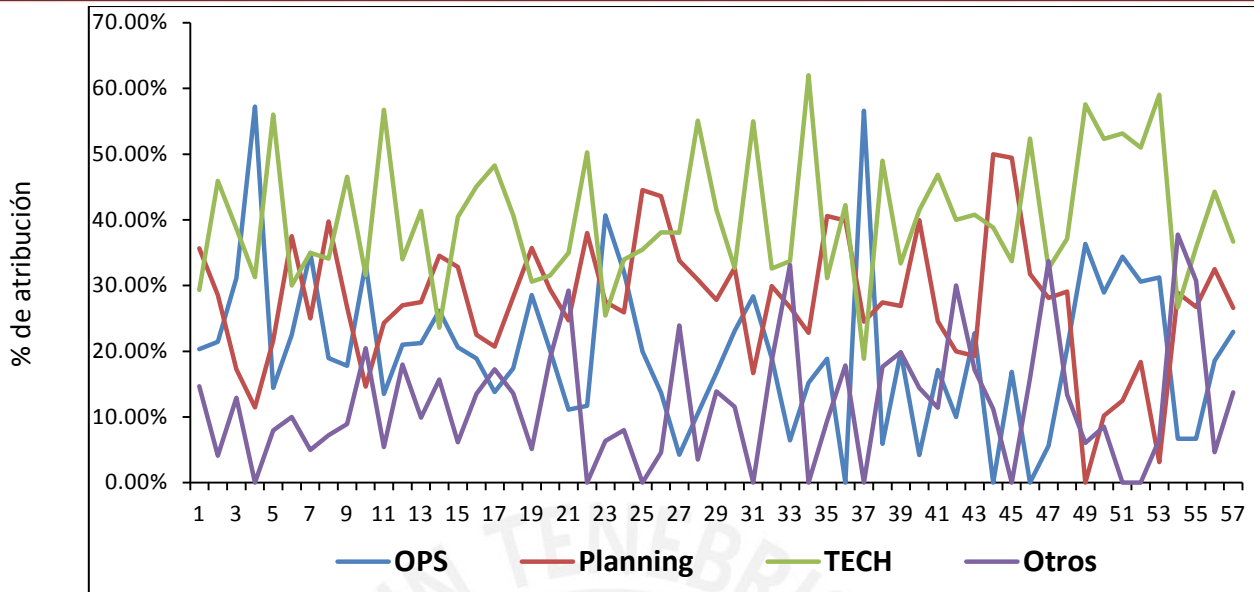


Figura 3. 7 Porcentaje de Atribución de las Paralizaciones
Elaboración Propia

Analizando la data y la figura anterior se tiene que en el 72% de las naves (41 de 57), el mayor tiempo de paradas de grúa se le atribuye a TECH (línea verde), lo cual evidencia una gran falta de gestión de activos físicos.

Por otra parte, se tiene que en promedio el 40.26% del total de tiempo de paralización de las grúas se debe también a una falta de gestión de activos, como se puede apreciar en la Figura 2.8. Es decir, si la grúa estuvo inoperativa por 100 minutos, entonces 40.26 minutos son atribuibles a TECH, 27.67 minutos a Planning, 20.02 minutos a OPS y 12.06 minutos a Otros.

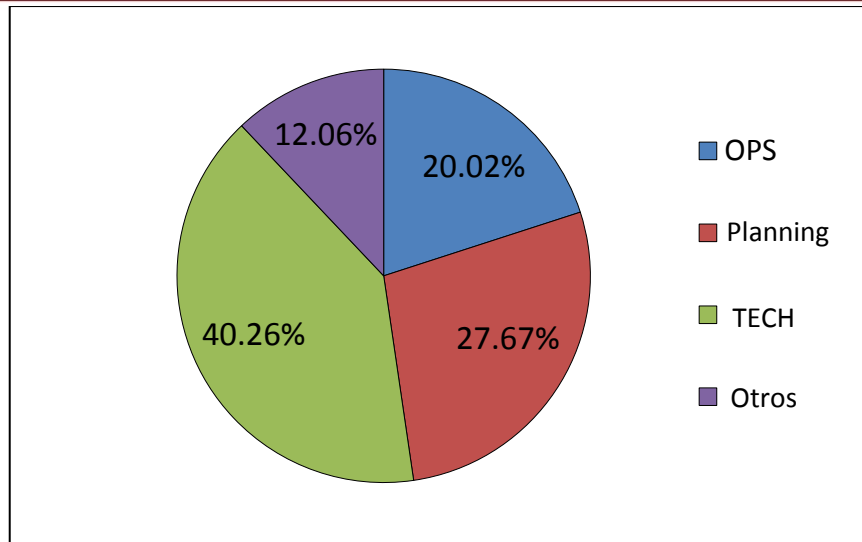


Figura 3. 8 Promedio Porcentual del Tiempo Total de Paralizaciones
Elaboración Propia

3.2.3. Gestión de Adquisición y Utilización de Activos

Como se ha venido mencionando a lo largo del trabajo, una gestión de activos físicos no sólo involucra el concepto de mantenimiento, sino que supone la integración de todas las áreas de la empresa para lograr el objetivo de preservar los activos con el menor riesgo de falla posible. En los puntos anteriores se ha analizado la relación de Mantenimiento (TECH) con el área de Operaciones, ahora se analizará la gestión de adquisición de activos efectuada por el área de Procurement en base a los requerimientos que recibe de TECH.

La gestión de activos y consumibles que realiza TECH actualmente, se ve reflejada en la cantidad de requerimientos que tiene y cuánto de lo que pide realmente consume. En la siguiente tabla se muestra la cantidad de requerimientos que ha tenido cada área de la empresa en los tres últimos años.

Tabla 3. 4 Cantidad de Requerimientos por Área

Área	2012		2013		2014	
	Req. recibidos	%	Req. recibidos	%	Req. recibidos	%
MANT	967	51.55%	1904	50.20%	1187	53.95%
IT	259	13.81%	323	8.52%	207	9.41%
OPERACIONES	197	10.50%	454	11.97%	210	9.55%
HSSE	174	9.28%	252	6.64%	120	5.45%
COMUNICACIONES	74	3.94%	121	3.19%	87	3.95%
FINANZAS	51	2.72%	244	6.43%	24	1.09%
HR	44	2.35%	249	6.56%	136	6.18%
COMERCIAL	40	2.13%	29	0.76%	16	0.73%
PIM	29	1.55%	106	2.79%	127	5.77%
PROCUREMENT	20	1.07%	73	1.92%	33	1.50%
GERENCIA GENERAL	15	0.80%	29	0.76%	0	0.00%
PEX	4	0.21%	3	0.08%	2	0.09%
LEGAL	2	0.11%	6	0.16%	51	2.32%
TOTAL	1876	100.00%	3793	100.00%	2200	100.00%

Elaboración Propia

Como se puede apreciar, el área que mayor cantidad de requerimientos ha tenido durante el 2012, 2013 y 2014 es la de Mantenimiento. La diferencia con las demás áreas es realmente significativa y esto se debe, como ya se ha mencionado, a una falta de gestión de activos. Lo que actualmente se hace es solicitar la cantidad de repuestos o consumibles que se necesita más un 5% de stock de seguridad; sin embargo, la cantidad que se solicita no es la correcta. El área de Mantenimiento no cuenta con una planificación adecuada, sólo se fijan en la cantidad utilizada meses pasados y aproximan la cantidad a solicitar. Como consecuencia de esto, se tiene el almacén cubierto en casi el 100% de su capacidad debido a la gran cantidad de repuestos y consumibles almacenados y mucho dinero en sobre stock.

TECH posee cuatro sub áreas: Grúas Pórtico, Workshop, Electricidad y Silos. En la siguiente tabla se mostrará la cantidad de requerimientos que se realizó por cada sub área.

Tabla 3. 5 Cantidad de Requerimientos en TECH

	2012	%	2013	%	2014	%
Grúas Pórtico	525	54%	1047	55%	720	61%
Workshop	328	34%	650	34%	302	25%
Electricidad	97	10%	155	8%	128	11%
Silos	17	2%	52	3%	37	3%
	967	100%	1904	100%	1187	100%

Elaboración Propia

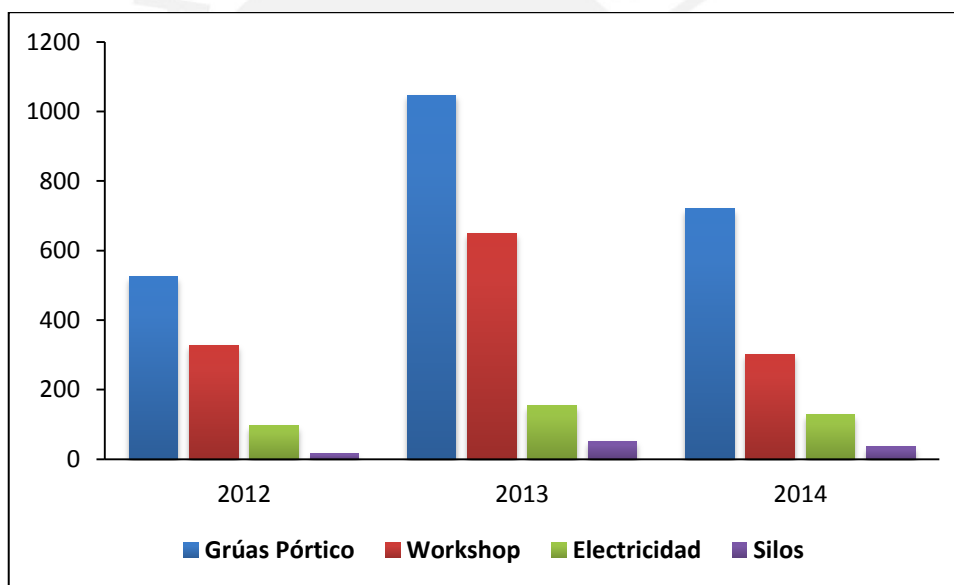


Figura 3. 9 Comparativo de la Cantidad de Requerimientos en TECH

Elaboración Propia

Como se nota en la figura, en los tres últimos años la sub área Grúas Pórtico es la que realizó la mayor cantidad de requerimientos. Se decidió realizar la Implementación de la Gestión de Activos en esta sub área ya que es la más crítica.

La empresa divide sus inventarios en dos: Inventory Parts y Purchase Parts. La primera división corresponde a repuestos y materiales y se tiene control sobre esta a través del

ERP con el que se trabaja, la segunda corresponde a consumibles y el control de esta se lleva en un Excel. Entonces, para poder valorizar el inventario total referente a las compras realizadas se tendrá que sumar compras Inventory más compras Purchase.

Tabla 3. 6 Cantidad de Compras TECH

	COMPRAS TOTALES TECH		
	Partes Inventariables	Partes Consumibles	Total
2013	\$2,228,553.15	\$288,870.27	\$2,517,423.42
2014 (Set.)	\$2,617,255.13	\$309,091.19	\$2,926,346.32

	COMPRAS GRÚAS PÓRTICO		
	Partes Inventariables	Partes Consumibles	Total
2013	\$892,348.03	\$395,813.79	\$1,288,161.82
2014 (Set.)	\$787,314.42	\$633,302.06	\$1,420,616.48

Elaboración Propia

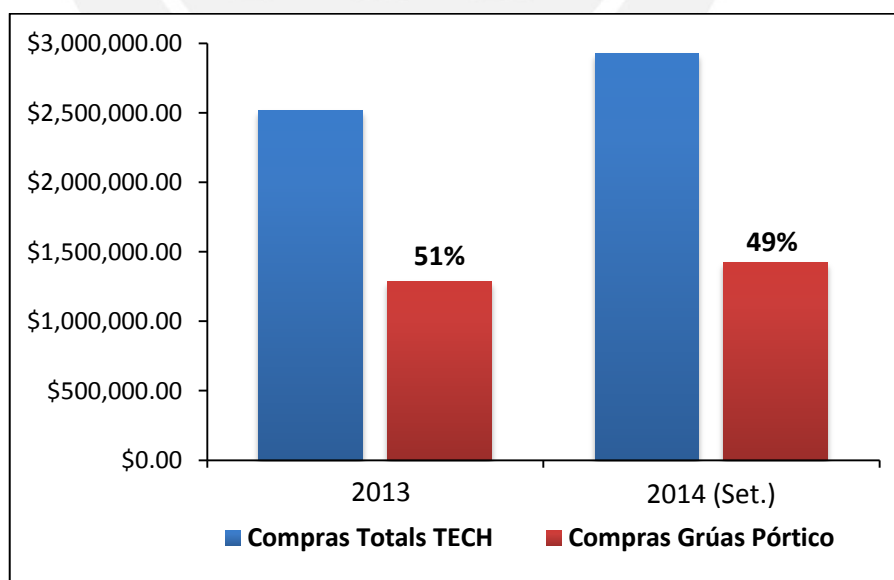


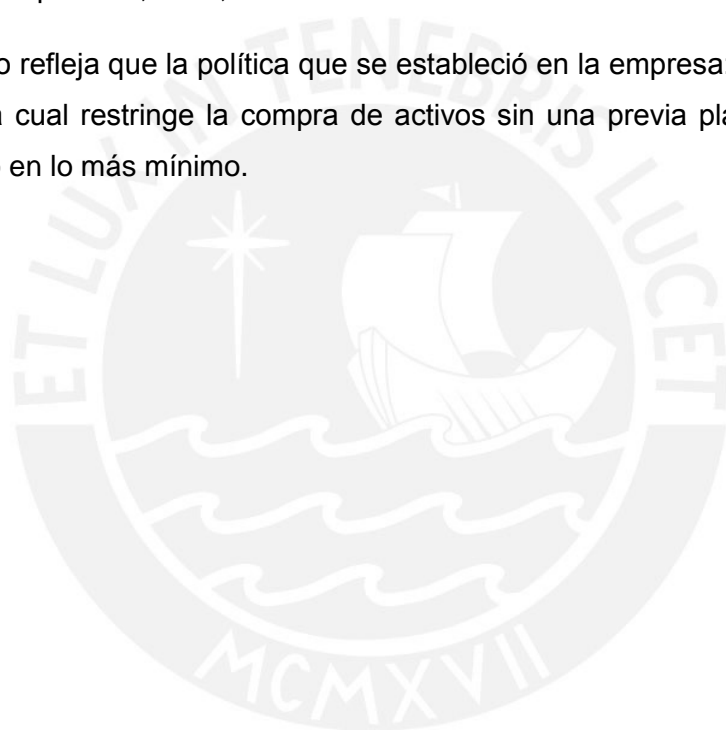
Figura 3. 10 Compras Grúas Pórtico con respecto al Total TECH

Elaboración Propia

La sub área Grúas Pórtico no sólo es la que más requerimientos realiza, sino que también es la que más gasta como se puede apreciar en la figura 3.10.

El inventario en stock de repuestos para las grúas pórtico con el que cuenta actualmente el almacén (compras del 2013 y 2014) está valorizado en **\$1,059,556.48**. Significa que el 39,12% de lo que se gastó en ese año y nueve meses no se ha utilizado. Además, en promedio el inventario está almacenado 141 días, considerando que hay repuestos que nunca han salido del almacén y tienen hasta 476 días almacenados. Del total de la cantidad de repuestos, el 24,3% tiene más de un año sin movimiento.

Lo expuesto refleja que la política que se estableció en la empresa: “Nice to have or need to have”, la cual restringe la compra de activos sin una previa planificación, no se está cumpliendo en lo más mínimo.



CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS FÍSICOS

En este capítulo se desarrollará la implementación de un Sistema de Gestión de Activos Físicos para las Grúas Pórtico. Para ello se ejecutarán los cuatro primeros pasos que fueron descritos en el Capítulo II.

4.1. Requisitos Generales para una Gestión de Activos

Como se mencionó en el punto 1.2.1, el primer requisito para establecer una gestión de activos físicos es definir el alcance del sistema y su aplicación. Para este caso, el alcance abarcará las áreas de Mantenimiento (TECH), Operaciones y Procurement. La aplicación directa será en el área de TECH, específicamente en la sub área Grúas Pórtico (ámbito mecánico y eléctrico). El segundo requisito es delegar un **equipo** para dirigir el proceso, en este caso el equipo estará dividido en tres bloques: **Gerente TECH** (Propietario de los activos), **Facilitador** (Gestor de los activos) y **Colaboradores** (Prestadores de servicios).

4.1.1 Definición de Facilitadores y Controles de la Gestión de Activos

La empresa deberá contratar a un especialista en la gestión para la implementación de soluciones. Él pertenecerá al bloque Facilitador y se encargará del área mecánica y eléctrica de las grúas pórtico. Además, se deberá contratar a dos colaboradores quienes estarán a cargo del facilitador. Todo el equipo de gestión deberá ser calificado y entrenado según las funciones que desempeñarán.

Por otro lado, el sistema de gestión de activos físicos requiere de una Base de Datos detallada y actualizada. La empresa cuenta con un ERP llamado IFS, este sistema permite ver el stock de repuestos que se tienen en el almacén mas no la base de datos de los activos, imágenes ni la ubicación física de los mismos. Actualmente en el mercado no existe un software que brinde esa información. Por tanto, la empresa deberá elaborar su propia Base de Datos en Excel que contenga todo lo mencionado anteriormente.

En el punto 2.1.1. se mencionó la definición de Controladores de la gestión de activos. Para este caso, el control de la calidad de información se establecerá en el área de TECH y seguirá los parámetros planteados por la Organización Alemana de Calidad de Información (2006):

- ✓ *Disponibilidad:* Las únicas personas que tienen el acceso para ingresar los datos en el sistema son los Colaboradores y el Facilitador. Para esto, el sistema estará encriptado, habrá una carpeta compartida entre ellos y sólo uno a la vez podrá ingresar la información. Esto con la finalidad de que lo que se ingrese sea verídico, confiable y seguro. Los técnicos encargados de atender a las grúas registrarán la información en un formato manual y se lo darán a los Colaboradores para que éstos lo ingresen al sistema. Ellos podrán ver los archivos de la carpeta compartida en modo de lectura.
- ✓ *Presentación:* La información que se ingrese debe ser inteligible, es decir, que pueda ser entendida por todos los involucrados. Para esto, el sistema desplegará drop lists con el objetivo de que no se ingresen, por ejemplo, unidades ni códigos erróneos. Además, la información deberá ser concisa y consistente.
- ✓ *Contexto:* La información deberá ser revisada y actualizada constantemente tanto por los Colaboradores como por el Facilitador. Lo que se considere como anticuado u obsoleto se deberá retirar apenas sea detectado para evitar su uso inadecuado.
- ✓ *Intrínseco:* Las dimensiones tradicionales tales como precisión de los datos y confianza en la fuente no serán problema, ya que como se mencionó, todo el equipo será capacitado periódicamente según las funciones que vayan a realizar. La información será considerada **fit for use**, es decir, de buena calidad y apta para iniciar el proceso de análisis.

4.1.2 Definición de Activos Críticos y No Críticos

Como se mencionó en el punto 2.1.2 para clasificar a los activos físicos como críticos y no críticos se debe tener en cuenta el grado de importancia del elemento en la operación y las consecuencias de su ausencia o falla. Debido a que la cantidad de repuestos que usa la grúa pórtico es muy alta, se estudiará sólo a la familia más crítica (70% de

breakdowns atribuibles). Dicha familia es la del Spreader, que es la parte de la grúa que sostiene directamente el contenedor en la carga o descarga, como se aprecia en la figura 3.6.

La empresa utiliza el Spreader en dos modos dependiendo de la operación: Modo Simple (carga o descarga de un contenedor) y Modo Twin (carga o descarga de dos contenedores de 20 pies). Para el primer modo se utilizan los Spreaders ZPMC y para el segundo los Spreaders Smits.

A continuación se analizará la familia de repuestos de los Spreaders ZPMC y Smit para determinar qué activos son críticos y por tanto merecen un mayor monitoreo. (La lista completa analizada de los 125 repuestos se encuentra en los Anexos). Para ello, se tomarán en cuenta factores como: frecuencia de falla, tiempo promedio para ser reparados, impacto operacional, impacto en la seguridad, costo del repuesto y el tiempo de llegada del repuesto al almacén. Se empleará la siguiente valoración para cada uno de los factores mencionados, donde (1) muy bajo, (2) bajo, (3) medio y (4) alto.

Tabla 4. 1 Valoración para Determinar la Criticidad de Activos Físicos

Factor	Valor
<i>Frecuencia de Falla</i>	
Una sola falla cada dos años	1
Una sola falla cada año	2
Entre dos a seis fallas al año	3
Más de seis fallas al año	4
<i>Tiempo Promedio para Reparar</i>	
Menos de 1 hora	1
Entre 1 y 3 horas	2
Entre 4 y 8 horas	3
Más de 9 horas	4
<i>Impacto Operacional</i>	
Afecta menos del 10% de la producción	1
Afecta entre 10% y 30% de la producción	2
Afecta entre 30% y 50% de la producción	3
Afecta más del 50% de la producción	4
<i>Impacto en Seguridad</i>	
Ningún riesgo sobre personas o instalaciones	1
Riesgo bajo personas e instalaciones	2

Riesgo medio sobre personas e instalaciones	3
Riesgo alto sobre personas e instalaciones	4
<i>Costo del Repuesto</i>	
Menos de \$100	1
Entre \$100 y \$500	2
Entre \$500 y \$2500	3
Más de \$2500	4
<i>Tiempo de Llegada del Repuesto al Almacén</i>	
Menos de 8 días	1
Entre 8 días y 1 mes	2
Entre 1 mes y 4 meses	3
Más de 4 meses	4

Elaboración Propia

En la Tabla 4.2 se muestran los resultados del análisis de criticidad realizado a cada repuesto de los Spreaders. Luego de obtener el Índice de Criticidad se procederá a ordenarlos de mayor a menor y agrupar los repuestos según el rango al que le corresponda: criticidad alta, media o baja, como se muestra en la Tabla 4.3. La información completa de ambas tablas se encuentra en los Anexos 5 y 6.

Tabla 4. 2 Resultados del Análisis de Criticidad de los Spreaders

N°	Código del Repuesto en el Sistema	Repuestos Spreader ZPMC y Smit	FF	CONSECUENCIAS DE FALLA (CF)					FF*CF
			Frecuencia de Falla	Tiempo Prom. Reparación	Impacto Operacional	Impacto en Seguridad	Costo del Repuesto	Llegada al Almacén	Índice de Criticidad
1	34-PM-SP04-0004	ACOPLE FLEXIBLE (HEMBRA- MACHO- ACOPLE DE POLIURETANO)	2	2	3	2	2	3	24
2	34-MP-SP01-0010	ALOJAMIENTO DE SOPORTE ALETA FLPMW00-01 ZPMC	3	2	3	1	1	2	27
3	34-OR-SP04-0001	ANILLO SEGUER 30 X 1.5	2	2	3	2	1	1	18
4	34-OR-SP04-0002	ANILLO SEGUER BR47 INA	2	2	3	2	1	1	18
5	34-WA-SP04-0001	ARANDELA	4	3	4	2	2	3	56
6	34-WA-SP04-0003	ARANDELA (WASHER) DE TWIST LOCK 2	4	3	4	2	1	3	52
7	34-MP-SP04-0020	ASSEMBLY ARM	2	2	3	1	2	4	24
8	34-EP-SP04-0001	BASE DE CONEXIÓN ASI	2	1	2	1	1	1	12
...
121	34-VA-SP01-0004	VALVULA DE DIRECCION	4	2	4	1	2	4	52
122	34-VA-SP04-0015	VALVULA DE PASO PRESION	3	3	4	2	3	4	48
123	34-VA-SP04-0016	VALVULA DE PRESION FLIPPER	2	3	1	2	2	2	20
124	34-VA-SP04-0017	VALVULA DE TWIST LOCK/FLIP/LOCKPIN/TWIN	3	3	4	2	2	4	45
125	34-VA-GP-0001	VALVULA DIRECCIONAL DG4V-3-2C-M-U-D6-60	3	3	4	2	2	3	42

Elaboración Propia

Tabla 4. 3 Clasificación de los Repuestos según su grado de Criticidad

N°	Código del Repuesto en el Sistema	Repuestos Spreader ZPMC y Smit	FF*CF
			Índice de Criticidad
5	34-WA-SP04-0001	ARANDELA	56
56	34-PS-SP04-0004	FUENTE DE ALIMENTACION OUT 24VDC/20 A	56
71	34-MO-SP01-0002	MOTOR HIDRAULICO SISTEMA TELESCOPICO N/P 112A-071-AT-0-F	54
114	34-TW-SP04-0008	TWIST LOCK	54
...
70	34-MO-SP01-0001	MOTOR ELÉCTRICO 8.6KW 60HZ	51
97	34-SD-QC-0004	SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO M30 10-30VDC SN: 15MM 4-PIN	51
111	34-MO-QC-0009	TORQUEMOTOR HIDRAULICO P/N 780-0470-000-000-031	51
14	34-PU-SP04-0002	BOMBA HIDRAULICA	48
19	34-TW-SP04-0003	CAMISA DE TWIST LOCK	48
27	34-CY-SP04-0003	CILINDRO DE TWISTLOCK	48
53	34-PS-SP04-0001	FUENTE DE ALIMENTACION AS-I MODELO AC1216 IFM ELECTRONIC	48
55	34-PS-SP04-0006	FUENTE DE ALIMENTACION MONOFASICA QUINT-PS-100-240AC/24DC/20 PHOENIX CONTACT	48
59	34-TW-SP-0002	GUIA TWISTLOCK	48
...
50	34-MP-SP04-0011	FLIPPER ASSEMBLY	28
2	34-MP-SP01-0010	ALOJAMIENTO DE SOPORTE ALETA FLPMW00-01 ZPMC	27
12	34-MP-SP04-0008	BIELA DE TWIST LOCK IZQUIERDA	26
26	34-CY-SP04-0004	CILINDRO DE FLIPPER	26
42	34-SH-SP04-0001	EJE CONJUNTO GIRO FLIPPER	26
1	34-PM-SP04-0004	ACOPLE FLEXIBLE (HEMBRA- MACHO- ACOPLE DE POLIURETANO)	24
7	34-MP-SP04-0020	ASSEMBLY ARM	24
...
102	34-MP-SP04-0016	TAPA BASE ASI AC-3000	8
94	34-MP-SP04-0018	SELECTOR DE DOS POSICIONES VUELTA CERO	7
108	34-MP-SP04-0023	TERMINACION DE CADENAS PORTACABLES	7
35	34-CN-SP04-0002	CONECTOR HEMBRA M-12 ACODADO C/CABL	6
37	34-CN-SP04-0003	CONECTOR MACHO M-12 ACODADO	6
101	34-OR-SP04-0003	SNAP RING	6
78	34-MI-SP04-0001	PROTECTOR PARA CONECTOR MACHO PROT-M12 FS PHOENIX CONTACT, 1560251	5
103	34-MP-SP04-0024	TAPA DE CIERRE CONECTOR HEMBRA PROT-M12 PHOENIX CONTACT, 1680539	5

Elaboración Propia

El rango de criticidad establecido es el siguiente:

50 < Índice de Criticidad < 60

Criticidad Alta y se representa de color rojo

25 < Índice de Criticidad < 49

Criticidad Media y se representa de color amarillo

5 < Índice de Criticidad < 24

Criticidad Baja y se representa de color verde

El total de repuestos críticos en los Spreaders (Críticidad Alta) es de 15, lo cual representa un 12% del total de repuestos. El total de repuestos no críticos (Críticidad Media y Baja) es de 110 y representa un 88%.

4.2. Análisis de Riesgos y sus Impactos

El principal fin de este paso es entender la causa, el efecto y la probabilidad de eventos adversos para administrar de manera óptima los riesgos y reducirlos a un nivel aceptable. Para ello se aplicará una Metodología para la Gestión de Riesgos y se realizará un Análisis Económico de los Spreaders.

4.2.1 Metodología para la Gestión de Riesgos

Siguiendo los pasos de la figura 2.3 (página 37), ya se tiene el primer punto que es la Clasificación de los activos. Los demás puntos que consisten en la Identificación de los riesgos, Medidas de control, Niveles de riesgo y Niveles de tolerancia, serán mostrados en la siguiente tabla. Las acciones a tomar según el Grado de cada Riesgo han sido mencionadas en la tabla 2.1.

Tabla 4. 4 Grado de Riesgo de Activos Críticos

N°	Repuestos Spreader ZPMC y Smit	Riesgos Potenciales	Posibles Causas	Controles Existentes y Propuestos	Probabilidad de Ocurrencia	Consecuencias	Grado de Riesgo
5	ARANDELA	Aflojamiento de pines de aseguramiento de contenedores (Spreader inoperativo)	Falta de ajuste / Siniestros por mala operación	Plan de mantenimiento / Capacitación y evaluación permanente de operadores	D	4	II
56	FUENTE DE ALIMENTACION OUT 24VDC/20 A	Falta de alimentación de circuitos eléctricos de control (Spreader inoperativo)	Sobrecargas y/o cortocircuitos	Inspección de conexiones eléctricas / Verificación de daños en cables eléctricos	D	4	II
71	MOTOR HIDRAULICO SISTEMA TELESCOPICO N/P 112A-071-AT-0-F	Dificultad para carga de contenedores de 40' (Spreader operativo con restricciones)	Siniestros por mala operación	Capacitación y evaluación permanente de operadores	C	3	II
114	TWIST LOCK	Caída de contenedor durante operaciones (Spreader inoperativo)	Falta de ajuste / Siniestros por mala operación	Plan de mantenimiento / Capacitación y evaluación permanente de operadores	B	5	I
115	TWISTLOCK PIN KIT NP 1002783 BROMMA	Caída de contenedor durante operaciones (Spreader inoperativo)	Falta de ajuste / Siniestros por mala operación	Plan de mantenimiento / Capacitación y evaluación permanente de operadores	B	5	I
6	ARANDELA (WASHER) DE TWIST LOCK 2	Aflojamiento de pines de aseguramiento de contenedores (Spreader inoperativo)	Falta de ajuste / Siniestros por mala operación	Plan de mantenimiento / Capacitación y evaluación permanente de operadores	D	4	II
66	MODULO ASI 4 IN + 4 OUT	Pérdida de comunicación entre componentes sensores y actuadores (Spreader inoperativo)	Sobrecargas y/o cortocircuitos	Inspección de conexiones eléctricas / Verificación de daños en cables eléctricos	D	3	III
68	MODULO DE COMUNICACION AS-I M12 4DI 4DO AC2412 IFM	Pérdida de comunicación entre componentes sensores y actuadores (Spreader inoperativo)	Sobrecargas y/o cortocircuitos	Inspección de conexiones eléctricas / Verificación de daños en cables eléctricos	D	3	III
75	PORTARELE MINIATURA CON LED Y TERMINALES TORNILLO	Pérdida de comunicación con actuadores (Spreader operativo con restricciones)	Ajuste de conexiones eléctricas / Siniestros por mala operación	Plan de mantenimiento / Capacitación y evaluación permanente de operadores	C	3	II
120	VALVULA DE CONTROL TWIST LOCKS/FLIPPER	Pérdida de funciones de aseguramiento de contenedores (Spreader inoperativo)	Ajuste de conexiones hidráulicas / Siniestros por mala operación	Plan de mantenimiento / Capacitación y evaluación permanente de operadores	C	4	I
121	VALVULA DE DIRECCION	Pérdida de funciones de aseguramiento de contenedores (Spreader inoperativo)	Ajuste de conexiones hidráulicas / Siniestros por mala operación	Plan de mantenimiento / Capacitación y evaluación permanente de operadores	C	4	I
69	MOTOR ELÉCTRICO 440VAC	Pérdida total de funciones (Spreader inoperativo)	Sobrecargas y/o cortocircuitos	Inspección de conexiones eléctricas / Verificación de daños en cables eléctricos	D	4	II
70	MOTOR ELÉCTRICO 8.6KW 60HZ	Pérdida total de funciones (Spreader inoperativo)	Sobrecargas y/o cortocircuitos	Inspección de conexiones eléctricas / Verificación de daños en cables eléctricos	D	4	II
97	SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO M30 10-30VDC SN: 15MM 4-PIN	Pérdida de señales de posicionamiento (Spreader inoperativo)	Ajuste de conexiones eléctricas / Siniestros por mala operación	Plan de mantenimiento / Capacitación y evaluación permanente de operadores	C	3	II
111	TORQUEMOTOR HIDRAULICO P/N 780-0470-000-000-031	Pérdida de guía para enganche de contenedores (Spreader operativo con restricciones)	Ajuste de conexiones hidráulicas / Siniestros por mala operación	Plan de mantenimiento / Capacitación y evaluación permanente de operadores	C	3	II

Elaboración Propia

4.2.2 Análisis Económico de la Gestión de Activos

En este punto se elaborará la Curva de la Bañera para cada Spreader (ZPMC y Smit), con la finalidad de representar de manera general las fases de vida de los 15 activos críticos ya mencionados. Con esto se visualizará las tasas de fallos respecto al tiempo: fallas iniciales, fallas normales y fallas de desgaste.

Curva 1 (Spreader ZPMC)

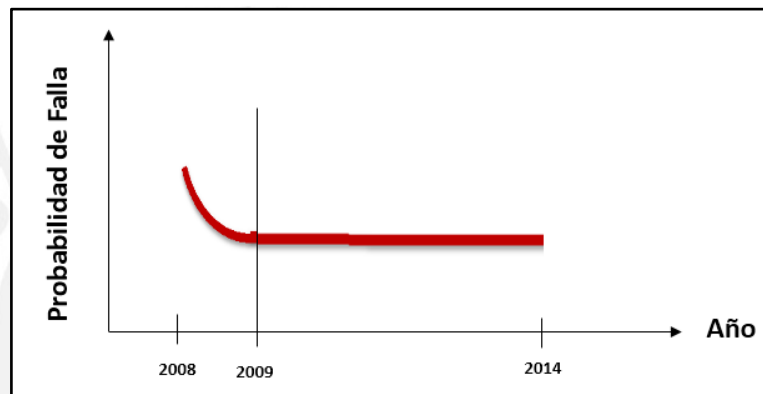


Figura 4. 1 Curva de la Bañera del Spreader ZPMC
Elaboración Propia

Interpretación: El Spreader ZPMC fue fabricado y puesto en uso en el año 2008, según testimonios de los especialistas la etapa de mortalidad infantil o fallas iniciales duró aproximadamente 1 año. A partir del año 2009, la probabilidad de falla llegó a su punto mínimo y continúa casi constante hasta ahora, por lo que se concluye que el Spreader se encuentra en la etapa de vida útil o fallas normales.

Curva 2 (Spreader Smit)

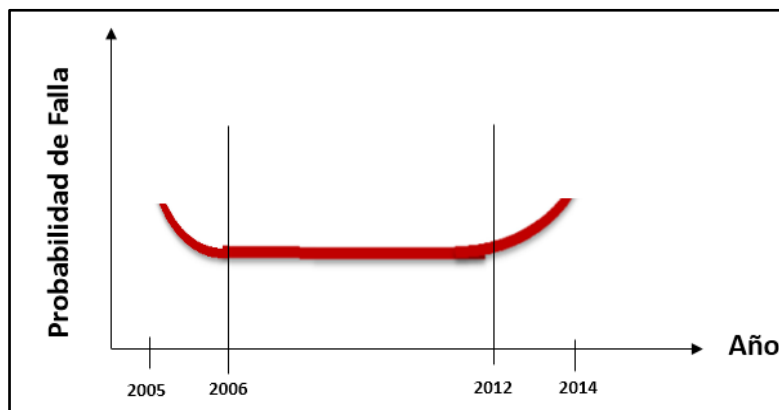


Figura 4. 2 Curva de la Bañera del Spreader Smit
Elaboración Propia

Interpretación: El Spreader Smit fue fabricado y puesto en uso en el año 2005, según testimonios de los especialistas la etapa de mortalidad infantil o fallas iniciales duró aproximadamente 1 año. A partir del 2006, la probabilidad de falla se estabilizó y continuó así hasta inicios del año 2012. Desde ese año, el Spreader presenta fallas cada vez con mayor frecuencia, por lo que se concluye que se encuentra en la etapa de desgaste.

A continuación se le asignará un tipo de curva (1,2) a cada uno de los activos críticos, según al Spreader al que corresponda:

Tabla 4. 5 Tipo de Curva de la Bañera de cada Activo Crítico

N°	Código del Repuesto en el Sistema	Repuestos Spreader ZPMC y Smit	FF	Curva
5	34-WA-SP04-0001	ARANDELA	4	2
56	34-PS-SP04-0004	FUENTE DE ALIMENTACION OUT 24VDC/20 A	4	2
71	34-MO-SP01-0002	MOTOR HIDRAULICO SISTEMA TELESCOPICO N/P 112A-071-AT-0-F	3	1
114	34-TW-SP04-0008	TWIST LOCK	3	2
115	34-TW-SP05-0001	TWISTLOCK PIN KIT NP 1002783 BROMMA	3	1
6	34-WA-SP04-0003	ARANDELA (WASHER) DE TWIST LOCK 2	4	2
66	34-EP-SP04-0002	MODULO ASI 4 IN + 4 OUT	4	2
68	34-EC-SP04-0010	MODULO DE COMUNICACION AS-I M12 4DI 4DO AC2412 IFM	4	2
75	34-MI-QC-0009	PORTARELE MINIATURA CON LED Y TERMINALES TORNILLO	4	2
120	34-VA-SP04-0014	VALVULA DE CONTROL TWIST LOCKS/FLIPPER	4	2
121	34-VA-SP01-0004	VALVULA DE DIRECCION	4	1

69	34-MO-SP04-0001	MOTOR ELÉCTRICO 440VAC	3	1
70	34-MO-SP01-0001	MOTOR ELÉCTRICO 8.6KW 60HZ	3	1
97	34-SD-QC-0004	SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO M30 10-30VDC SN: 15MM 4-PIN	3	1
111	34-MO-QC-0009	TORQUEMOTOR HIDRAULICO P/N 780-0470-000-000-031	3	1

Elaboración Propia

Como se aprecia en la tabla anterior, el 87,5% de los activos críticos con FF 4 (más de 6 fallas al año) corresponden al Spreader Smit.

4.3. Supervisión de las Condiciones y Desempeño de los Activos Críticos

En este paso se analizarán las condiciones y el desempeño de los activos críticos durante todo su ciclo de vida: Planificación, Especificación, Adquisición, Utilización, Operación y Mantenimiento y Descarte.

- ✓ **Planificación:** La empresa opera actualmente con activos cedidos en la concesión del puerto. Sin embargo, como ya se ha analizado en las tablas anteriores, es necesaria la adquisición de nuevos activos críticos correspondientes al Spreader Smit, debido a que se encuentran en su etapa de desgaste. El equipo de trabajo deberá enviar su planificación ya sea semestral o anual de los activos críticos al área de Procurement (compras) para que esta se encargue de la gestión de adquisición.
- ✓ **Especificación:** Las especificaciones técnicas de cada activo deberán ser entregadas al área de Procurement junto a su planificación. Actualmente se viene realizando una buena gestión en dicha área: se realizan subastas inversas on-line con los proveedores para que la gestión sea totalmente transparente y se cumpla con el objetivo de adquirir el activo solicitado al menor costo total de propiedad o Total Cost of Ownership.
- ✓ **Adquisición:** La compra de los activos se realizará en base a las especificaciones brindadas por el área usuaria, en este caso por el área de mantenimiento (equipo gestión de activos). Procurement gestionará la instalación del activo en caso fuese necesario así como también las garantías.

- ✓ Utilización: El activo quedará listo para ser utilizado cuando esté aprobado técnicamente por la persona encargada y se establezcan los mantenimientos respectivos.
- ✓ Operación y Mantenimiento: Es en esta etapa en donde se podrá notar claramente el efecto de una correcta gestión de activos que empezó en la planificación. Para ello, el equipo de gestión analizará los indicadores de desempeño propuestos en el punto 2.3.1. En la tabla 4.6 se muestra el análisis de cada activo crítico:



Tabla 4. 6 Indicadores de Desempeño de los Activos Críticos

N°	Código del Repuesto en el Sistema	Repuestos Spreader ZPMC y Smit	Indicadores (Anual)			
			Disponibilidad	Tasa de Fallas	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	Tiempo medio para restaurar (MTTR)
5	34-WA-SP04-0001	ARANDELA	76.57%	9	0.111	0.034
56	34-PS-SP04-0004	FUENTE DE ALIMENTACION OUT 24VDC/20 A	81.17%	8	0.125	0.029
71	34-MO-SP01-0002	MOTOR HIDRAULICO SISTEMA TELESCOPICO N/P 112A-071-AT-0-F	72.20%	5	0.200	0.077
114	34-TW-SP04-0008	TWIST LOCK	78.74%	6	0.167	0.045
115	34-TW-SP05-0001	TWISTLOCK PIN KIT NP 1002783 BROMMA	79.49%	6	0.167	0.043
6	34-WA-SP04-0003	ARANDELA (WASHER) DE TWIST LOCK 2	59.17%	10	0.100	0.069
66	34-EP-SP04-0002	MODULO ASI 4 IN + 4 OUT	79.11%	8	0.125	0.033
68	34-EC-SP04-0010	MODULO DE COMUNICACION AS-I M12 4DI 4DO AC2412 IFM	88.65%	8	0.125	0.016
75	34-MI-QC-0009	PORTARELE MINIATURA CON LED Y TERMINALES TORNILLO	88.81%	7	0.143	0.018
120	34-VA-SP04-0014	VALVULA DE CONTROL TWIST LOCKS/FLIPPER	59.81%	12	0.083	0.056
121	34-VA-SP01-0004	VALVULA DE DIRECCION	69.83%	9	0.111	0.048
69	34-MO-SP04-0001	MOTOR ELÉCTRICO 440VAC	75.76%	4	0.250	0.080
70	34-MO-SP01-0001	MOTOR ELÉCTRICO 8.6KW 60HZ	79.49%	3	0.333	0.086
97	34-SD-QC-0004	SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO M30 10-30VDC SN: 15MM 4-PIN	89.61%	4	0.250	0.029
111	34-MO-QC-0009	TORQUEMOTOR HIDRAULICO P/N 780-0470-000-000-031	75.76%	5	0.200	0.064

Elaboración Propia

Interpretación: Tomando como ejemplo el análisis del activo crítico con N° 120 (Válvula de Control Twist Locks / Flipper), se tiene que su disponibilidad es del 59,81%. El MTBF (Indicador de Confiabilidad) es de 0.083, es decir que cada 30 días el activo cumple su función sin interrupción debido a una falla funcional. Además, el MTTR (Indicador de Mantenibilidad) es de 0.056 lo cual indica que en promedio el tiempo para restaurar la función del activo después de una falla funcional es de 20.16 días. Este tiempo incluye el análisis y diagnóstico de la falla, tiempo para conseguir la refacción, tiempo de planeación, etc.

- ✓ Descarte y/o sustitución: Se recomienda sustituir aquellos activos críticos correspondientes al Spreader Smit, ya que se encuentran en la etapa de desgaste.

4.4. Análisis de Fallas

Se analizarán los modos y efectos de fallas del Spreader. Para ello se empleará la Matriz AMFE que toma en cuenta factores como Gravedad, Aparición y Detección y medirá el Número de Prioridad de Riesgo (NPR). Estos factores toman los valores de 10, 7, 4 y 1 dependiendo de cada Modo de Fallo. En la tabla 4.7 se muestra el análisis realizado:

Tabla 4. 7 Matriz AMFE del Spreader

Función del Activo	Modo de Fallo	Efecto	Causas	G	A	D	NPR inicial	Acciones Recomendadas
Spreader (Sostiene el contenedor para su embarque o descarga)	No hay presión en el sistema	La operación se detiene	La dirección de rotación de la bomba es incorrecta.	10	7	7	490	Cambiar los cables de la fase del motor en la grúa.
			La válvula de entrada está cerrada.					Colocar la válvula de entrada en la posición ON.
			El nivel de aceite en el tanque es muy bajo.					Llenar el tanque. Si hay pérdidas, rectificar.
			El acoplamiento flexible ha fallado.					Reemplazar el acoplamiento flexible.
			El eje de la bomba se rompió dentro de la carcasa.					Reemplazar o reparar la bomba.
			El componente hidráulico de bajada ha fallado.					Aislar el componente dañado y reemplazarlo o repararlo.
			La calibración de presión de la válvula de alivio o de la bomba es incorrecta.					Conectar el manómetro, aumentar la presión y verificar si la calibración de seguridad es correcta.

Función del Activo	Modo de Fallo	Efecto	Causas	G	A	D	NPR inicial	Acciones Recomendadas
			La válvula de no retorno a la salida de la bomba está mal puesta o dañada.	7	4	4	112	Verificar y rectificar.
			La válvula de purga de aire dentro del tanque hidráulico está dañada o falta ajustar.					Verificar y ajustar la válvula correctamente.
	El motor eléctrico no funciona o se detiene con frecuencia	La operación es muy lenta o se detiene	Fallo en la alimentación de energía de la grúa a la caja de conexiones o de la caja de conexiones al motor.					Verificar la alimentación de cada fase y de las fases balanceadas. Revisar el cableado para identificar daños o conexiones sueltas.
			Si el modelo está provisto de un interruptor de apago de emergencia, es posible que este esté desactivado.					Verificar y activar.
			El interruptor de corriente de la grúa se ha accionado. El diferencial del circuito en la grúa se ha detenido.					Identificar la causa de sobrecarga, rectificar y encender.
			La regulación de presión de la válvula de seguridad o de la bomba es incorrecta, ocasionando sobrecarga y detención de alimentación.					Conectar el manómetro, aumentar la presión y verificar si la calibración de seguridad es correcta.
			El motor eléctrico está dañado.					Verificar y reparar o reemplazar el motor.
			El tipo de aceite usado es demasiado viscoso.					Reemplazar el aceite con el tipo apropiado a las condiciones climáticas.
	El calentador de aceite, en caso de que se requiera y de que sea provisto, no funciona.	Verificar el calentador de aceite y reparar o reemplazar.						

Función del Activo	Modo de Fallo	Efecto	Causas	G	A	D	NPR inicial	Acciones Recomendadas
	La bomba hace mucho ruido o se calienta demasiado	Molestias en el operador	Ha entrado aire al sistema debido a que el nivel de aceite en el tanque es demasiado bajo.	4	4	7	112	Llenar el tanque. Si hay pérdidas, rectificar.
			La bomba y el motor hidráulico no están alineados correctamente.					Examinar el montaje del motor, de la bomba y verificar la alineación.
			La bomba puede estar fallando.					Verificar y reparar la bomba.
			El agua ha contaminado el aceite por condensación de humedad (el aceite se puso blanco).					Cambiar el aceite del tanque. Comprobar que el respirador esté limpio.
			El aceite está caliente debido a que el nivel en el tanque está bajo o que hay pérdidas internas en las válvulas de seguridad.					Llenar el tanque y verificar la regulación de presión de la bomba y de la válvula de seguridad.
	El accionamiento telescópico del spreader no funciona	La operación se detiene	El motor eléctrico o de la bomba no funciona.	10	7	4	280	Verificar y rectificar.
			El spreader no recibe órdenes de la grúa.					Examinar el cableado/comando en la caja de conexiones y la bobina solenoide telescópica y rectificar.
			Los dispositivos de seguridad eléctricos o mecánicos están activados y no permiten el movimiento telescópico.					Verificar si los dispositivos están activados y rectificar la situación antes de ejecutar el comando telescópico.
			La bobina solenoide de la válvula está dañada.					Examinar la resistencia, comparar la pieza con una del mismo número de una bobina en buenas condiciones y reemplazar.
			La válvula de control direccional está sucia y el carrete está trabado.					Desconectar los enchufes, operar la válvula manualmente. Reemplazar si es necesario.
Las superficies deslizantes telescópicas están secas.	Engrasar las superficies deslizantes, los cojines, la cadena de accionamiento, el alojamiento de rodamientos del piñón, etc.							

Función del Activo	Modo de Fallo	Efecto	Causas	G	A	D	NPR inicial	Acciones Recomendadas
			La válvula de no retorno a la salida de la bomba está mal puesta o dañada.					Verificar y rectificar.
			La válvula de purga de aire dentro del tanque hidráulico está dañada o falta ajustar.					Examinar y rectificar.
			La cadena está rota.					Reemplazar el eslabón roto. Verificar que el corte telescópico se esté produciendo en la posición correcta, que las vigas telescópicas estén parejas dentro del cuerpo central, que la válvula de alivio cross-line no esté perdiendo aceite.
			El motor hidráulico o la caja de engranajes está defectuosa.					Retirar el motor hidráulico y comprobar la dirección de rotación en forma manual. Verificar si hay pérdidas.
Los twistlocks no funcionan	La operación se detiene	La cadena está rota.	10	10	4	400	Ya fue mencionado.	
		El spreader no recibe órdenes de la grúa.					Ya fue mencionado.	
		Los dispositivos de seguridad eléctricos o mecánicos están activados y no permiten el movimiento telescópico.					Ya fue mencionado.	
		La bobina solenoide de la válvula está dañada.					Ya fue mencionado.	
		La válvula de control direccional está sucia y el carrete está trabado.					Ya fue mencionado.	
		El caudal de la válvula de reducción de presión del twistlock es demasiado bajo.					Acoplar un manómetro al punto de prueba ubicado en la válvula y ajustar.	
		El cilindro de twistlock está dañado.					Desconectar el cilindro y verificar si funciona.	
		Los pasadores de punto de apoyo del cilindro están doblados o rotos.					Reemplazar los pasadores de punto de apoyo.	

Elaboración Propia

Como se puede notar, el Modo de Fallo con mayor NPR es “No hay presión en el sistema” seguido de “Los twistlocks no funcionan”. El equipo de gestión de activos deberá capacitar a las personas para que sepan qué acciones tomar frente a cada Modo de Fallo. Este análisis es de mucha utilidad ya que se tienen todas las posibles causas para cada Modo de Fallo y sus respectivas acciones a tomar. El AMFE ayuda a disminuir el tiempo de atención al activo cuando éste falle por lo que es necesario que esta tabla se debe actualizar constantemente, ya que conforme pase el tiempo aparecerán nuevos Modos de Fallo.



CAPÍTULO V: ANÁLISIS ECONÓMICO

Luego de haber realizado la propuesta de mejora para la gestión de activos físicos de grúas pórtico, es necesario elaborar una evaluación del impacto que tendrían estas mejoras en la empresa. Para eso, se evaluará la inversión y el ahorro obtenido una vez implementada la mejora en la gestión.

5.1 Inversiones Requeridas

Parte de la inversión serán los recursos necesarios para que las tres personas contratadas por la empresa como el Equipo de Gestión de Activos Físicos (un facilitador y dos colaboradores) puedan realizar sus actividades. La empresa deberá abonar mensualmente el pago salarial de las tres personas y anualmente se deberá incluir en su boleta de pago todos los derechos que por Ley le corresponden al empleado (Gratificación, Utilidades, CTS, etc.).

Además, se considerará como parte de la inversión a un grupo consultor que se encargará de la implementación de la gestión de activos físicos. Los consultores dejarán el proyecto en marcha para que el Equipo de Gestión de Activos continúe con la metodología, la controle y la mejore según las nuevas necesidades. A continuación el detalle de los costos:

Tabla 5. 1 Detalle de la Inversión

Descripción	Costo
Construcción y acabados de la oficina (60m ²)	S/. 150,000.00
Escritorios, sillas y muebles de oficina	S/. 19,500.00
Computadoras	S/. 18,000.00
Radios Walkie-Talkie	S/. 4,500.00
Fotocopiadora, trituradora y útiles de oficina	S/. 9,000.00
Instalaciones eléctricas e hídricas	S/. 15,000.00
Instalación de muebles y decoración	S/. 10,000.00
Implementación Gestión Activos Físicos (*)	S/. 30,000.00
Capacitaciones	S/. 20,000.00
SUMA PAGO ÚNICO (Inversión Inicial)	S/. 276,000.00
Pago Mensual Facilitador (1)	S/. 7,500.00
Pago Mensual Colaboradores (2)	S/. 11,000.00
SUMA PAGO MENSUAL	S/. 18,500.00
SUMA PAGO ANUAL (incluido derechos)	S/. 444,000.00

Elaboración Propia

(*) Consultoría de 70 horas, pago aproximado.

Tabla 5. 2 Cronograma de Implementación

N°	ACTIVIDADES	DÍAS													
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
1	Construcción y acabados de la oficina	■	■	■	■										
2	Instalación eléctricas e hídricas					■	■								
3	Compra de los muebles y accesorios						■								
4	Instalación de muebles y decoración							■	■						
5	Implementación Gestión de Activos Físicos									■	■	■	■		
6	Capacitaciones al equipo													■	■

Elaboración Propia

5.2 Ahorros Generados

Según la Base de Datos, en el año 2013 se tuvieron un aproximado de 200 horas de breakdowns por grúa malograda. De ese total, el 60% corresponde a grúa malograda por fallas en el Spreader, es decir 120 horas. El costo de oportunidad referencial por tener la grúa pórtico inoperativa es de \$2 000 (S/. 5 800 T/C SUNAT al 27/11/14) por hora, esta cifra fue brindada por el Director de Operaciones e incluye los siguientes costos:

- Ganancia de como mínimo 25 movimientos de contenedores (Tarifa de la empresa hacia las líneas navieras).
- Mano de obra no utilizada (estibadores). El pago es por turno de trabajo, no pertenecen a planilla.
- Pago por tardanza a la línea naviera del siguiente buque que anclará, ya que se le atenderá fuera de su ventana de atraque (horario reservado para su atención).
- Otros costos no detallados.

Por lo tanto, si la empresa hubiese implementado la mejora propuesta de Gestión de Activos Físicos en el Spreader de la Grúa Pórtico en el año 2013, esta no hubiese dejado de ganar en promedio S/. 696 000.

5.3. Evaluación Económica de la Propuesta de Mejora

A continuación se calculará el VAN, TIR y el PRI (Periodo de recuperación de la inversión). En el año 0 los egresos serán la Inversión Inicial que fue calculada en la Tabla 5.1. Para el cálculo del VAN se consideró un TMAR de 15%, este dato fue brindado por el Área de Finanzas de la empresa.

Tabla 5. 3 Flujo de Caja

Año	Ingresos	Egresos	Flujo
0		276000	-276000
1	696000	444000	252000
2	696000	444000	252000
3	696000	444000	252000
4	696000	444000	252000
5	696000	444000	252000

Elaboración Propia

Realizando los cálculos correspondientes se obtuvieron los siguientes resultados:

- VAN = S/.844 743.08
- TIR = 87%
- PRI = 1.09 años \approx 14 meses

Para la inversión realizada la tasa interna de retorno es de 87% y el valor actual neto es S/. 844 743.08 para un periodo de tiempo estimado en 5 años, lo que demuestra la viabilidad de la propuesta y los beneficios que al implementarla le traería a la empresa.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Luego de la aplicación de una Gestión de Activos Físicos al Spreader de la Grúa Pórtico, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- ✓ En el Análisis de Criticidad de los 125 activos: 15 son activos críticos (12%), 49 son activos semicríticos (39,2%), 61 son activos no críticos (48,8%). El 12% de activos del Spreader son críticos, por lo tanto se debe tener un mayor control de acuerdo al estado de conservación de los mismos. Así como también, se deberá establecer el stock mínimo de repuestos.
- ✓ En el Análisis de Gestión de Riesgos de los 15 activos críticos: 4 son activos con categoría Crítico y condición No aceptable, 9 son activos con categoría Grave y condición Indeseable, 2 son activos con categoría Moderado y condición Aceptable con controles. Para el caso de los activos con categoría Crítico y condición No aceptable, se propuso como controles la capacitación y evaluación permanente de los operadores además del plan de mantenimiento. Sin embargo, estos cuatro activos deberán ser monitoreados y evaluados constantemente hasta lograr reducir el riesgo al grado III.
- ✓ De los 15 activos estudiados, 8 de ellos se encuentran dentro del periodo de vida útil, por tanto las fallas a presentarse serán de tipo aleatoria. La aplicación de un correcto monitoreo y mantenimiento preventivo serán las herramientas efectivas para optimizar e incrementar la operación del Spreader, garantizando de esa manera su disponibilidad y confiabilidad. Los 7 activos restantes se encuentran en su etapa de desgaste, por lo que deberían ser sustituidos por activos nuevos, ya que presentan problemas estructurales debido a la antigüedad.
- ✓ El análisis del Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) permite determinar la frecuencia óptima de intervención de cada uno de los activos críticos. Además de optimizar el

cambio sistemático de componentes en función de la frecuencia de fallas. El análisis del MTTR permite conocer el tiempo aproximado que se tarda en restaurar la función del activo. Esto es de utilidad pues se puede saber por cuánto tiempo se utilizará un activo como back-up o cambiar el Spreader por ese tiempo hasta que el activo sea restaurado.

- ✓ Según el AMEF realizado y la clasificación obtenida a través del NPR (Número de Prioridad de Riesgo), de las 39 causas de Modo de Fallo analizados: 17 son inaceptables (43,6%), 22 son de reducción deseable (56,4%).
- ✓ Mediante la aplicación de la Gestión de Activos al Spreader de la Grúa Pórtico, se logra la optimización del Mantenimiento Preventivo y la implementación de un Mantenimiento Predictivo al conocerse los indicadores estudiados durante el desarrollo del capítulo IV.
- ✓ Se logra aumentar la vida útil de los activos, así como su disponibilidad al disminuir las fallas y sus consecuencias. Con esto se logra aumentar la operatividad del Spreader.
- ✓ Mediante el análisis económico se determinó que la aplicación de una Gestión de Activos Físicos es rentable, ya que el VPN es mayor a cero.

6.2. Recomendaciones

Según las conclusiones obtenidas, se pueden emitir las siguientes recomendaciones:

- ✓ El equipo consultor para la implementación de una gestión de activos físicos deberá establecer un formato que permita llevar un histórico de todos los incidentes ocurridos con los activos, ya sean fallas, demoras, etc. Estos datos son de utilidad para determinar los indicadores mencionados durante el desarrollo del presente trabajo y así tomar las decisiones correctas.

- ✓ Establecer la adquisición de los activos críticos en cantidad y tiempos óptimos. El equipo de gestión de activos físicos deberá realizar un estudio para determinar los stocks mínimos y máximos, considerando la criticidad de los activos y la reposición automática de los mismos.
- ✓ Actualizar el Plan de Mantenimiento Preventivo de los activos del Spreader, así como también implementar un Plan de Mantenimiento Predictivo basándose en el estudio realizado en este trabajo.
- ✓ Establecer un plan de recambio de aquellos activos que han superado su vida útil. A través de un estudio de impacto de fallas de los activos, se podrá definir tanto el nivel de gasto de mantenimiento como el downtime generado. Esto se podrá establecer mediante la metodología del LCC (Life cycle cost) mencionada en el punto 2.5.
- ✓ Aplicar la gestión de activos físicos a toda la grúa pórtico. Este ha sido un proyecto piloto para dar a conocer cómo aplicar la metodología en la familia más crítica de la grúa; sin embargo, si se realizara la gestión en toda la grúa la disponibilidad de la misma aumentaría y por tanto se conseguiría más ahorro.
- ✓ Dar a conocer los cambios realizados en el área de mantenimiento a toda la empresa, para que se pueda replantear el plan estratégico y así cumplir con el objetivo de una gestión de activos físicos: manejar de manera óptima los activos físicos con el propósito de lograr el cumplimiento del plan estratégico de la empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGELL, D.
2009 *Asset Management applied at utilities. First Annual Conference New Diagnostic Concepts for better Asset Management.* (Commonwealth Edison).
- ANDREWS y MOSS
1993 *Reliability and Risk Management-* (Longman).
- AS/NZS 4360
2004 *Risk Management, Australia and New Zealand Standards*
- Apunte Gestión Moderna del Mantenimiento. Versión 2.0. Disponible en Web: http://grupos.emagister.com/documento/manual_del_ingeniero_de_mantenimiento/1044-40586
- BS PAS 55-2004
2004 *Asset Management, Part 2: Guidelines for the application of PAS 55-1.* (British Standard Institution).
- BURLE, Hélio
2012 *“Mantenimiento de la Gestión de Activos”,* presentación en el SIC Simposio Internacional de Confiabilidad.
- CIER
2004 *Seminario Internacional de mantenimiento y Servicios Asociados en Sistemas Eléctricos, Comisión de Integración Energética Regional.* (Cartagena 2003. Boletín CIER Año XII N°45).
- DAMSTRA
1999 *R. The Impact of a Condition Based Maintenance Strategy on Network System Operations.*
- GROEN, O.
2003 *Strategic Asset Management for Utilities – Optimizing the business of electricity transmission and distribution.* (CIRED Barcelona).
- GAYTÁN, Adalberto
2000 *Administración del Mantenimiento* (Monterrey, L. México).
- GROSS, J.
2002 *Fundamentals of preventive maintenance.* (American Management Association).

- HEINZ, S.
2003 *Risk - Based Asset Management*. CIRED Barcelona. 17° Conferencia Internacional de Ditrribución de Electricidad.

- HERCULANO, Adriano Souto,
2009 *“Medición y valoración de los costos en el sector del mantenimiento industrial de una minera: Impacto de gestión del ciclo de vida”* UFPB, 2009

- INTERNATIONAL COPPER ASSOCIATION LATIN AMERICA.
2012 *Gestión de Mantenimiento*. Chile

- IEC 60050-191: 1990,
1990 INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL VOCABULARY. *Chapter 191: Dependability and quality of service*. (International Electrotechnical Commission).

- KLETZ, T.
1986 Hazop and Hazan: Note on the identification an assessment of hazards (The Institution of Chemical Engineers)

- MOUBRAY, J.
1997 *Reability Centered Maintenance (RCM II) 2nd Ed.* (Industrial Press Inc.)

- MOUBRAY, J.
1999 *Reability Centered Maintenance – An Introduction*

- MARCORIN, Wilson R.
2004 Lima, Carlos A.C., *“Análisis de los Costos de Manutención de equipamentos productivos”*.

- NIEBEL, B.
1994 *Engineering maintenance management*. 2nd Ed. (Marcel Dekker Inc).

- NASCIMENTO, Sebastião Vieira do.
2010 *"Ingeniería Económica: la evaluación técnica y la selección de proyectos de inversión."* Río de Janeiro: Editora Ltda. .. Ciencia Moderna. "La importancia de la sustitución de equipos" elemento

en <http://www.logisticadescomplicada.com/a-importancia-da-substituicao-deequipamentos/>

- NAKAJIMA, S.
1988 *Introduction to total productive maintenance.* (Productivity Press)
- PÉREZ, Carlos Mario
2012 *Confiabilidad y evolución del mantenimiento. Soporte y Cia*
- PASCUAL, Rodrigo.
2002 *Curso Mantenición de Maquinaria, ME57A.* Universidad de Chile, Dpto. Ingeniería Mecánica. Chile: Santiago 2002.
- PINTELON, L., GELDERS, L. and PUYVELDE VAN, F.,
1997 *"Maintenance Management, Acco Leuven, Amersfoort"*.
- PINTO, Luis Henrique Terbeck,
2004 *"Análisis de Fallas - Temas de Ingeniería de Confiabilidad"*
Ingeniería de Mantenimiento Central
- REYES, Luis; OCAMPO, José.
1996 *Ingeniería de Mantenimiento. Teoría y Problemas Resueltos.* Primera edición. Salvador Editores. Perú: Lima.
- ROBLES ROJAS, Cristina
2014 *Audio 1 y 2. Entrevista del 05 de Mayo del 2014 a Adil Bennani.*
- SPGC S.A. (SOCIEDAD PORTUARIA GRANELERA DE CALDERA).
2014 *Estudio de sistemas de operaciones portuarias.* Consultado el 27 de Abril del <http://www.puertodecaldera.com/Infraestructura.aspx>
- SAKURADA, Eduardo Yuji,
2001 *"Análisis Técnico del Modo de Falla y Análisis de Efecto y Falla de Árbol en el Desarrollo y Evaluación de Productos"*. Florianópolis: Ingeniería Industrial / UFSC.
- SEIXAS, Eduardo
2012 *"Mantenimiento Centrado en la Gestión de Activos "*, ReliaSoft, Presentación en el 2º Seminario Amazónico de Mantenimiento
- TAVARES, L.
2000 *Administración Moderna de Mantenimiento.* (Novo Polo Pública)

