

**APLICACIÓN DEL MODELO DEL COSTO DE DESPERDICIO A LAS  
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN EL TALLER DE ESTRUCTURAS DEL  
CENTRO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE HELICOPETROS RUSOS  
CMR SAS**

**Ing. Q. DIANA CAROLINA MARTÍNEZ RODRÍGUEZ**

**Ing. M. LUIS NOLBERTO BARRAGÁN ROMERO**

**UNIVERSIDAD ECCI  
DIRECCIÓN DE POSGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BOGOTÁ D.C.  
2015**

**APLICACIÓN DEL MODELO DEL COSTO DE DESPERDICIO A LAS  
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN EL TALLER DE ESTRUCTURAS DEL  
CENTRO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE HELICOPTEROS RUSOS  
CMR SAS**

**Ing. Q. DIANA CAROLINA MARTÍNEZ RODRÍGUEZ  
Ing. M. LUIS NOLBERTO BARRAGÁN ROMERO**

**Monografía de investigación para optar al título de Especialistas en  
Gerencia de Mantenimiento**

**Director:  
Ing. MIGUEL ANGEL URIAN TINOCO  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**UNIVERSIDAD ECCI  
DIRECCIÓN DE POSGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BOGOTÁ D.C.  
2015**

## Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del Presidente del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

## **DEDICATORIA**

*La presente Monografía, la dedico y agradezco en primera instancia a Dios, por permitirme con sabiduría dar un paso más en mi carrera profesional como Especialista.*

*A la memoria de mi Papito, Abuelita y Tío Luis que desde el cielo me inspiran para seguir adelante.*

*A mi Mami, por hacer de mí una mujer disciplinada, gracias Madre por tus consejos, apoyo y amor incondicional*

*Y Finalmente, al Amor de mi Vida “Suboficial del Ejército Nacional Harold Topa” quien gracias a sus palabras, dedicación y amor incondicional me dio el valor y la fuerza suficiente para subir un escalón más en mi vida profesional.*

**Diana Carolina**

## **DEDICATORIA**

*Dedico esta monografía a Dios, a mi madre que está en el cielo, a mi esposa Katherine y a mi hijo Luis Felipe, que me alentaron moral y espiritualmente durante la culminación de mis estudios.*

**Luis Nolberto**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a todas aquellas personas que nos han ayudado desinteresadamente y con el deseo de nuestra superación profesional a la realización de este trabajo en especial:

- A Dios por brindarnos la sabiduría y la oportunidad de escalar profesionalmente.
- A la Universidad ECCI, por brindarnos los conocimientos y espacios para desarrollar la investigación
- A nuestras familias por su apoyo incondicional.
- A nuestro director de la monografía, MsC Miguel Ángel Urián, por su ayuda incondicional justa y en el momento preciso, aportándome ideas y soluciones a cada problema presentado, durante esta investigación.
- A la empresa CMR S.A.S. por su apoyo y disposición en la culminación de esta investigación.
- Finalmente a todas aquellas personas que de una forma u otra hicieron posible la culminación de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	14
ABSTRACT .....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
GLOSARIO .....	18
1. TITULO DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	26
2.1. Descripción Del Problema .....	26
2.2. Formulación Del Problema.....	27
2.3. Sistematización Del Problema .....	27
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
3.1 Objetivo General.....	29
3.2 Objetivos Específicos.....	29
4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN.....	30
4.1 Justificación del Problema .....	30
4.2 Delimitación.....	31
4.3 Limitaciones .....	31
5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	33
5.1 Marco Teórico.....	33
5.1.1 Mantenimiento .....	33
5.1.2 Tipos de Mantenimiento.....	34
5.1.3 Estructura de un Departamento de Mantenimiento.....	45
5.1.4 Costos en el Departamento de Mantenimiento .....	70
5.1.5 Programación.....	82
5.1.6 Manual de Procedimientos de Inspección .....	84
5.1.7 Nuevo Enfoque Para Optimizar El Mantenimiento en el Sector Aeronáutico	87
5.2 Estado del Arte .....	97

5.2.1	Estado Del Arte Internacional.....	97
5.2.2	Estado del Arte Nacional .....	99
5.2.3	Estado del Arte Local .....	100
6.	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	103
7.	DESARROLLO METODOLÓGICO.....	104
7.1	Etapa 1: Recolección de Información .....	115
7.2	Etapa 2: Análisis de Datos.....	124
7.2.1	Análisis de Datos Fase 1 Capacitación y Entrenamiento En Mantenimiento Esbelto ( <i>Lean Maintenance</i> ) .....	124
7.2.2	Análisis de Datos Fase 2. Diagnóstico de Valor Agregado en el Proceso de Mantenimiento. ....	127
7.2.3	Análisis de Datos Fase 3.Trazabilidad de la Causa- Raíz de los Desperdicios. ....	149
7.3	Etapa 3: Desarrollo del Proyecto .....	155
7.4	Etapa 4: Entrega de Resultados .....	163
8.	FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	165
8.1	Fuentes Primarias .....	165
8.2	Fuentes Secundarias .....	165
9.	COSTOS .....	166
10.	TALENTO HUMANO.....	168
11.	CONCLUSIONES.....	169
12.	RECOMENDACIONES.....	171
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	172

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Nivel de Conocimiento Vs Cantidad de Personal del Taller de Estructuras de CMR SAS.....	116
Tabla 2 Concepto Desperdicio en las actividades laborales de acuerdo con el perfil de Conocimiento. ....	126
Tabla 3 Resultados de Encuestas de acuerdo a los perfiles de conocimiento.....	127
Tabla 4. Desperdicios encontrados en la Actividades de Mantenimiento del Taller de Estructuras de CMR SAS.....	131
Tabla 5 Tabla Combinada de Operaciones de Mantenimiento en el Taller de Estructuras.....	133
Tabla 6. Matriz de Desperdicios de Actividades que No Agregan Valor .....	150
Tabla 7 Actividad con Desperdicios Adicionales.....	151
Tabla 8 Actividades con Desperdicio de Movimiento.....	152
Tabla 9 Actividades con Desperdicio de Espera.....	153
Tabla 10 Actividades con Desperdicio de Inventarios.....	154
Tabla 11. Aplicación del Primer Postulado del Modelo del Costo de Desperdicio en el Taller de Estructuras de CMR SAS. ....	156
Tabla 12 Estructura de Costos Real del Mantenimiento de un Componente "Capot" en el Taller de Estructuras .....	157
Tabla 13 Estructura de Costos Estandarizados o Presupuestados del Mantenimiento de un Componente "Capot" en el Taller de Estructuras .....	157
Tabla 14. Desperdicios identificados y no identificados en actividades de reparación de Componente Estructural "Capot" .....	161

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfico 1 Perfil de Asistentes a la Conferencia.....	124
Gráfico 2 Departamento que participaron en la Conferencia. ....	125
Gráfico 3. Resultados Encuesta de Identificación de Desperdicios Perfil 1- Técnico .....	128
Gráfico 4. Resultados Encuesta de Identificación de Desperdicios Perfil 2- Directivos .....	129
Gráfico 5 Resultados Encuesta de Identificación de Desperdicios Perfil 2- Directivos .....	130
Gráfico 6 Auditoría de Desperdicios en Actividades de Mantenimiento del Taller de Estructuras de CMR SAS. ....	131

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Organización de un Departamento de Mantenimiento .....	64
Ilustración 2 Clases de Costos en Mantenimiento.....	71
Ilustración 3 Utilización del Recurso Restante.....	73
Ilustración 4 C.D.M. Vs C.P.M. ....	75
Ilustración 5 Niveles de Mantenimiento .....	76
Ilustración 6 Cálculo de la tarifa de Mano de Obra.....	78
Ilustración 7 Tarifa de una Persona .....	78
Ilustración 8 Tipos de Investigación .....	103
Ilustración 9 Flujograma de Talleres .....	105
Ilustración 10 Organigrama General .....	107
Ilustración 11 Mapa de Valor del Taller de Estructuras .....	108
Ilustración 12 Principios del Modelo del Costo del Desperdicio.....	109
Ilustración 13 Matriz de Valor Agregado.....	112
Ilustración 14 Matriz Costo Vs Impacto .....	113
Ilustración 15 Mapa de Procesos Taller de Estructuras de CMR SAS Planta 1.	119
Ilustración 16 Distribución del Taller de Estructuras de CMR SAS. ....	121
Ilustración 17. Matriz de Valor Agregado Proceso de Mantenimiento Componente Estructural “Capot” .....	137
Ilustración 18. Matriz Costo - Impacto Proceso de Mantenimiento Componente Estructural “Capot” .....	144

Ilustración 19 Análisis y Propuesta de Desplazamientos de Actividades en el  
Taller de Estructuras..... 159

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1. Cuestionario de Preguntas

Anexo 2. Auditoria de Desperdicios

Anexo 3. Proceso de Reparación del Componente Capot

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo aplicar el modelo del costo del desperdicio a las operaciones desarrolladas en el proceso de mantenimiento en el Taller de Estructuras de la Organización de Mantenimiento de CMR SAS, de la ciudad de Bogotá- Colombia, la investigación tuvo como fin aplicar los principios y las metodologías del Modelo postulado por el Ing. Esp. Miguel Ángel Urián Tinoco, el cual está enfocado a establecer el impacto económico generado por los desperdicios en las diferentes tipos de actividades organizacionales (Urián, 2013)..

Para aplicar el modelo se identificaron los procesos desarrollados en el Taller de estructuras, en el mantenimiento y/o reparación estructural de aeronaves MI-8, donde a través del diseño de una metodología de 4 (Cuatro) fases, se logró involucrar el personal, se identificaron las actividades que no agregan valor y generan desperdicios, se determinaron los desperdicios y finalmente se aplicaron los postulados del Modelo del Costo del desperdicio evidenciando su aplicabilidad en el proceso de mantenimiento en el Taller de Estructuras de la Organización de Mantenimiento CMR SAS, perteneciente al Sector Aeronáutico .

## **ABSTRACT**

The present work has as objective apply the Cost Model of waste to operations in the maintenance process in the Workshop Structures of Maintenance Organization CMR SAS, city Bogota Colombia, the research was designed to implement the principles and methodologies of the model postulated by Eng. Miguel Angel Urian Tinoco, which is intended to establish the economic impact generated waste in the different types of organizational activities.

When apply the model the processes developed in the workshop of structures, maintenance and / or structural repair of Aircraft MI-8 series, where through the design of a methodology for four (4) phases, it was possible to involve staff identified, activities that add no value were identified and generate waste, waste is determined and finally the principles of the waste Cost Model applied demonstrating its applicability in the process of maintaining the structures Workshop Maintenance Organization CMR SAS, of the aviation sector.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el enfoque en el área de Mantenimiento tiene una orientación moderna, amplia e integral dejando atrás paradigmas donde la responsabilidad de la calidad de las actividades ejecutadas depende de las estrategias gerenciales. En la actualidad, la toma de decisiones y la estructuración de estrategias que optimicen la Gestión del Mantenimiento se debe involucrar a los trabajadores con el fin de generar cambios radicales en la forma de trabajar para aumentar la productividad y lograr la competitividad.

Este nuevo enfoque, para el área de mantenimiento tiene su origen desde el Sistema de Producción Toyota, el cual desde sus inicios fue aplicado a los procesos de manufactura y con este se dio paso a la aplicación del **Lean** que son metodologías ágiles o esbeltas de mejoramiento de procesos que permiten eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto o servicio.

Es decir, que las Empresas deben aplicar el **Lean** como estrategia de identificación de oportunidades de mejora, que en muchos casos no son perceptibles. Y que al aplicar esta herramienta se minimizan los desperdicios, reducen los costos, mejora la calidad, se mejora la eficiencia de la mano de obra y la eficiencia de los equipos.

Por tan razón, el concepto de **Lean**, no se ha desarrollado exclusivamente en la manufactura, se ha aplicado también en las diferentes áreas de una organización como lo es el Área de Mantenimiento, en donde se ha denominado **Lean Maintenance o Mantenimiento Esbelto**, que consiste en implementar una filosofía de Mejora Continua que permite reducir los costos de mantenimiento, optimizar los procesos y eliminar los desperdicios aumentando la confiabilidad operacional y la disponibilidad de los activos, con el fin de agregar valor a las actividades desarrolladas y mejorar el margen de utilidad esperado.

Es importante tener en cuenta que la aplicación del Mantenimiento Esbelto o Lean Maintenance, agrupa una serie de métodos o herramientas que minimizan el uso de recursos o reduce los desperdicios en los procesos de mantenimiento, estas herramientas han llevado a diferentes autores a proponer metodologías que permitan detectar los desperdicios dentro de las diferentes actividades desarrolladas en el Área de mantenimiento.

A partir de lo anteriormente descrito, el presente proyecto propone aplicar una herramienta de optimización para implantar Lean Maintenance denominada Modelo del Costo del Desperdicio en las operaciones desarrolladas en el proceso de mantenimiento en el Taller de Estructuras de la Organización de Mantenimiento de CMR SAS.

## GLOSARIO

**AERONAVEGABILIDAD:** Aptitud técnica y legal que deberá tener una aeronave para volar en condiciones de operación segura (CMR SAS, 2015).

**AEROTAXI (TAXI AÉREO):** Empresa de servicios aéreos comerciales de transporte público no regular, de pasajeros correo o carga, limitada a aeronaves de ala fija con peso bruto máximo de operación de hasta 12.500 kg. o 19 asientos excluida la tripulación determinada por el fabricante; o de ala rotatoria con peso bruto máximo de operación de hasta 13.500 Kg (CMR SAS, 2015).

**ALTERACIÓN:** Sustituir una parte o dispositivo de una aeronave mediante el remplazo de una unidad de equipo o sistema por otra de diferente tipo, que no sea parte del diseño tipo original de la aeronave tal como está descrito en las especificaciones de la misma (CMR SAS, 2015).

**APROBADO:** Aceptado por la UAEAC o por un estado contratante de la OACI, por ser idóneo para un fin determinado (CMR SAS, 2015).

**ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD:** Es la actividad que da a todos los interesados, la evidencia necesaria para tener confianza, de que la función de control de calidad se está realizando adecuadamente.

**BOLETÍN DE SERVICIO:** Documento originado por el fabricante de productos aeronáuticos, mediante el cual propone inspecciones, métodos, procedimientos o cambios en el mantenimiento de dichos productos fabricados por él (CMR SAS, 2015).

**CADENA DE VALOR:** Son todas las operaciones que transforman productos de la misma familia y son necesarias para ofrecerle al cliente un producto desde el

concepto o diseño, hasta la producción y envío. En una cadena de valor existen elementos tangibles e intangibles, como equipos, personas, métodos, conocimiento, habilidades diversas, energía, etcétera.

**CERTIFICADO DE AERONAVEGABILIDAD:** Documento público otorgado por la oficina de control y Seguridad Aérea de la UAEAC mediante el cual se acredita que, a la fecha de su otorgamiento, la aeronave en él descrita es Aero navegable, o sea, apta para ser operada en forma segura dentro de las condiciones asociadas a su categoría, clasificación y de acuerdo a las limitaciones establecidas en su Certificado Tipo (CMR SAS, 2015).

**CERTIFICADO DE OPERACIÓN:** Documento expedido por la oficina de Control y Seguridad Aérea de la UAEAC, certificando que el operador titular del mismo, cumple con las regulaciones de aeronáutica civil y con los requisitos técnicos necesarios para asumir la responsabilidad por la explotación de aeronaves, en servicios aéreos comerciales, bajo los términos y condiciones allí establecidos (CMR SAS, 2015).

**COMPONENTE:** Conjunto, parte, artículo, pieza o elemento constitutivo de una aeronave según las especificaciones del fabricante y por extensión, de la estructura, motor, hélice o accesorio de aquella.

**CONTROL DE CALIDAD:** Proceso de regulación, a través del cual se puede medir la cantidad real, compararla con las normas y actuar sobre la diferencia. Dentro de la organización de una empresa de servicios aéreos comerciales, dependencia responsable por dicho proceso.

**DAÑO OCULTO:** Inspección que busca posibles daños secundarios provocados por un daño encontrado, como daños por calor.

Daño visible a simple vista el cual para su detección se requieren inspecciones profundas que incluyen remoción de partes y/o pruebas especializadas por Ejemplo, pruebas no destructivas.

**DIRECTIVA DE AERONAVEGABILIDAD (AD):** Comunicación o publicación escrita de carácter mandatorio, emanada de la autoridad Aeronáutica Colombiana o la del país de origen de algún producto aeronáutico, que establece un trabajo, acción, método o procedimiento para aplicar a dichos productos aeronáuticos en los cuales exista una condición de inseguridad, con el objeto de preservar su aeronavegabilidad (CMR SAS, 2015).

**ESTRUCTURA (DE AERONAVES):** Cualquier clase de fuselaje con sus componentes, las superficies aerodinámicas, incluyendo rotores; pero excluyendo motores, hélices y planos aerodinámicos rotativos de motores y trenes de aterrizaje (CMR SAS, 2015).

**HORA DE VUELO:** Tiempo (hora) transcurrido entre el de celaje y el consiguiente aterrizaje.

**MANTENIMIENTO:** Inspección, revisión, reparación, conservación y cambio de partes; Tendientes a conservar las condiciones de aeronavegabilidad de una aeronave o componente de ella.

**MANTENIMIENTO DE LÍNEA:** Mantenimiento que se presta a una aeronave para que pueda continuar en vuelo. Comprende aprovisionamiento de fluidos y la corrección de defectos anotados por el piloto que no requieran reparaciones, sino cambio de componentes menores y accesorios. En determinados casos puede incluir cambio de motores y ciertas etapas de servicios de mantenimiento incluidos dentro del plan de mantenimiento propio del explotador, que haya sido aprobado por la UAEAC.

**MAPA DE VALOR:** Es una representación gráfica de los elementos de producción e información que permiten conocer y documentar el estado actual y futuro del proceso.

**MPI:** Manual de Procedimientos de Inspección: Este manual explica detalladamente el sistema de inspección interno, incluyendo la continuidad de la responsabilidad de inspección. Da ejemplos de los formularios de inspección usados y su método de ejecución. El manual da una detallada explicación de las siguientes partes del sistema de inspección: ingresos de materiales, inspección preliminar, daños ocultos, continuidad de inspección e inspección final de los productos y componentes mantenidos o alterados en estas instalaciones (CMR SAS, 2015).

**NO CONFORMIDAD:** Es un no cumplimiento a un requisito, norma o regulación.

**NO CONFORMIDAD MAYOR:** Incumplimiento de un requisito (Reglamento Aeronáutico Colombiano, Manual de Procedimientos de Inspección, ISO 9001 :2008, NTC 17025, etc. , según aplique) cuya gravedad afecta de forma temporal o permanente la capacidad de operación y funcionamiento del taller, laboratorio o dependencia objeto de dicha no conformidad, y que además podría conducir a la producción de resultados no confiables.

**NO CONFORMIDAD MENOR:** Incumplimiento de un requisito (Reglamento Aeronáutico Colombiano, Manual de Procedimientos de Inspección, ISO 9001 :2008, NTC 17025, etc., según aplique) cuya gravedad afecta de forma temporal la capacidad de operación y funcionamiento del taller, laboratorio o dependencia objeto de dicha no conformidad, pero no disminuye la capacidad de producir resultados técnicamente válidos.

**PARTE (DE PRODUCTO):** Todo material, componente o accesorio de equipo aeronáutico.

**PROCEDIMIENTO:** Método utilizado o modo de acción para el logro de un objetivo previamente definido.

**PROCESO:** Conjunto de actividades que tienen como fin ejecutar tareas de mantenimiento y/o reparación a una aeronave.

**REPARACION:** Restitución a las condiciones iniciales de una aeronave o producto, según su Certificado tipo.

**REPARACION GENERAL (OVERHAUL):** Trabajo técnico aeronáutico programado que se ejecuta a una aeronave y/o a sus componentes, después de haber cumplido el límite de tiempo operacional indicado por el fabricante y/o la UAEAC, para llevarlo a su condición de aeronavegabilidad original.

**REVISIÓN PERIÓDICA:** Trabajo técnico aeronáutico programado que se ejecuta a una aeronave y/o sus componentes a intervalos regulares de tiempo a horas determinadas de funcionamiento, o ante situaciones preestablecidas, de acuerdo a instrucciones del fabricante o a las disposiciones de la UAEAC, para conservar su condición de aeronavegabilidad original.

**TALLER AERONÁUTICO:** Establecimiento integrado por instalaciones con los medios para mantener, reparar o alterar aeronaves, estructuras, plantas motrices, hélices o componentes con permiso de funcionamiento otorgado por la UAEAC.

**TÉCNICO (MECÁNICO):** Persona titular de una licencia que lo habilita para efectuar trabajos de mantenimientos de aeronaves en línea o en relación con especialidades propias de talleres aeronáuticos.

**TEMC:** Técnico Especialista en Estructuras Metálicas y Materiales Compuestos.

**TIEMPO LÍMITE:** Tiempo en que un elemento, parte o componente debe ser retirado de servicio para ser probado, reparado o sometido a overhaul.

**TPM (*Total Productive Maintenance*, mantenimiento productivo total):** Es una metodología de mejora que permite la continuidad de la operación de los equipos y plantas.

## **TRAZABILIDAD**

- a. DE PARTES. Condición que debe cumplirse en relación con los materiales, componentes u otros productos aeronáuticos, permitiendo la posibilidad de rastrear o de hacer seguimiento sobre su historial o procedencia, uso y mantenimiento, hasta determinar quién ha sido su fabricante autorizado, de acuerdo con la documentación pertinente que así lo acredite.
- b. DE CALIBRACIÓN. Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón, en virtud de la cual ese resultado se puede relacionar con patrones nacionales o internacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones que tengan todas incertidumbres determinadas. Nota: El concepto de trazabilidad puede expresarse mediante el adjetivo “traceable.” (CMR SAS, 2015)

**UAEAC:** Unidad Administrativa de Aeronáutica Civil de Colombia: Entidad encargada de regular las actividades aéreas en Colombia (CMR SAS, 2015).

**VALOR AGREGADO:** Cualquier actividad que transforme un producto o servicio para satisfacer la necesidad del cliente.

## **1. TITULO DE LA INVESTIGACIÓN**

APLICACIÓN DEL MODELO DEL COSTO DEL DESPERDICIO A LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN EL TALLER DE ESTRUCTURAS DEL CENTRO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE HELICOPETROS RUSOS CMR SAS.

## **2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **2.1. Descripción Del Problema**

Actualmente la Organización Mantenimiento Aeronáutico, “Centro de Mantenimiento y Reparación de Helicópteros Rusos CMR S.A.S.”, cuenta con un Taller de Estructuras, en el cual se realizan trabajos de mantenimiento y reparación estructural de aeronaves Mi-8 series, durante las actividades realizadas en el Taller, se evidencian algunos desperdicios generados por; espera de repuestos, desplazamiento de personal, desperdicio de material, pago excesivo de horas extras, demoras en la entrega de los trabajos, sobre procesamiento y transporte; además se puede incurrir en otros desperdicios ocultos dentro de las mismas actividades.

Todo lo anterior se traduce en baja rentabilidad, altos costos en la ejecución del mantenimiento, servicio de menor calidad y finalmente activos de mantenimiento y operación costosa y baja productividad.

La aplicación de métodos de control, como la planificación del trabajo mediante el programa “Proyect”, sirven para evidenciar cómo se está realizando el proceso de mantenimiento y reparación de aeronaves de fabricación Rusa, la información suministrada debe ser tratada de forma inmediata como estrategia para la reducción de costos de repuestos, materiales, mano de obra en el proceso de mantenimiento en el Taller de Estructuras. Así mismo se pueden implementar estrategias para la disminución de tiempos en los desplazamientos del personal técnico-operativo del taller, que es crucial a la hora de ejecutar labores de mantenimiento.

Cuando la organización se propone analizar o implementar las herramientas de control, o incluso estrategias de reducción de tiempos en la ejecución de mantenimiento, tiene la oportunidad de suministrar una o varias soluciones sobre cómo gestionar los desperdicios en el Taller de Estructuras.

## **2.2. Formulación Del Problema**

De acuerdo a lo expresado anteriormente, en la descripción del problema se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Es aplicable el modelo del costo de desperdicio a las actividades de mantenimiento en el Taller de Estructuras del Centro de Mantenimiento y Reparación de Helicópteros Rusos CMR SAS?

## **2.3. Sistematización Del Problema**

Actualmente, para que un negocio pueda crecer y aumentar su rentabilidad, debe evaluar el rendimiento de sus factores de servicio (materiales, maquinas, personal y demás), con el fin de definir relación entre la calidad del servicio suministrado y la cantidad de recursos empleados. Por tal razón, la Organizaciones deben gestionar medidas que permitan mejorar el servicio de manera eficiente y eficaz.

Una de las herramientas adecuadas para que el servicio sea eficiente y eficaz es la reducción de los desperdicios, mediante técnicas que permiten detectar, prevenir y eliminar sistemáticamente los costos de desperdicio.

En esta oportunidad se presenta el caso de la Organización CMR SAS (Centro de Mantenimiento y Reparación de Helicópteros Rusos), que es una sociedad comercial constituida bajo las normas establecidas en la legislación Colombiana, orientada a prestar servicios de mantenimiento a partes y componentes de los helicópteros MI-8 SERIES, que operan en la región de Latinoamérica

Actualmente la Organización, para desarrollar las tareas de mantenimiento cuenta con talleres, como: Dinámicos, Hidráulica, Aviónica, Pruebas No

Destructivas, Metrología, Recubrimientos Metálicos, Trenes de Aterrizaje, Mecánica Industrial y Estructuras, donde se evidencian que algunos desperdicios generados por, espera de repuestos, desplazamiento de personal, desperdicio de material, pago excesivo de horas extras, demoras en la entrega de los trabajos, sobre procesamiento y transporte; además se puede incurrir en otros desperdicios ocultos dentro de las mismas actividades.

Todo lo anterior se traduce en baja rentabilidad, altos costos en la ejecución del mantenimiento, servicio de menor calidad y finalmente activos de mantenimiento y operación costosa y baja productividad.

Por consiguiente, es de resaltar que para lograr la reducción de desperdicios objeto de esta investigación se debe aplicar una metodología adecuada para optimizar los procesos de mantenimiento en el Taller de Estructuras de CMR SAS, respondiendo a los siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles son los procesos desarrollados en el Taller de Estructuras de la Organización de Mantenimiento de CMR SAS?
- ¿Cuáles metodologías existentes son aplicables para hacer trazabilidad del costo de desperdicio?
- ¿Qué metodología es la indicada para aplicar en la trazabilidad del costo de desperdicio?
- ¿Cuál es la estrategia de implementación de la metodología para evaluar resultados?

### **3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Objetivo General**

Aplicar el modelo del costo de desperdicio a las operaciones desarrolladas en el proceso de mantenimiento en el Taller de Estructuras de la Organización de Mantenimiento de CMR SAS.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

1. Identificar los procesos desarrollados en el Taller de Estructuras de la Organización de Mantenimiento de CMR SAS
2. Establecer si existen metodologías para hacer trazabilidad del costo de desperdicios.
3. Diseñar la metodología adecuada para la aplicación del modelo en el Taller de Estructuras de la organización de mantenimiento de CMR SAS
4. Formular estrategias para ejecutar la metodología y medir los resultados primarios.

## **4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN**

### **4.1 Justificación del Problema**

Actualmente en la industria se ha venido implementando una filosofía de mejora continua que permita a las Organizaciones reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la productividad y aumentar el margen de utilidad esperado, teniendo en cuenta, que se requiere de una concientización profunda de trabajadores y directivos.

En los últimos años, en las diferentes áreas de las Organizaciones, se ha venido implementado herramientas que permitan eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y/o proceso, generando un aumento al valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere; así mismo se evidencia que existen equipos especializados en aplicar herramientas que permitan optimizar los costos y las actividades, en un área o proceso.

Dentro de las áreas de mayor impacto en cuanto a costos de operación, se encuentra el Área de Mantenimiento, el cual para cumplir con los objetivos, debe destinar más recursos de lo establecido desde el inicio de cada proceso, debido a que no se consideran los costos implícitos.

Por lo tanto se hace necesario implementar una metodología que permita identificar, diseñar y formular estrategias para la reducción de costos y la optimización de los procesos de mantenimiento. Estas metodologías radican principalmente en el ámbito Científico y Económico, con el fin de generar estrategias para gestionar los desperdicios en el área de mantenimiento de una Organización, sin importar la misión de la misma.

## 4.2 Delimitación

Esta investigación tiene como enfoque la **aplicación del modelo del costo de desperdicio a las actividades de mantenimiento**, de la Organización Centro de Mantenimiento y Reparación de Helicópteros Rusos CMR SAS, localizado en Bogotá- Colombia, dentro del Complejo del Aeropuerto el Dorado.

La ejecución del mismo será en el área de Taller de estructuras, durante un periodo de siete (7) meses, donde se pretende aplicar una herramienta de reducción de desperdicios, por lo que se requiere de establecer instrucciones de trabajo que permitan identificar, establecer, diseñar y formular , para optimizar los procesos de mantenimiento.

## 4.3 Limitaciones

Las presentes limitaciones restringirán la Investigación:

- En el presente proyecto, la presentación de los costos se emitirá en dólares debido a la situación presentada en el mercado actual por la fluctuación del cambio del dólar.
- La información base, es la proporcionada por la Organización de Mantenimiento de CMR SAS, a la fecha de inicio del mismo del proyecto, y sus proyecciones están en base de la misma, cualquier cambio o tiempo, modificaría las cifras financieras.
- Por políticas de la empresa, la revelación de algunas cifras y cierta información que se consideran importantes de resguardar, no serán mencionadas en el proyecto.

- La decisión de la implementación de las oportunidades de mejora planteadas en el proyecto serán responsabilidad de las Directivas de la Organización de Mantenimiento de CMR SAS., para ser implementadas.

## **5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **5.1 Marco Teórico**

#### **5.1.1 Mantenimiento**

El mantenimiento es un conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que éstos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados.

Como es evidente, debido a la incapacidad para que los equipos e instalaciones se mantengan en buen funcionamiento por sí mismos, debe organizarse un grupo de personas para que se encargue de esto y se constituya así, una organización de mantenimiento.

Desde el punto de vista de quien administra el mantenimiento, el objetivo principal es la conservación del SERVICIO. Esto es, la máquina debe recibir un mantenimiento no por ella misma, sino para su conservación y para garantizar que la función que ella realiza dentro del proceso productivo se cumpla a cabalidad y se mantenga la capacidad productiva en el nivel deseado.

Lo anterior se debe basar siempre en el equilibrio de los siguientes factores:

- Minimizar los costos de parada del equipo por daños y reparaciones.
- Maximizar la utilización del capital invertido en instalaciones y equipos, aumentando así su vida útil.
- Minimizar los costos de operación y mantenimiento, para aumentar los beneficios de la actividad industrial.

Es también una función del mantenimiento garantizar la seguridad industrial.

En la práctica, el alcance del mantenimiento depende del tipo de industria o instalación, así como de la magnitud y desarrollo industrial de la misma.

Cada industria en particular y cada departamento de mantenimiento, dependiendo de su formación académica y técnica y de las características de los equipos y sistemas que deben mantenerse, desarrollarán sus propias técnicas y estrategias administrativas.<sup>1</sup>

Con base a lo expuesto anteriormente, en una Organización de Mantenimiento Aeronáutico, el objetivo del mantenimiento radica principalmente en la confiabilidad y disponibilidad de las aeronaves requeridas para la operación, como la de los equipos requeridos para la ejecución del mantenimiento de dichas aeronaves, todo lo anterior enmarcado dentro de las Regulaciones Aeronáuticas Colombianas y/o de las Autoridades Aeronáuticas con las cuales se tiene certificado de operación o funcionamiento.

En pro de cumplir con estos dos grandes indicadores, la Organización de Mantenimiento debe ceñirse al plan de mantenimiento proporcionado por el o los fabricantes de las aeronaves a las cuales se encuentra autorizado para ejecutar tareas de mantenimiento que se definen a continuación:

### **5.1.2 Tipos de Mantenimiento**

Existen diversas formas de realizar el mantenimiento a un equipo de producción, cada una de; las cuales tiene sus propias características como lo describiremos a continuación.

- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento periódico.
- Mantenimiento programado.
- Mantenimiento predictivo.

---

<sup>1</sup> [1] [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#)

- Mantenimiento bajo condiciones.
- Mantenimiento preventivo.

### **5.1.2.1 Mantenimiento Correctivo**

Como su nombre lo indica, es un mantenimiento encaminado a corregir una falla que se presente en determinado momento.

En otras palabras, es el equipo quien determina las paradas. Su función primordial es poner en marcha el equipo lo más rápido y con el mínimo costo posible. Este mantenimiento es generalmente el único que se realiza en pequeñas empresas. Las etapas por seguir cuando se presente un problema de mantenimiento correctivo, pueden ser las siguientes.

- Identificar el problema y sus causas.
- Estudiar las diferentes alternativas para su reparación.
- Evaluar las ventajas de cada alternativa y escoger la óptima.
- Planear la reparación de acuerdo con personal y equipo disponibles.<sup>2</sup>

Este tipo de mantenimiento se realiza en la organización para los equipos o herramientas con las que se cuenta para realizar las actividades de mantenimiento de las aeronaves debido a una serie de inconvenientes a saber:

#### **Personal:**

En un comienzo, o sea cuando el equipo es nuevo, tan solo será necesario un reducido grupo de técnicos para atender las fallas que se presenten, pero con el transcurrir del tiempo, el desgaste del equipo será mayor y traerá como consecuencia un incremento en el número de fallas, que ya no podrán ser

---

<sup>2</sup> [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#)

atendidas por el mismo grupo de personas, lo cual hace necesario el que se contrate más personal de mantenimiento para atender todos los daños. Por otro lado, si una falla suspende el proceso productivo, el personal de producción se encontrará inactivo y devengando por un largo tiempo; pero si además recibe bonificación por la producción, estará presionando para una pronta reparación, y esto influye para que la reparación realizada no sea la mejor.

### **Maquinaria:**

Una pequeña deficiencia que no se manifieste, puede con el tiempo hacer fallar otras partes del mismo equipo, convirtiéndose así, un arreglo pequeño en una reparación mayor que incrementa los costos debido al aumento y el tiempo de parada del equipo. Esto se podría haber evitado efectuando a tiempo el cambio del elemento, daño que hubiera sido detectado durante una revisión preventiva.

### **Inventario:**

Casi podría afirmarse que el repuesto requerido para solucionar una falla no se encuentra en ese momento en el almacén, por no existir la información de la clase y cantidad de repuestos necesarios. La consecución de estos elementos exteriormente hace que la demora sea mayor y se incrementen los costos. Esta información, al igual que en el caso anterior, se hubiera podido obtener mediante continuas revisiones preventivas.

### **Seguridad:**

La seguridad se verá afectada si la falla coincide con un evento inaplazable en la producción y se obliga a los equipos a trabajar en condiciones de riesgo tanto para el personal, como para la maquinaria.

### **Calidad:**

Por último, la calidad del producto se verá seriamente afectada, ya que el desgaste progresivo de los equipos ocasionará una caída de esta, lo cual dará como resultado un aumento en la calidad de "segundas" al final del proceso.

Aunque lo anterior muestra claramente que hoy en día, para una empresa media los costos de mano de obra y lucro cesante hacen imposible su administración únicamente con un sistema de mantenimiento correctivo, muchas empresas desarrolladas persisten en la idea de reparar solamente las fallas que se van presentando.

Es demasiado complejo explicar por qué sucede esto, pero se puede decir que algo que influye sobremanera es el deseo de los empresarios de producir el máximo (si es posible, las 24 horas del día y los 365 días del año). Aunque en las organizaciones hay personas preparadas profesionalmente que se oponen a esto, no son escuchadas.

De todas maneras, la práctica enseña que el mantenimiento correctivo es inevitable, así se haya implantado un programa de mantenimiento preventivo ya que en cualquier momento se pueden presentar fallas que no fueron previstas.<sup>3</sup>

Por lo anterior todos los equipos cuentan con un Programa de Mantenimiento, en el cual se llevan a cabo actividades de mantenimiento preventivo y predictivo que ayudan a evitar que se presenten fallas no programadas en los equipos requeridos.

En el caso de las aeronaves Mi-8 series, a las cuales se tiene autorizado la prestación del servicio, este tipo de mantenimiento no se puede evitar, teniendo en cuenta que se encuentran prestando un servicio de pasajeros y carga en modalidad de taxi aéreo no regular. Esto quiere decir que las aeronaves no cuentan con un itinerario preestablecido de vuelos durante la prestación del servicio, caso contrario ocurre con las empresas de transporte de pasajeros que son de modalidad regular, es decir deben cumplir con un itinerario de vuelos.

---

<sup>3</sup> [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#)

Debido a las condiciones climáticas y de operación a las cuales son expuestas las aeronaves, además de mantenimientos programados, también se pueden presentar mantenimientos correctivos debido a aterrizajes forzosos o “Hard Landing”, los cuales pueden afectar considerablemente la estructura de la aeronave; además se pueden presentar casos en los que las aeronaves pueden ser golpeadas o averiadas sin intención por parte de los pasajeros o al momento de cargar la aeronave.

### **5.1.2.2 Mantenimiento Periódico**

Este tipo de mantenimiento, como su nombre lo indica, es aquel que se realiza después de un período de tiempo generalmente largo (entre seis y doce meses). Este mantenimiento se practica por lo regular en plantas de procesos tales como las petroquímicas, azucareras, papeleras, de cemento, etc. y consiste en realizar grandes paradas en las que se efectúan reparaciones mayores.

Para implantar este tipo de mantenimiento, se requiere una excelente planeación e interrelación del área de mantenimiento con las demás áreas de la empresa, para lograr llevar a cabo las acciones en el menor tiempo posible.

Generalmente la decisión de implantar este tipo de mantenimiento no queda en manos del departamento de mantenimiento debido a la complejidad y a los costos tan altos que se manejan.<sup>4</sup>

Este tipo de mantenimiento es el más utilizado en la Organización, teniendo en cuenta que según el fabricante se deben realizar mantenimientos periódicos a las aeronaves cada 25, 50, 100, 300, 500 y 1000 horas de vuelo, cada uno de estos mantenimientos tienen una serie de tareas preestablecidas por el fabricante, las

---

<sup>4</sup> [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#)

cuales se deben cumplir a cabalidad con el fin de garantizar la correcta operación de las aeronaves.

Estas tareas requieren de una serie de manuales de overhaul, mantenimiento, operación e inspección, además de equipos y herramientas con las cuales debe contar de manera óptima la Organización, así como con el entrenamiento requerido para cada tarea por parte del personal que interviene en cada una de las actividades antes mencionadas. Tanto los equipos como las herramientas y el entrenamiento se encuentran descritos en los diferentes manuales, así mismo cada una de las tareas debidamente ilustradas con su respectivo número de parte de los repuestos o partes a las cuales se requiere realizar dichas tareas.

### **5.1.2.3 Mantenimiento Programado**

Este es otro sistema de mantenimiento que se practica hoy en día y se basa en la suposición de que las piezas se desgastan siempre en la misma forma y en el mismo período de tiempo, así se esté trabajando bajo condiciones diferentes.

En este tipo de mantenimiento se lleva a cabo un estudio detallado de los equipos de la fábrica ya través de él se determina, con ayuda de datos estadísticos e información del fabricante, las partes que se deben cambiar, así como la periodicidad con que se deben hacer los cambios. Una vez hecho esto, se elabora un programa de trabajo que satisfaga las necesidades del equipo.

Aunque este sistema es superior al mantenimiento correctivo, presenta algunas fallas. La principal es el hecho de que, con el fin de prestar el servicio que ordena el programa a una determinada parte del equipo, sea necesario retirar o desarmar partes que están trabajando en forma perfecta.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#)

Para el caso de la Organización de Mantenimiento Aeronáutico, este tipo de mantenimiento se realiza para volver la aeronave, lo más aproximado, a su condición inicial; esto se lleva a cabo a través del proceso de Overhaul, que para el caso de las aeronaves MI-8 series, cada 1500 horas de vuelo, durante este proceso se evalúa el estado de los componentes y de la aeronave en general, a través de inspecciones que no intervienen a la parte o componente que se definen como métodos visuales; además se tienen los métodos por tintas penetrantes, partículas magnéticas, Corrientes de Eddy y Rayos X's a las diferentes partes o componentes que si las intervienen y lo requieren según recomendaciones y/o boletines informativos, que son directivas expedidas por el diseñador y/o fabricante o que durante el proceso de mantenimiento predictivo lo requiera por medio de una orden de ingeniería.

#### **5.1.2.4 Mantenimiento Predictivo**

Este tipo de mantenimiento consiste en hacer mediciones o ensayos no destructivos mediante equipos sofisticados a partes de maquinaria que sean muy costosas o a las cuales no se les puede permitir fallar en forma imprevista, pues arriesgan la integridad de los operarios o causan daños de cuantía. La mayoría de las inspecciones se realiza con el equipo en marcha y sin causar paros en la producción.

Las más frecuentes son:

##### **De Desgaste:**

Con espectrofotómetro de absorción atómica, aplicando sobre los aceites de lubricación que sí muestran un contenido de metal superior al normal, nos indican dónde está ocurriendo un desgaste excesivo.

##### **De Espesor:**

Con ultrasonido.

**De Fracturas:**

Con rayos X, partículas magnéticas, tintas reveladoras o corrientes parásitas, ultrasonido.

**De Ruido:**

Con medidores de nivel de ruido o decibelímetro.

**De Vibraciones:**

Con medidores de amplitud, velocidad y aceleración.

**De Temperatura:**

Con rayos infrarrojos o sea la termografía.

El mantenimiento predictivo sólo informa y sirve de base para un buen programa de mantenimiento preventivo.<sup>6</sup>

Como se relaciona en el mantenimiento programado, el mantenimiento predictivo se lleva a cabo durante los procesos de overhaul principalmente, pero se puede realizar en cualquiera de las diferentes inspecciones que se efectúan durante la operación de las aeronaves.

Para las partes cuyas aleaciones tienen mayor contenido de aluminio o duraluminio, se realizan pruebas no destructivas por tintas penetrantes o corrientes de Eddy; la mayor parte del material constructivo de la aeronave es de referencia rusa Aluminio D16T, que homologado a la norma ASTM corresponde a Aluminio 2024T3 en los diferentes espesores.

Para las partes cuyas aleaciones contienen mayor porcentaje de acero o con propiedades ferromagnéticas, se realizan pruebas no destructivas por partículas

---

<sup>6</sup> [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#)

magnéticas, la cual consiste en la magnetización o flujo magnético dentro de la pieza, para la detección de discontinuidades.

Para las piezas cuyo material constructivo sea duraluminio o acero se realizan pruebas por Rayos X según lo requiera la pieza.

#### **5.1.2.5 Mantenimiento Bajo Condiciones**

Este, más que un tipo de mantenimiento, es una práctica que se debe seguir cuando se tiene implantado un determinado sistema de mantenimiento y consiste en adecuar el programa según varíen las condiciones de producción (de uno a dos turnos) o las condiciones de operación (el ambiente de operación), teniendo en cuenta principalmente el efecto que cause esto sobre el equipo. En otras palabras, mediante esta práctica se mantiene actualizando el programa existente.<sup>7</sup>

En el caso del mantenimiento programado que se lleva a cabo en la Organización de Mantenimiento Aeronáutico CMR S.A.S., y debido a que las aeronaves operan en diferentes tipos de ambientes climáticos, como puede ser a nivel del mar, donde el porcentaje de salinidad del ambiente es bastante alto, o zonas selváticas, donde el porcentaje de humedad relativa es altísimo, etc.; la organización desarrollo, de la mano con el fabricante un programa de control corrosión para la aeronaves, ya que este fenómeno es el que ataca principalmente a las partes y componentes que se trabajan en el Taller de Estructuras.

Inicialmente se evita que partes constructivas de la aeronave queden sin algún tipo de protección, como puede ser protección de capa de primer o de primer y pintura y en caso de materiales ferrosos recubrimiento con cadmio en terminación de fosfatado o cromatado, según las indicaciones del fabricante.

---

<sup>7</sup> [1] [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#)

### 5.1.2.6 Mantenimiento Preventivo

Para evitar que se confunda este mantenimiento con una combinación del periódico y el programado, se debe hacer énfasis en que la esencia de éste son las revisiones e inspecciones programadas que pueden o no tener como consecuencia una tarea correctiva o de cambio.

Este sistema se basa en el hecho de que las partes de un equipo se gastan en forma desigual y es necesario prestarles servicio en forma racional, para garantizar su buen funcionamiento. El mantenimiento preventivo es aquel que se hace mediante un programa de actividades (revisiones y lubricación), previamente establecido, con el fin de anticiparse a la presencia de fallas en instalaciones y equipo.

Este programa se fundamenta en el estudio de necesidades de servicio de un equipo, teniendo en cuenta cuáles de las actividades se harán con el equipo detenido y cuáles cuando está en marcha. Además, se estima el tiempo que se toma cada operación y la periodicidad con que se efectúa, con el fin de poder determinar así las horas-hombre que requiere una tarea de mantenimiento, al igual que las personas que se van a emplear en determinados momentos del año.<sup>8</sup>

El éxito de un programa de mantenimiento preventivo, estriba en el análisis detallado del programa de todas y cada una de las máquinas y en el cumplimiento estricto de las actividades, para cuyo efecto se debe realizar un buen control.

Dependiendo del tipo de empresa, del desarrollo alcanzado por ella, así como de las políticas establecidas, se pueden conjugar para efectos de un mejor mantenimiento, varias de las alternativas antes mencionadas, realizándose de esta manera un MANTENIMIENTO MIXTO.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#)

<sup>9</sup> [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#)

Este tipo de mantenimiento se realiza a las aeronaves de la siguiente manera:

Las inspecciones de pre-vuelo y post-vuelo, son realizadas por el técnico asignado, el ingeniero de vuelo y el capitán de la aeronave, quienes socializan el funcionamiento de la aeronave en las diferentes etapas del vuelo y realizan un 360 en busca de fugas o anomalías de los diferentes componentes de la aeronave.

Las inspecciones de 25 horas de vuelo, se realizan en el área de operación de la aeronave, son realizados por el técnico de línea asignado y el ingeniero de vuelo y consiste principalmente en la lubricación y verificación de ajuste y buen funcionamiento de los componentes principales de la aeronave. Estas tareas están descritas paso a paso en el Manual de Mantenimiento de la aeronave Mi-8 series, se deben cumplir y firmar garantizando el cumplimiento de cada uno de los pasos allí descritos.

Las inspecciones de 50 y 100 horas de vuelo, se realizan en el área de operación de la aeronave, son realizados por el técnico de línea asignado y el ingeniero de vuelo. Consisten principalmente en la lubricación, verificación de ajuste y buen funcionamiento de los componentes principales de la aeronave. Estas tareas están descritas paso a paso en el Manual de Mantenimiento de la aeronave, se deben cumplir y firmar garantizando el cumplimiento de cada uno de los pasos allí descritos.

Las inspecciones de 300 y 500 horas de vuelo, se realizan en la base principal de la aeronave, son realizadas por un grupo de técnicos de línea asignados, técnicos especialistas en cada uno de los sistemas de la aeronave e inspectores técnicos autorizados todos por la Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil (UAEAC), que es la entidad que se encarga de regular y vigilar las diferentes organizaciones de mantenimiento aeronáutico a nivel nacional. Consisten principalmente en la lubricación, verificación de ajuste y buen funcionamiento de los componentes principales, así como también la remoción de algunos componentes para realización de pruebas en banco e inspecciones más

exhaustivas. Estas tareas están descritas paso a paso en el Manual de Mantenimiento de la aeronave, se deben cumplir y firmar garantizando el cumplimiento de cada uno de los pasos allí descritos.

Las inspecciones de 300 y 500 horas de vuelo, se realizan en la base principal de la aeronave, son realizadas por un grupo de técnicos de línea asignados, técnicos especialistas en cada uno de los sistemas de la aeronave e inspectores técnicos autorizados todos por la Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil (UAEAC), que es la entidad que se encarga de regular y vigilar las diferentes organizaciones de mantenimiento aeronáutico a nivel nacional. Consisten principalmente en la lubricación, verificación de ajuste y buen funcionamiento de los componentes principales, así como también la remoción de algunos componentes para realización de pruebas en banco e inspecciones más exhaustivas. Estas tareas están descritas paso a paso en el Manual de Mantenimiento de la aeronave, se deben cumplir y firmar garantizando el cumplimiento de cada uno de los pasos allí descritos.

### **5.1.3 Estructura de un Departamento de Mantenimiento**

#### **Etapas Del Proceso Administrativo**

En la organización de un departamento de mantenimiento se estarán aplicando las técnicas y los principios de la administración a un área específica; por esta razón quien organiza un departamento de mantenimiento debe tener muy buenos conocimientos, con el fin de lograr una clara definición de los objetivos, los cargos, sus funciones, los requisitos para ocuparlos y las relaciones entre personas y departamentos.

En el caso de CMR S.A.S. estas actividades son desarrolladas en conjunto por la Gerencia General, la Dirección de Mantenimiento, la Dirección de Control Calidad y el Departamento de Recursos Humanos, con el fin de cumplir con los

requerimientos reales durante la ejecución de las tareas, garantizando que el personal es el suficiente y el idóneo.

Las diferentes etapas que se deben seguir son:

- Planear con detalle la organización, para así definir con muy subjetiva claridad el objetivo y las formas de alcanzarlo. Estas, al ser estudiadas, darán lugar a un programa de trabajo que tendrá incorporado los elementos de control necesarios.
- Una vez realizado lo anterior, se organizarán y estructurarán los recursos de manera funcional; con el fin de lograr esto, hay que dividir el trabajo para determinar la cantidad de puestos, definiendo de paso su categoría y labores. Cuando se ha realizado lo anterior, se puede llegar a la selección del personal que ocupará dichos cargos.

Para hacerlo hay que tener especial cuidado al escoger la persona que ocupará un cargo determinado, sin caer en el error de adaptar el cargo a las condiciones personales del candidato (primero se crea el cargo y luego selecciona la persona más adecuada para ejercerlo).

Al hacer la confrontación entre las capacidades y conocimientos de quien ocupará un puesto y las exigencias que éste implica, se pueden determinar las necesidades de capacitación de la persona; así podrá adecuarla a dichas exigencias. Una vez hecho esto, se debe delegar a cada uno la autoridad, además de proveerlo de los recursos humanos y técnicos suficientes para que pueda desarrollar eficazmente su labor.

Al llegar el administrador a este punto el siguiente paso, es lograr que quienes han sido escogidos, sientan deseo de ejecutar lo organizado y, para esto, deberá motivarlos, lograr una buena comunicación con ellos para mantenerlos informados y asegurarse de que la información ha sido recibida.

Cuando ya se han obtenido resultados, se deben orientar los esfuerzos de todos hacia el objetivo previamente definido, mediante una óptima coordinación.

Para el buen desarrollo de las actividades descritas anteriormente, el Centro de Mantenimiento y Reparación de Helicópteros Rusos, hace contacto con el cliente a fin conocer sus necesidades y próximos requerimientos, garantizando los recursos humanos y técnicos requeridos para el cumplimiento oportuno de las necesidades; todo esto a través de la Gerencia Comercial y la Dirección de Mantenimiento.

Cuando la organización está funcionando en la forma descrita, es necesario controlar sus logros. Esto se hace a través de la comparación con los presupuestos establecidos en el proceso de planeación, analizando en detalle las desviaciones para hacer los ajustes que sean necesarios. Esto implica el iniciar nuevamente los procesos de planeación, organización, ejecución y control de las diversas labores establecidas, para lograr la solución del problema.

### **5.1.3.1 Planeación**

La planeación es el primer paso del proceso administrativo y el más importante, pues ella genera las bases sobre las cuales se desarrollan las demás. En la planeación se procede a definir con mayor precisión a dónde se desea llegar y el momento en el cual se logrará esta meta; a partir de esto, se analizan los recursos humanos y técnicos disponibles y las limitaciones en las diversas áreas por último, se detallan las labores indicando su número y duración.

Cuando se han seguido los pasos anteriores se puede llegar a saber cuándo, empezar, terminar y además hacer presupuestos sobre los costos, las acciones y los tiempos. Estos presupuestos se emplean como patrones para evaluar el desarrollo de la labor ejecutada.

CMR S.A.S. realiza reuniones pre-servicio con base en la información proporcionada por el cliente y su reporte de tiempos de operación de las aeronaves, donde se establecen los tiempos aproximados de llegada de las aeronaves a servicio. En caso de presentarse algún servicio próximo se analiza el tipo de servicio que requiere el cliente, se planifican los requerimientos y se solicitan al Departamento de Compras y el Almacén Aeronáutico los repuestos y consumibles necesarios, teniendo en cuenta el tiempo de entrega de los diversos requerimientos por parte de los proveedores.

La planeación, es por tanto, una continua toma de decisiones y se compone de aspectos muy definidos que siempre deben tenerse en mente, tales como:

- Políticas
- Objetivos
- Procedimientos
- Métodos
- Programas
- Presupuestos

### **Políticas:**

Son las normas que enmarcan y orientan el pensamiento o la acción en la toma de decisiones para conseguir un objetivo. Las políticas delimitan el área dentro de la cual una decisión habrá de ser tomada. Ejemplos de éstas son:

- Hacer sólo lo que no se pueda contratar.
- Lo más importante es la calidad del trabajo.

Las normas que se tienen para CMR S.A.S., se establecen en el Manual de Procedimientos de Inspección, que es el documento mediante el cual todo el

personal establece sus funciones y responsabilidades dentro del proceso productivo de la Organización, así como también los estándares de calidad que se deben cumplir.

### **Objetivos:**

Son el resultado final que se persigue. Hacia ellos se orientan todos los esfuerzos y su consecución debe ser una constante preocupación de todos los miembros de la organización. Ejemplos de estos son: disminuir el presupuesto de operación al 97.7%. Elevar el cumplimiento de las labores de mantenimiento a un 94%.

Dentro de los objetivos de la Organización, el principal, ser líder en mantenimiento y servicios aeronáuticos, a través de la reducción de costos de operación y aumento de la calidad de los servicios prestados.

### **Procedimientos:**

Son una serie de labores que están interrelacionadas para realizar cronológicamente un trabajo. En el momento de planear, se deben definir claramente los procedimientos para lograr una gran coordinación entre las diferentes partes del proceso. Estos son verdaderamente unas guías de acción. Tal y como sucede en otros tipos de planes, los procedimientos tienen una jerarquía de importancia y, con frecuencia, traspasan las líneas departamentales.

Para el cumplimiento de dichos procedimientos, CMR S.A.S. cuenta con el Manual de Procedimientos de Inspección el cual están establecidos claramente, mediante diagramas de flujo y descripción de procesos, los procedimientos de ejecución de tareas de la Organización.

### **Métodos:**

Son parte importante de un procedimiento e indican la manera de realizar una labor específica. Toda mejora en los procedimientos de operación debe empezar por corregir los métodos que la componen.

En una organización que desee evitar ambigüedades y errores que le pueda llevar al caos, es necesario que exista un manual escrito de procedimientos, para que pueda ser utilizado cuando surjan dudas sobre la forma de actuar en una situación específica.

El Manual de Procedimientos de Inspección se encuentra en cada uno de los talleres de CMR S.A.S., donde el personal de cada área tiene acceso directo a su contenido sin algún tipo de restricción, esto con el fin de lograr que el personal se rija a los procedimientos y normas allí descritas.

### **Programas:**

Son las listas o gráficos que indican exactamente quién, cuando, con qué y en cuánto tiempo, debe realizarse una labor. Con esto se logra la coordinación de los recursos para cubrir las necesidades.

Mientras mejor sea la planeación mejor, será el programa desarrollado y más fácil será el ponerlo en ejecución. Para realizar dicha programación se utilizan herramientas tales como: diagramas de Gant, redes de P.E.R.T., C.P.M. y PPS.

Actualmente CMR S.A.S. cuenta en su Departamento de Recursos Humanos con cronogramas de trabajo desarrollados a partir de diagramas en Proyect, con el fin de dar a conocer las tareas con las cuales se encuentra comprometida la organización con sus clientes, es decir que a partir del Proyect el personal conoce los plazos de entrega de cada uno de los procesos que viene ejecutando y la continuidad de los mismos.

### **Presupuestos:**

Son las metas por alcanzar en diferentes aspectos como mano de obra, consumo de materiales, horas extras, etc., con base en los programas elaborados.

Los presupuestos son imprescindibles si se desea efectuar un buen control de los programas, pues así se podrá comparar lo real contra lo estimado y medir la desviación, si es que existe, tratando de explicarla.

En el Taller de Estructuras lleva el control de las actividades ejecutadas por el personal que conforma el taller, esto con el fin de lograr estimar los tiempos de ejecución de los trabajos realizados y de esta forma estandarizar las horas hombre empleadas en las diferentes etapas del proceso productivo del taller. Así mismo durante el cierre de las Órdenes de Trabajo se hace el reporte de los repuestos empleados en las diferentes tareas ejecutadas por el personal.

### **5.1.3.2 Organización**

Es el hecho de dar forma a lo planeado de acuerdo con los recursos de la empresa, definiendo una estructura por funciones. Para ello se debe hacer una división clara y efectiva de la autoridad, evitando en lo posible entrecruzamientos de funciones y obligaciones. El éxito de la organización se basa en una buena proyección de la empresa y en el análisis de los siguientes aspectos:

- Cargos
- Personas
- Autoridad
- Responsabilidad

Dentro del Manual de Procedimientos de Inspección, se contemplan los cargos, perfiles y responsabilidades a las cuales está sujeto el personal de la organización, así como también los diagramas jerárquicos en los diferentes niveles de la organización.

#### **Cargos**

Lo primero que se debe hacer, es una lista de las funciones por desarrollar, separarlas en grupos de finalidad similar, determinar las horas-hombre y las horas-máquina en cada grupo y decidir así el número de puestos por crear. Los puestos ahora creados deben estar perfectamente definidos en cuanto a labores,

descripción genérica, grado de habilidad, esfuerzo físico y mental, responsabilidad y condiciones de trabajo.

En la actualidad existen varios métodos que permiten hacer la evaluación de un puesto, teniendo en cuenta diversos aspectos. Uno de estos es el método "HAY", que se explica a continuación.

El método de perfiles y escalas "HAY" es un sistema para evaluar puestos de trabajo, en el cual se le asignan puntos a cada uno en función de tres factores: habilidad solución de problemas y finalidad. Para cada uno de los factores se tienen en cuenta ciertas características que son:

Habilidad: Es el conjunto de conocimientos y experiencias requerido para desempeñar aceptablemente el cargo, independientemente de cómo estos conocimientos se hayan adquirido. Este "conocimiento total" tiene 3 aspectos que son:

- La habilidad especializada:
- La técnica y la práctica requeridas.
- Amplitud de habilidad de gerencia:
- La habilidad para integrar diferentes clases de funciones.
- Habilidad en relaciones humanas:

La habilidad humana requerida para motivar al personal.

Solución de problemas: es la cantidad de "pensamiento iniciativa" ORIGINALES NECESARIOS EN EL OFICIO para analizar, evaluar, razonar y crear, a fin de llegar a formular conclusiones. Esta función de los procesos mentales tiene dos aspectos:

- El grado de libertad para pensar (limitado por el "medio ambiente"). Lo que algunas veces se cataloga como "libertad de pensamiento" es, en realidad, el ambiente en el cual los pensamientos se desenvuelven, definido por el grado

en que están circunscritos por o libres de normas, precedentes y referencias a otros cargos. Libertad de pensamiento no debe confundirse con libertad de acción.

- Grado de complejidad del proceso mental. El reto mental que se presenta en el pensamiento que va a realizarse, variará desde simples selecciones entre cosas ya conocidas hasta el desarrollo de nuevos conceptos y soluciones imaginativas en situaciones nuevas o desconocidas.

Finalidad: es la posibilidad de "responder" por una acción y sus consecuencias. Es el efecto medido del cargo en los resultados y tiene tres dimensiones:

- Libertad para actuar: Grado de control y orientación personal o de procedimiento al cual se está sujeto.
- Impacto: La forma en que el oficio tiene incidencia en los resultados finales. Variará desde servicios incidentales remotos para el uso de otros en relación con algunos resultados finales, hasta impacto primario o decisivo sobre resultados finales.
- Magnitud. La magnitud general en dinero del área más clara o primariamente afectada por el cargo.

Una vez que se han asignado puntos a cada cargo se determina su ubicación relativa con respecto a otro cargo modelo, aplicando para ello tablas de evaluación y gráficos de dispersión. El número total de puntos representa la dificultad relativa del cargo y la importancia que representa para la empresa.

La evaluación se puede hacer solamente si existe una descripción sistemática de cada función.

**Personas:**

Una vez creados y definidos los puestos, se pueden seleccionar las personas más idóneas para ocuparlos, sabiendo de antemano que se presentarán limitaciones por las exigencias del cargo.

**Autoridad:**

Cuando las personas están ocupando sus puestos, se les debe delegar la autoridad que garantice el buen cumplimiento de sus labores; dicha autoridad no debe ser ejercida por fuerza sino mediante la persuasión.

**Responsabilidad:**

Es la obligación que tiene cada persona ante sus superiores, de cumplir en la mejor manera posible con las funciones relativas a su cargo. No puede delegarse la responsabilidad como se hace con la autoridad.

Una vez realizado lo anterior, se debe establecer la manera cómo funcionarán las jerarquías, las comunicaciones y el mando, dando a cada puesto creado la ubicación adecuada dentro del organigrama general.

Hay que reducir en lo posible las líneas largas de autoridad; también, racionalizar el número de personas que informen a un mismo individuo, procurando que no sea excesivo y que toda actividad este basada siempre en el entrenamiento de los subordinados, la capacidad individual de la persona, la planeación y el control de la empresa misma.

Se considera fundamental el hecho de tener muy en cuenta las capacidades de las personas que ocupan cada cargo para aprovecharlas, orientándolas hacia la consecución de los objetivos de la empresa.

La organización debe responder a las necesidades particulares de cada empresa, no existen patrones óptimos ni fijos; es decir, para cada caso hay que determinar

el sistema más efectivo; también debe ser dinámica y variar de acuerdo con las circunstancias del momento.

### **5.1.3.3 Ejecución**

Ejecutar es poner en funcionamiento todo lo planeado y organizado hasta el momento. Dado que el único recurso de la empresa variable por sí mismo, es el humano, hacia él debe orientarse la ejecución.

Un buen administrador se preocupará de poner en práctica ciertos principios para lograr que sus colaboradores se familiaricen con la estructura de la organización, las relaciones interdepartamentales y con sus deberes y autoridad.

Una vez que los subordinados han sido orientados, el superior tendrá la continua responsabilidad de aclararles sus funciones, guiarlos hacia el mejoramiento de la ejecución, el desempeño de las tareas y motivarlos a trabajar con celo y confianza, buscando con ello alcanzar los objetivos de la mejor manera posible. Los principios mencionados renglones arriba, son:

- Motivación
- Comunicación
- Dirección
- Coordinación

Motivación: quien administra debe crear un ambiente de constante superación haciendo que las personas identifiquen sus objetivos con los de la empresa. Las necesidades por satisfacer en el individuo son: de realización, de reconocimiento y de desarrollo profesional. La existencia de un desafío aumenta el interés de las personas. La motivación no puede ser algo fugaz, debe ser una labor continua y exige una planeación.

Comunicación: el éxito en la organización está en la reciprocidad de la misma. Para que sea así, se necesitan: un transmisor (el administrador o gerente), un receptor (el subordinado) y un procedimiento o medio (palabra, escritura o ademanes). Como el transmisor es el responsable de la comunicación, él debe:

- Escoger un lenguaje adecuado para que el receptor lo comprenda.
- Observar la respuesta del receptor con el fin de determinar si el mensaje ha sido asimilado. Dirección: es la función desempeñada por el administrador y tiene como fin el orientar los esfuerzos de todos hacia el objetivo de la empresa. Esta orientación se realiza a través de órdenes o instrucciones muy precisas que se dan teniendo en cuenta los principios de motivación y comunicación antes expuestos.
- Coordinación: en la ejecución es necesario lograr que los esfuerzos del grupo estén sincronizados y sean ejecutados en el momento, cantidad y dirección exactos. Esto es coordinación. Si se logra una buena coordinación entre las distintas áreas, se obtendrá un mayor rendimiento en las labores y una ponderación de los recursos, evitando altos costos por la inflación de algunos de ellos. La coordinación es esencial en las grandes empresas donde los departamentos tienden a formar una organización aislada del resto de la empresa (departamento de mantenimiento). Para evitar esto, se deben proveer los medios de comunicación necesarios que permitan un adecuado intercambio de ideas y opiniones.

En CMR S.A.S. se busca que todos los departamentos se encuentren debidamente informados de los objetivos inmediatos de la organización, esto con el fin de lograr que los diferentes procesos tengan mayor fluidez por cada uno de ellos. Por ejemplo, en el caso del Departamento de Compras, se les informa cuales son los requerimientos para el desarrollo de las actividades, buscando que se agilicen las cotizaciones y las órdenes de compra, disminuyendo tiempos de

respuesta a la hora de la entrega del diferente material que este departamento provee.

#### **5.1.3.4 Control**

Es la comprobación de que lo planeado se está llevando a cabo; si existe una desviación, mostrarla y poner en movimiento las acciones necesarias para hacer las correcciones del caso. Este es un proceso dinámico que se inicia al término de la planeación, punto en el que se dictan los parámetros de control (referencias de comparación).

Ante todo es necesario determinar qué se va a controlar y esto sólo lo dirá la experiencia, el criterio y la observación del administrador. Después decidirán los aspectos que se van a controlar: cantidad, calidad, tiempo, etc. De esta manera es factible dictar parámetros de control, los cuales deben quedar escritos y ser conocidos por todos. Todo lo anterior se realiza en la fase de planeación.

Las etapas por seguir para ejercer el control son:

- Medir
- Comparar
- Analizar
- Corregir

Medir: se miden las variables de control escogidas tomando los datos de la propia fuente y se hacen conocer de las personas a las cuales compete. Ejemplos de estos parámetros, son:

Horas de parada de equipo.

- Costos de mantenimiento.
- Porcentaje de cumplimiento del mantenimiento.

Con el fin de llevar un control de esta etapa, el Taller de Estructuras maneja indicadores de gestión en cuanto a porcentaje de cumplimiento del mantenimiento, en el que se reflejan las actividades y desarrollo de los trabajos en los diferentes periodos de tiempo.

Comparar: los resultados obtenidos se compararán con los parámetros, observando si hay desviaciones y diferenciando las desviaciones importantes de las esporádicas.

Estas comparaciones se realizan a partir de los indicadores obtenidos y el histórico de las actividades desarrolladas.

Analizar: las desviaciones encontradas se analizadas para encontrar el porqué de ellas. Este análisis implica cambios en el procedimiento del sistema.

Este análisis se realiza al final de la ejecución de las tareas de mantenimiento realizadas, con el fin de identificar falencias.

Corregir: una vez realizado el análisis de tiene un diagnóstico, a partir del cual se planean los correctivos tendientes a atacar las causas de las desviaciones y eliminarlas.

Estos correctivos se realizan a partir de los análisis realizados, con el fin de buscar alternativas viables de ejecución; todo esto enmarcado y reflejado en las diferentes revisiones del Manual de Procedimientos de Inspección.

El control se facilita si se hacen esfuerzos sólo para corregir las desviaciones importantes. También ayudará a la invariabilidad de las políticas, la simplificación de la producción y la estandarización de normas y procedimientos. El desarrollo de la administración ha creado una serie de herramientas para analizar y detectar las desviaciones significativas en cualquier variable controlada.

### **5.1.3.5 Importancia de la Ubicación y Relaciones del Departamento de Mantenimiento**

En el organigrama de una empresa el departamento de mantenimiento tiene como funciones:

- Mostrar con claridad la organización establecida.
- Facilitar el análisis de la organización.
- Mejorar las comunicaciones y relaciones del personal.

Estos organigramas son gráficos que indican la posición del departamento de mantenimiento y su jerarquía dentro de la empresa. Dichos gráficos describen las líneas de autoridad entre los diferentes departamentos y las instancias superiores, dependiendo directamente del tipo de empresa y del desarrollo alcanzado.

Vale la pena tener muy en cuenta las labores propias del mantenimiento tales como remediar rápida y oportunamente paradas en la producción o atender emergencias en los servicios; también, ser algo flexibles en el cumplimiento de los conductos regulares y permitir a este departamento tomar decisiones acordes con las circunstancias.

En la organización se busca minimizar las paradas de los helicópteros y buscando el mayor tiempo de disponibilidad de las aeronaves.

### **5.1.3.6 Relaciones del Departamento Mantenimiento con los demás Departamentos**

La comunicación, colaboración y coordinación que debe existir entre los diferentes departamentos, se logra mediante reportes y solicitudes elaborados en la mayoría de los casos por escrito, procurando así una buena relación entre los demás

departamentos y el de mantenimiento, relaciones estas que hacen fácilmente superables las diferencias que se pueden presentar en determinado momento.

Los departamentos o áreas que más relación tienen con el departamento de mantenimiento dentro de una empresa, son:

- Producción.
- Contabilidad.
- Sistemas.
- Compras y Almacenamiento.
- Relaciones Industriales.
- Proyectos.
- Servicios.

Producción: Todas las actividades de mantenimiento deben estar dirigidas a minimizar de una manera razonable el costo de fabricación del producto así como a mantener la prestación del servicio, teniendo en cuenta la calidad del producto y la seguridad del trabajador. Esto se logra optimizando el empleo de los recursos humanos, de los materiales y de los presupuestos. Pero hay que considerar factores que están fuera del control del departamento de mantenimiento y por eso es de gran importancia su relación con producción. En términos generales se reconoce: Mantenimiento es el directo responsable de la conservación de la maquinaria en buenas condiciones de operación y a un costo razonable.

El departamento de mantenimiento debe ser consciente de la importancia de su relación con producción. Debe entonces realizar una labor conjunta para programar paradas, ejecutar revisiones, autorizar reparaciones y elaborar informes y reportes. Esta coordinación y cruce de información permitirá también establecer una prioridad en los trabajos de mantenimiento.

Contabilidad: Dependiendo de las políticas y procedimientos establecidos en la empresa, el departamento de contabilidad tendrá mayor o menor injerencia sobre el departamento de mantenimiento. Una alternativa, además es muy apropiada, consiste en considerar la posibilidad de que mantenimiento sea quien genere sus propios reportes, tanto para la información de costos a la gerencia haciendo que ésta pueda juzgar la función de mantenimiento, como para realizar un control interno de costos. En esta alternativa, contabilidad sólo maneja las cifras finales.

Otra alternativa sería que, quien genere los reportes antes mencionados sea contabilidad, aunque esta es la menos apropiada, ya que en dicho departamento no se conocería de una manera directa la información sobre componentes de costos de mantenimiento, insumos y mano de obra. Se podrá entonces incurrir en informes errados, que causan malestar entre ambos departamentos. Por otro lado, al ser mantenimiento el generador de estos informes, van a sentirse motivados a ejercer un buen control de los costos ya que tienen una responsabilidad directa y se convierten ahora en sus costos, haciéndolos pensar en términos de pesos, así se esté hablando de horas hombre o kilos.

Sistemas: Si el departamento de mantenimiento ha sido sistematizado, el departamento de sistemas será el encargado de elaborar programas que se encarguen de manejar la información correspondiente, ya sea para entregar resultados tales como cumplimiento, inventarios, costos; como para programar actividades de mantenimiento.

Compras y Almacenamiento: El departamento de compras y almacenamiento tiene como obligación contar con los materiales, herramientas, repuestos y equipos en el lugar correcto, en la cantidad adecuada y en el momento oportuno y a unos costos razonables. Lo anterior, de acuerdo con los requerimientos hechos por mantenimiento.

En algunas organizaciones se incluye al almacén como parte del departamento de mantenimiento, dada la estrecha relación que debe existir entre ambos. Mantenimiento tiene la obligación de colaborar con el control de inventarios.

Relaciones Industriales: Considerando que el departamento de mantenimiento tiene como elemento fundamental de su estructura a personas calificadas, debe, conjuntamente con el departamento de relaciones industriales, establecer políticas salariales, de capacitación, de seguridad, de motivación, de recreación, etc., para evitar la migración del personal calificado y a su vez buscar una mayor eficiencia en los trabajos por realizar.

Servicios: Este departamento, según el tipo y características de la empresa, será el encargado de manejar el transporte, la alimentación, la vigilancia y otros servicios. En determinadas circunstancias, el servicio que presta este departamento será de invaluable importancia para el buen desarrollo de un trabajo de mantenimiento. El tener a tiempo algunos de estos servicios evitará posibles conflictos en la realización de la labor. Esto se logra teniendo una adecuada coordinación e información sobre cuándo, dónde y cómo deben prestarse estos servicios.

#### **5.1.3.7 Alternativas y Métodos para Estructurar el Departamento De Mantenimiento**

Debido a las características especiales del departamento de mantenimiento, el tipo de servicio que presta y la calidad de su personal, así como a la organización en sí, existen diferentes alternativas para realizar el mantenimiento, y son: mantenimiento por áreas" mantenimiento centralizado y mantenimiento mixto.

El tipo de arreglo escogido, por áreas, centralizado o mixto no es arbitrario y ninguno es mejor que los otros. El sistema de organización debe aparecer como una respuesta a una necesidad y es muy importante tener en claro que, a medida

que la empresa crece, debe ir adaptando su organización al nivel de complejidad existente.

#### **5.1.3.7.1 Mantenimiento por áreas**

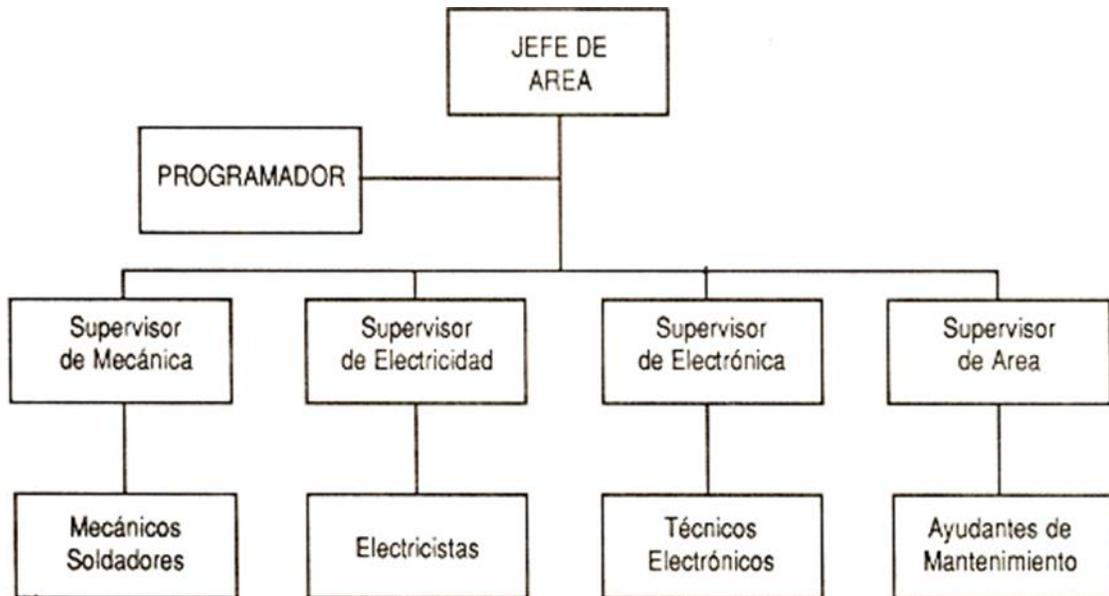
Cuando la empresa está dividida por secciones, según las características de la producción, se aprovecha este tipo de estructura y se divide el mantenimiento en áreas correspondientes; así, cada una de estas cuenta con un personal de base, de supervisión y de dirección. Se busca con esto que las oficinas y talleres de mantenimiento estén cerca de sus respectivas zonas de trabajo, con lo cual se consigue la descentralización del mantenimiento.

El equipo o cuadrilla de trabajo de una sección se constituye teniendo en cuenta las características de ésta y su labor específica. Cada cuadrilla conserva eficientemente los equipos de su zona y acude cuando se le solicita a otras secciones, por circunstancias especiales. Normalmente se requiere una fuerza laboral mayor cuando se hace el arreglo por áreas ya que se tienen equipos completos al frente de cada sección y cuando se pretende trasladarlos de un área a otra se encuentran muchas dificultades.

Si se detectan fallas o problemas inminentes, el procedimiento por seguir lo determina producción, lo cual es una verdadera desventaja de este sistema, que se evidencia cuando, por no parar la producción, se ordena a mantenimiento hacer reparaciones menores en lugar de las adecuadas al caso; esto podría acarrear como consecuencia un daño costoso.

En el mantenimiento por áreas los costos están controlados por el tipo de organización y la relación de los supervisores con las cuadrillas.

### Ilustración 1 Organización de un Departamento de Mantenimiento



Fuente: [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#)

El anterior organigrama es un ejemplo de cómo se puede organizar un departamento de mantenimiento con sus respectivas cuadrillas.

Para el caso de CMR S.A.S., se tienen organigramas bien definidos de las diferentes áreas de intervención en las aeronaves, donde se encuentran los nueve (9) diferentes talleres con que cuenta la Organización para la prestación del servicio, así mismo se encuentran las diferentes áreas que intervienen durante los procesos llevados a cabo en la organización.

### **5.1.3.7.2 Mantenimiento centralizado**

En esta modalidad todas las actividades de mantenimiento se controlan desde una localización central. El personal no está restringido a un área y se traslada de un lugar a otro según se requiera.

El departamento está encabezado por un gerente de mantenimiento quien ocupa el mismo nivel jerárquico que el de producción. Debe existir un perfecto entendimiento entre estos dos departamentos para poder coordinar adecuadamente sus labores. Con este arreglo se logra un flujo continuo de mantenimiento y al cabo de cierto tiempo se contará con personal bien adiestrado que conoce todos los equipos de la planta. Además se simplifican los procedimientos, comunicaciones, reparaciones, compras, etc. Cuando se presenta una emergencia, hay todo un equipo disponible.

Durante los períodos flojos de baja carga de trabajo, el personal puede adelantar programas de mantenimiento preventivo, construir o reconstruir equipos. En el sistema centralizado, la inspección la ejercen mantenimiento y producción; por lo tanto, habrá una doble comprobación de las actividades.

Durante la prestación del servicio a los deferentes clientes CMR S.A.S., tiene la opción de enviar el personal técnico y de inspectores al lugar donde se encuentra operando la aeronave, esto con el fin mitigar o eliminar el tiempo y los costos de desplazamiento de la aeronave a la base central de Bogotá, para la ejecución del mantenimiento correctivo que se pueda presentar como se indicó anteriormente.

Al contrario del arreglo por áreas, se evita que el departamento de producción conceda demasiada importancia a su autoridad, relegando a un segundo plano la opinión de mantenimiento. Como en este caso mantenimiento no tiene enlace directo con ningún otro departamento y cuenta con su propia organización, los costos pueden ascender demasiado, por lo tanto, se debe ejercer un control detallado de estos.

En principio la estructura del departamento de mantenimiento centralizado tiene la misma estructura que la de uno de mantenimiento por áreas (caso anterior), diferenciándose de ésta en que es un solo grupo conformado por una mayor cantidad de gente y la dirección se encuentra centralizada.

De lo anterior podemos concluir que cada alternativa de mantenimiento tiene sus ventajas y desventajas, siendo ellas propias de cada elección. Por ejemplo, de las características del mantenimiento por áreas se puede concluir:

Desventajas:

- Aumento de personal.
- Aumento de los costos.
- Poca flexibilidad en el manejo de personal a nivel de empresa.
- Falta de compromiso con instancias mayores.

Ventajas:

- Más funcionalidad.
- Atención más oportuna.
- Mejoramiento de la calidad del servicio.
- Especialización técnica en cada área.

Se puede deducir de lo anterior (sin ser una regla), que muchas de las ventajas y desventajas del mantenimiento por Áreas, son las mismas del mantenimiento centralizado.

### **5.1.3.7.3 Mantenimiento Mixto**

Por todo lo anterior, así como por el gran crecimiento estructural de algunas empresas, la distribución geográfica de algunas de sus secciones y el manejo en la producción, se hace imposible realizar el mantenimiento únicamente con una de

las alternativas anteriores, por lo cual se hace necesario en ocasiones complementarias para producir una alternativa intermedia (mantenimiento mixto).

Esta alternativa al igual que muchos de los conceptos dados en este escrito, será o no aplicada dependiendo del tipo de empresa y de sus necesidades. A continuación daremos una posible distribución de las funciones por realizar, tanto por las cuadrillas de las secciones o áreas, como por la unidad central de mantenimiento.

Quedarían bajo responsabilidad y manejo directo de cada sección, las siguientes actividades:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.
- Manejo y almacenamiento de repuestos, así como de
- Equipos especiales (troqueles, rodillos, moldes).

Todas estas actividades estarían supervisadas por la unidad central de mantenimiento.

Los jefes de mantenimiento de las áreas asistirán a reuniones semanales de trabajo para mantener unidad de criterios en cuanto al sistema, costos, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo y parámetros de medición de las gestiones. Además, políticas coherentes y consistentes en lo referente a salarios, nivelación de cargos, desarrollo de personal y tecnología.

En CMR S.A.S. este tipo de reuniones se llevan a cabo los días lunes en la mañana con el fin de garantizar la oportunidad de los diferentes requerimientos realizados por los clientes.

Serían de responsabilidad y manejo directo de la unidad central de mantenimiento, las siguientes actividades:

- Construcción de piezas para mantenimiento preventivo.
- Construcción de piezas para mantenimiento correctivo.
- Diseño e interventoría en contrataciones de ingeniería (sistemas eléctricos y electrónicos, sistemas de gas y térmicos, aire acondicionado y montajes).
- Construcción de maquinaria.
- Construcción de piezas para reparaciones mayores.
- Reparaciones mayores.
- Montaje de maquinaria nueva y usada.
- Adaptaciones y modificaciones a equipos de producción.
- Mantenimiento predictivo.
- Reparaciones eléctricas y electrónicas de taller.
- Construcción de equipos bajo pedido.
- Servicios generales.
- Compra de repuestos importados.

#### **5.1.3.8 Métodos para Estructurar un Departamento de Mantenimiento**

Tanto para organizar un área de mantenimiento (mantenimiento por áreas) como para organizar un departamento de mantenimiento (mantenimiento centralizado), se deben utilizar los criterios de departamentalización. Teniendo en cuenta la esencia del mantenimiento, que se basa en satisfacer el servicio, haremos mención de algunos tipos de departamentalización y sus características, enfatizando la departamentalización por funciones y las posibles combinaciones.

La departamentalización del mantenimiento es la repartición de los recursos disponibles para su mejor aprovechamiento. La forma de repartición es inherente al desarrollo de la empresa y tiene como meta agilizar dicho desarrollo.

Es necesario mencionar que varias empresas, muy semejantes entre sí, pueden tener diferentes criterios para la departamentalización del mantenimiento; sin

embargo, todas pueden ser eficientes; es decir, no existen criterios únicos o sistemas "ideales" para esta repartición.

### **5.1.3.9 Manual De Procedimientos**

Es indispensable tener un manual de procedimientos donde de una manera clara se definan las normas para la ejecución de las diferentes actividades del sector de mantenimiento.

El manual debe contener las siguientes partes:

- Numeración.
- Nombre y contenido.
- Objetivos.
- Normas procedimentales.
- Departamentos y personas responsables e involucradas.
- Procedimientos que lo complementan.
- Procedimientos a los cuales reemplaza.

Ejemplos de procedimientos de un departamento de mantenimiento, son:

- Órdenes para reparaciones mayores, montaje y traslado de maquinaria; mejoramiento y modificaciones de máquinas y equipos.
- Ejecución del mantenimiento preventivo.
- Recepción de maquinaria.
- Declarar maquinaria o equipo fuera de uso.
- Compra de servicios de ingeniería.
- Compra de repuestos y materiales.
- Importación de repuestos y accesorios.

CMR S.A.S. posee un Manual de Procedimientos de Inspección, en el cual se encuentran los diferentes procedimientos a realizar por parte de la Organización,

donde se encuentran diseñados los formatos requeridos por las diferentes áreas para el cumplimiento de las actividades. De la misma forma se encuentra la descripción clara de los diferentes procedimientos con el fin de evitar ambigüedades a la hora de la ejecución de los trabajos, allí se indica el responsable y la forma como se deben realizar los procedimientos.

#### **5.1.4 Costos en el Departamento de Mantenimiento**

Desde el punto de vista de la administración del mantenimiento, uno de los factores más importante es el costo. El ingeniero, quien es el encargado de esto, no tiene por lo regular suficiente preparación en esta área, sino en la de aspectos técnicos. Por eso el ingeniero tiene que analizar y profundizar respecto a los costos de mantenimiento a fin de conocer su manejo y control, evitando así el crecimiento de estos.

Los costos de mantenimiento tienen una gran importancia cuando se trata de medir la eficiencia del mismo. Con la ayuda de la contabilidad de costos se puede estudiar el cumplimiento de los presupuestos tanto de operación como de obra. Lo anterior permitirá comparar la labor del departamento de mantenimiento con la de los demás departamentos de la empresa.

##### **5.1.4.1 Clases De Costos**

Los costos totales de mantenimiento están compuestos por dos clases: Costos directos de mantenimiento (C.D.M.) y costo por parada de equipo (C.P.E.).

## Ilustración 2 Clases de Costos en Mantenimiento



Fuente: [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#)

### 5.1.4.2 Costos Directos Del Mantenimiento

Los costos directos de mantenimiento se definen como el valor del conjunto de bienes y servicios que se consumen para adelantar una tarea de mantenimiento. Se encuentran conformados por los costos de suministros y los costos de mano de obra que incluyen los costos de operación.

#### Costos de Suministros

Son todos aquellos costos de los elementos físicos que son imprescindibles durante una tarea de mantenimiento. Resulta conveniente aclarar que los suministros no son repuestos ya que suministro es una palabra genérica que incluye tanto a los repuestos específicos como a los repuestos genéricos tales como: láminas de acero, perfiles, rodamientos, tornillos, bujes, etc., que pudiendo

ser catalogados como repuestos tienen una aplicación mucho más general que los repuestos específicos.

Estimar el costo REAL de un repuesto determinado es una labor difícil, debido a un sin número de factores tales como: devaluación, depreciación y los costos por inventario excesivo.

Es una política muy común en el manejo de los costos el incluir dentro de los suministros, los contratos externos que tengan como fin una tarea de mantenimiento, ya que éstos generalmente requieren de equipo y material para ser adelantados, emitiéndose entonces una factura única que se carga como un suministro. Estos contratos por lo regular son: mano de obra, servicios, asesorías, montajes, etc.

### **Costos de Mano de Obra (C. M.O.)**

Se refiere al salario más las prestaciones sociales devengados por los técnicos del departamento asignados a un labor de mantenimiento. Además se incluyen como C.M.O., los costos de operación, que son aquellos que no pueden ser clasificados ni como suministros ni como mano de obra y cuya cuantificación atribuida a una determinada labor de mantenimiento, es casi imposible. Por lo tanto la valorización de estos costos se hace en un período particular de tiempo. Son ejemplos de estos costos: la renta o alquiler, energía, acueducto, impuesto sobre inmuebles, salarios del jefe de mantenimiento y personal administrativo. Se incluyen también en este ítem los elementos solicitados por el taller de máquinas y herramientas, tales como: aceites, refrigerantes, buriles, brocas, fresas, etc., que una vez comprados se consideran consumidos y que constituyen parte de los gastos del mantenimiento que, como se verá más adelante, pasarán a formar parte de la tarifa.

### 5.1.4.3 Costos de Parada del Equipo

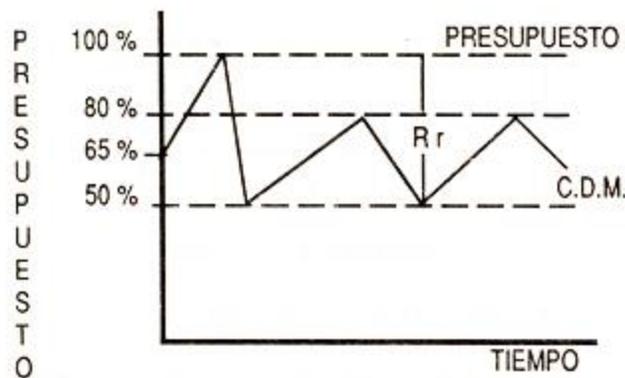
Al hallarse una máquina o equipo en estado improductivo se incurrirá en unos costos debido a la tarifa horaria que tenga la máquina.

En ocasiones la obsolescencia de equipos hace imposible conseguir repuestos y es necesario practicar modificaciones a la máquina; esto puede ocasionar que la máquina disminuya su capacidad productiva y a esta pérdida se le denomina costo por falla.

Debido a que algunos de los costos a los que hemos hecho mención se basan en el tiempo de duración de una tarea de mantenimiento y en la estimación del costo actual de un repuesto, es muy difícil dar valores exactos.

Puede darse el caso de que, con unas buenas estadísticas sobre estos aspectos, se logren inversiones en equipos o aumento de personal para el mantenimiento de aquellos equipos que presenten un C.P.E. por encima de lo presupuestado.

#### Ilustración 3 Utilización del Recurso Restante



CDM: Costos Directos de Mantenimiento

Rr: Recurso restante

Fuente: [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#)

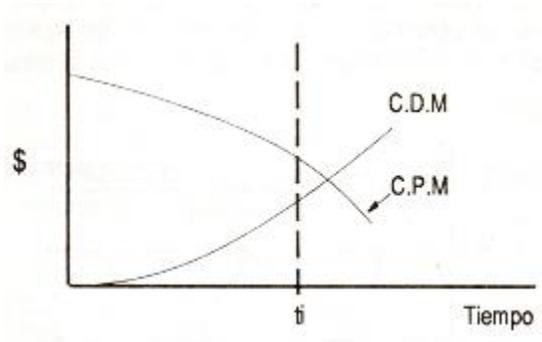
Como se ve en la Ilustración 3 los recursos se utilizan prioritariamente para cubrir los costos directos de mantenimiento. Pero estos tendrán variaciones con el tiempo, alcanzando máximos y mínimos. Conocer el momento en que se presenta el mínimo, se puede determinar la utilización de los recursos restantes ( $R_r$ ), en actividades tales como construcción de maquinaria, reconstrucción de la misma, traslados, montajes, adaptaciones y mejoras.

Los recursos antes mencionados pueden ser dinero, hombres o tiempo. Es importante entonces optimizar la utilización del recurso humano tratando de disminuir el tiempo dedicado al mantenimiento para tener así más recursos dedicados a las actividades antes mencionadas.

Un punto importante es definir el costo óptimo del mantenimiento; esto no se logra sino mediante una revisión permanente de los costos, lo cual es posible si se tiene la información correcta y oportuna. Para esto deben definirse tareas claras y prácticas tanto para la cuantificación del costo de parada de equipo como para la evaluación del costo del mantenimiento preventivo, reparaciones en el mantenimiento correctivo, reparaciones mayores, montajes y diseños para el mejoramiento o alteración de maquinaria; es decir, la tarifa de la máquina.

Otro factor importante es el de mantener la información sobre los costos directos de mantenimiento (C.D.M.), comparando estos con la capacidad productiva de la máquina (C.P.M.), para así poder determinar el momento en el cual se envía un quipo a reparación mayor ( $t_i$ ). Ilustración 4.

#### Ilustración 4 C.D.M. Vs C.P.M.



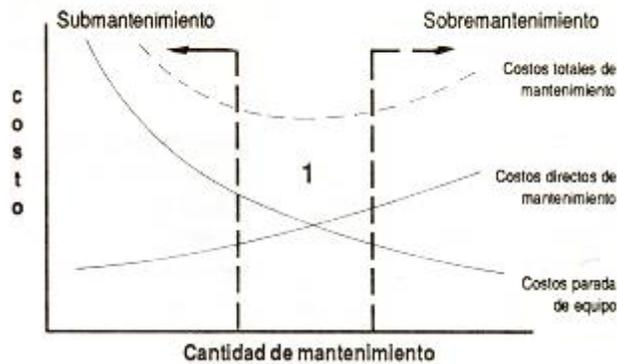
Fuente: [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#)

#### 5.1.4.4 Niveles de Mantenimiento

Se desea determinar en esta sección el nivel real y óptimo del mantenimiento, utilizando como elemento de análisis los costos antes mencionados, ya que la tendencia actual es la de minimizar la cantidad de horas-hombre empleadas para fabricar una unidad de un producto, con la finalidad de reducir su costo unitario y así enfrentar la creciente competencia en el mercado.

Es importante anotar lo difícil que resulta determinar el nivel de mantenimiento, ya que no se pueden generalizar las conclusiones de una fábrica ni de un período dado.

## Ilustración 5 Niveles de Mantenimiento



Fuente: [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#)

### 5.1.4.5 Tarifa para Mano de Obra de Mantenimiento

Hay muchas formas de evaluar las tarifas para mantenimiento. Unas incluyen mano de obra y tarifas para cada máquina del taller, por separado; otras involucran el costo de la máquina en las tarifas de mano de obra.

La tarifa puede sofisticarse o simplificarse tanto como se quiera, pero debe buscarse un punto de equilibrio que sea práctico y represente la situación real.

Para poder elaborar correctamente una tarifa, deben quedar claramente definidos los siguientes costos referidos al taller, sus operarios y los técnicos de mantenimiento:

- Salarios.
- Prestaciones.
- Energía, arrendamiento, depreciación y seguros.
- Mantenimiento propio, repuestos y suministros del taller.
- Mantenimiento de oficinas y papelería.
- Otros.

Los primeros dos constituyen costos de mano de obra, mientras los siguientes son costos de funcionamiento del taller de máquinas herramientas.

Cuando se tenga el presupuesto para el año, que incluya todos los costos anteriores, se puede proceder de la siguiente manera para obtener las tarifas de mantenimiento: se agrupan las personas que trabajan en mantenimiento de acuerdo con sus categorías.

En el caso de CMR S.A.S., se cuentan con Técnicos Especialistas Clase 1, que según la normativa aeronáutica colombiana, establece que este personal debe ser específico de cada sistema de la aeronave a la cual se le adelantaran trabajos, donde encontramos Técnicos Especialistas en Sistemas Hidráulicos, Técnicos Especialistas en Aviónica, Técnicos Especialistas en Motores y Técnicos Especialistas en Estructuras Metálicas y Materiales Compuestos, estos últimos, son con los que cuenta el Taller de Estructuras. De igual forma se cuenta con personal del SENA, a quienes se les realiza entrenamiento en el trabajo.

Así mismo CMR S.A.S., cuenta con Técnicos en Línea de Helicópteros, quienes son los encargados de todas las actividades a desarrollar en la aeronave directamente, como es el ensamble y desensamble de la misma.

Si de acuerdo con el horario establecido en la empresa, una cifra de 2.500 horas es lo que un individuo permanece en ella, puede asumirse un porcentaje de eficiencia aproximadamente del 80%, teniendo en cuenta vacaciones, incapacidades y licencias, lo cual da aproximadamente 2.000 horas/año x persona.

A continuación, y teniendo en cuenta el número de horas trabajadas por cada grupo y los costos del mismo, podremos calcular la tarifa de mano de obra para un integrante de este grupo.

### **Ilustración 6 Cálculo de la tarifa de Mano de Obra**

$$\begin{array}{l} \text{Para el grupo (1)} \\ \# \text{ de horas trabajadas} = \# \text{ personas} \times 200 \text{ Horas} \\ \hline \text{Año} \times \text{persona} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Costo de mano de obra} = \$ (i) = \text{Salario} + \text{Prestaciones} \\ + \% \text{ horas extras y nocturnas} \end{array}$$

Fuente: [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#)

Para obtener la tarifa del Grupo (i) se adiciona a los costos de mano de obra de éste, los salarios del jefe y personal administrativo (que no reportan), relacionados con el personal del mismo y una fracción de los costos de funcionamiento del taller, prorateándolos, por ejemplo de acuerdo con el número de técnicos en el grupo.

De lo anterior la tarifa de una persona del grupo (1) será:

### **Ilustración 7 Tarifa de una Persona**

$$X(i) = \frac{\$ (i) + \text{Jefes} + \text{fracción costos funcionamiento}}{\# \text{ de horas trabajadas en el año}}$$

Fuente: [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#)

La anterior tarifa se refiere al caso en que los costos de las máquinas del taller se adicionan al costo de mano de obra.

Lógicamente una tarifa elaborada en esta forma debe recuperar en el transcurso del tiempo, si ha quedado correctamente elaborado, el valor del presupuesto del sector de mantenimiento.

#### **5.1.4.6 Tarifas para Las Maquinas de Producción**

Producción calcula a todos sus equipos una tarifa por hora para poder cotizar su trabajo. Esta tarifa sirve a mantenimiento para establecer el costo de parada de equipo.

En el caso de un equipo, la tarifa debe involucrar los siguientes aspectos:

- Gastos fijos: arrendamiento, depreciación de equipos y seguro de equipos.
- Gastos variables: mano de obra, fuerza, luz, agua, mantenimiento, suministros y aire comprimido.
- Gastos generales administración, honorarios y centro de servicios.

A continuación se explicarán algunos de los rubros anteriores.

##### **Arrendamientos:**

Asignación proporcional respecto al área ocupada por la máquina o equipo.

##### **Depreciación y Seguros:**

Esto se cuantifica de acuerdo con el valor de adquisición del equipo.

##### **Mano de Obra:**

Esta se refiere a los salarios, prestaciones sociales, horas extras de operación o la tripulación de la máquina.

**Fuerza, Luz, Agua:**

Esta es una asignación proporcional respecto a la potencia de los equipos y número de horas proyectadas de funcionamiento.

**Mantenimiento:**

Es el gasto de la mano de obra mecánica y eléctrica y se asigna con base en los resultados históricos de este rubro para cada una de las máquinas o equipo y crece en la misma proporción que crece el presupuesto de mantenimiento.

**Suministros:**

Son los insumos que la máquina necesita para elaborar un producto específico.

**5.1.4.7 Control en los Gastos de Mantenimiento**

Es esencial tener en consideración las medidas de control de los costos en el departamento de mantenimiento.

Es importante definir adecuadamente los gastos de mantenimiento, pues con frecuencia los cargos por esta tarea han sido erróneos o no están relacionados con el mantenimiento.

El sistema de manejo de esta información debe ser ágil y sencillo; así, la información puede buscarse con facilidad de forma que cada nivel administrativo pueda revisarlo.

Se han desarrollado muchos sistemas para determinar donde se están efectuando los gastos, a veces estos mecanismos resultan complejos. La manera más sencilla que se ha experimentado es el método de acumulación de cargos por trabajo

realizado utilizando el código contable de la sección o área donde se cumplió la labor.

El informe de costos tendrá dos aspectos: el uno, mano de obra y el otro, son los repuestos y suministros; además, estará dividido por una parte en las zonas o departamentos de producción y por otra en las tareas complejas como montajes, traslados, construcción y reparaciones mayores.

Dentro de la Organización, estos costos son calculados por el Departamento de Costos, a partir de la información suministrada por los diferentes Talleres en los formatos establecidos para esto.

El informe incluye la descripción del equipo, las horas-hombre y los materiales empleados. De esta manera se podrá analizar con facilidad dónde se está gastando el dinero, a la vez que se determinarán los factores que afectan los costos de mantenimiento. Estos tipos de informes revelan cuáles equipos tienen costos elevados y cuáles tienen más averías. Estos informes de costos de mantenimiento son además una fuente importante de preparación y de revisión de presupuestos; además, de estos informes se obtienen gráficos indicativos e índices para establecer estrategias, tomar decisiones y pasar informes a la gerencia.

Finalmente esta información es suministrada al cliente con el fin que el Departamento de Confiabilidad del Cliente realice los análisis necesarios para la buena operación de las aeronaves.

Se debe tener en cuenta que el departamento de mantenimiento es quien debe tener control sobre los costos; así, aunque las solicitudes de gastos las hacen otras secciones de la planta, es mantenimiento quien tiene la responsabilidad y el adecuado manejo de los gastos.

Los costos de mano de obra son cada día más altos teniendo un efecto muy notable en los gastos de mantenimiento, pero hay otros factores para tener en cuenta y que afectan los costos de mano de obra más que ninguna otra cosa y son:

El número de personas asignadas para trabajar en cada tarea sea el adecuado.

El uso de herramientas y equipo adecuado.

La obtención eficiente de suministros y materiales en la región.

La previsión en la disposición de los materiales con anterioridad al trabajo, en especial durante las paradas o reparaciones mayores.

En cuanto al personal que labora en mantenimiento, deberá incrementar su preparación y capacitación ya que este factor puede influir en los costos de la mano de obra de una manera definitiva. El perfeccionamiento profesional debe constituir siempre una constante en cualquier programa de mantenimiento.

Por otro lado, en referencia a la carga mínima de trabajo en el departamento de mantenimiento, no existe una regla práctica sobre la proporción o número fijo de personas. Uno de los métodos más corrientes para determinar el número de personas se basa en la cantidad de trabajo pendiente en ejecución pero los datos para tener en cuenta deberán ser confiables.

### **5.1.5 Programación**

La programación en un departamento de mantenimiento es vital para el desarrollo de la labor que se ejecuta, puesto que ella es la encargada de la ejecución del programa de mantenimiento y dependiendo de si la labor del programador es eficiente o no, así serán los resultados obtenidos con este programa.

La programación es la determinación de cuándo debe realizarse cada parte de la tarea planificada, teniendo en cuenta los programas de producción, la disponibilidad de materiales y la mano de obra disponible. Cuando la programación se lleva de acuerdo con estas definiciones, hace posible realizar el trabajo con la menor cantidad de interferencia con la producción, ayuda a tratar las tareas en la secuencia adecuada y mantener el personal trabajando con un mínimo de espera entre las tareas.

El objetivo general debe ser conseguir la realización del trabajo en el tiempo más corto posible con la mano de obra disponible.

El número de programadores en el departamento de mantenimiento depende del tamaño de la planta. En plantas muy pequeñas en donde la programación no es factible, el trabajo puede ser manipulado por el mecánico principal con un mínimo de papelería.

### **Papelería**

Debido al volumen de información que debe manejar el programador en un departamento de mantenimiento, ésta se debe procesar de una manera ordenada y sistemática; para ello es necesario contar con una papelería bien organizada, con el fin de obtener una labor eficiente.

La papelería juega un papel importante dentro del departamento de mantenimiento ya que de su eficacia depende la exactitud de la información recibida; además, es necesaria para obtener un funcionamiento y control adecuado de las labores de mantenimiento.

Al decidir sobre su organización, es esencial que se haga un estudio de las condiciones existentes y que los resultados deseados estén claros. Cada modelo debe jugar una función importante en el control del personal, materiales o costos de tarea. La papelería es el resultado de un proceso de corrección continua, en

donde se realizan ajustes de acuerdo con las variaciones que sufre el departamento.

### **5.1.6 Manual de Procedimientos de Inspección**

Este manual explica detalladamente el sistema de inspección interno, incluyendo la continuidad de la responsabilidad de la inspección.

Da ejemplos de los formularios de inspección usados y su método de ejecución. El manual de una detallada explicación de las siguientes partes del sistema de inspección: ingreso de materiales, inspección preliminar, daños ocultos, continuidad de inspección e inspección final de los productos y componentes mantenidos o alterados en estas instalaciones.

La reparación general o mayor, overhaul, alteración o reconstrucción de aeronaves con certificado de aeronavegabilidad emitido en la República de Colombia, aeronaves utilizadas por operadores colombianos en transporte aéreo comercial, productos aeronáuticos importados no Aero-navegables para la vuelta a su condición y productos aeronáuticos en general serán realizadas de acuerdo con los reglamentos vigentes de la UAEAC, teniendo en cuenta la fecha de fabricación, planos, especificaciones, boletines del fabricante, herramientas especiales solicitadas por el fabricante (si aplica) u otro dato técnico aprobado por la UAEAC. Los servicios especializados con alcance limitado serán realizados de acuerdo con las habilitaciones consignadas en las Especificaciones de Operación aprobadas por la UAEAC.

Este TAR no mantendrá ni alterará ningún producto para el cual no esté certificado y no mantendrá ni alterará ningún artículo para el cual, estando certificado se requiera información técnica, equipo, materiales, instalaciones o personal entrenado que no esté disponible; así mismo, CMR S.A.S. no realizará reproducciones, alteraciones, anotaciones fraudulentas intencionalmente falsas y/o actos ilícitos en cualquier registro o informe que se requiera hacer, mantener o usar, para mostrar el cumplimiento con cualquier requerimiento bajo la Parte 4

Capítulo 1 y Capítulo 2 del RAC; el incumplimiento de estos requisitos será causal de la suspensión , cancelación o revocación del Certificado de Funcionamiento con sus respectivas especificaciones de operación, lo cual tendrá el mismo efecto en el permiso de funcionamiento, y por consiguiente el TAR deberá retornarlo dentro de los 15 días posteriores a la fecha de su cancelación o revocación. La realización de mantenimiento solicitado por un operador bajo el RAC 4.5 y 4.6, se cumplirá de acuerdo a los requerimientos del RAC 4.11 .1.2 y cumpliendo con lo especificado en el MGM aprobado para el operador. La biblioteca técnica y el MPI requeridos para la operación de este TAR, serán mantenidos y actualizados en todo momento.

Cada técnico, supervisor e inspector que trabaje para este TAR, contará con la posibilidad de consultar una copia actualizada de este manual en todo momento y deberá entender perfectamente su contenido. También estará disponible para todo otro personal del taller que lo requiera. <sup>10</sup>

El Manual de Procedimientos de Inspección (MPI) de CMR S.A.S. cuenta con 7 Capítulos y 7 anexos. Este MPI ha sido preparado de acuerdo con los reglamentos vigentes de Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil (UAEAC) y las políticas del Centro de Mantenimiento y Reparación de Helicópteros Rusos CMR S.A.S. Estos capítulos y anexos contienen lo siguiente:

Capítulo 1: Identificación e Instalación del Taller.

Capítulo 2: Organización del Taller.

Capítulo 3: Deberes y Responsabilidades.

Capítulo 4: Personal y Entrenamiento.

Capítulo 5: Sistema de Inspección.

Capítulo 6: Sistema de Auditorias de Control Calidad.

Capítulo 7: Procedimientos de Almacén.

---

<sup>10</sup> Introducción Manual de Procedimientos de Inspección.

Los anexos:

A1: Personal y Licencias.

A2: Proveedores y Talleres Contratistas.

A3: Documentación Técnica.

A4: Lista de Herramientas.

A5: Formatos.

A6: Lista de Capacidades.

A7: Lista de Partes / Componentes Pasportizados.

Este manual cuenta donde se encuentran los diferentes formatos para su diligenciamiento, según los requerimientos del proceso y del Departamento de Programación.

### **5.1.7 Nuevo Enfoque Para Optimizar El Mantenimiento en el Sector Aeronáutico**

El mantenimiento, es un área que en gran parte de las industrias no es considerada de gran valor, en algunas ocasiones las empresas consideran el mantenimiento como las actividades de cambio de elementos de desgaste, pero no contemplan la Gestión de Mantenimiento basada en la planificación y asignación de presupuestos, entrenamiento y capacitación de personal calificado para realizar las actividades, implementación de planes óptimos de mantenimiento acordes a las necesidades de la empresa como es el mantener o aumentar la productividad del negocio.

Con lo anteriormente mencionado, se requiere que en la actualidad el “Mantenimiento” tenga un enfoque global de tal forma que sea parte de la Gestión estratégica de las empresas y se convierta en un área de mejora continua, la cual permite aumentar la confiabilidad de los equipos mediante una gestión de disminución de costos como resultado de un mantenimiento optimizado .

Por lo tanto, el mantenimiento debe estar orientado a los objetivos de la empresa y a los resultados, de tal forma que la gestión del área de mantenimiento permita a la empresa ser competitiva con calidad, el cual es un factor de gran importancia que se debe brindar al cliente a través de un producto o servicio el cual está diseñado de acuerdo a las necesidades del mismo, pero también se debe tener en cuenta que dentro de las necesidades está el precio que es lo que el cliente está dispuesto pagar por el producto o servicio que se le brinda.

Es decir que el área de mantenimiento, hace parte de la estrategia empresarial que tendría dos objetivos primordiales: disminuir los costos (de mano de obra, material y contratación) y mejorar la confiabilidad operacional de los equipos o de la gestión de los activos

Para lograr la efectividad de la estrategia del área de mantenimiento, se deben considerar aplicar herramientas y metodologías que ayuden a eliminar todas las operaciones de mantenimiento, que no le agregan valor a el producto, servicio, y a los procesos, todo esto con base en el (***Pensamiento Lean - Pensamiento Esbelto***), el cual permite que el área de mantenimiento este en función de una filosofía de Mejora Continua que impacta de forma significativa la satisfacción del cliente y mejora el margen de utilidad esperado por la empresa.

### **Antecedentes del Pensamiento “Lean”**

En la actualidad, en el ámbito empresarial se hace referencia al pensamiento ***Lean o*** traducido al español ***Pensamiento Esbelto***. Este pensamiento tiene sus inicios en la industria automotriz, específicamente en el Sistema de Producción Toyota (SPT) cuando, a finales de la segunda guerra mundial y tras la devastación de Japón, la industria manufacturera de este país fue afectada significativamente, como fue el caso de la compañía Toyota quien quedo sin recursos suficientes para competirle a Estados Unidos quien era el líder en fabricación de automóviles.

Esta situación motivo a los Ingenieros japoneses, Shingeo Shingo y Taiichi Ohno, líderes de Toyota a desarrollar herramientas de manufactura y gestión que permitieran que Toyota se convirtiera en uno de los fabricantes de automóviles más importantes y el productor número uno a nivel mundial con los más altos estándares de calidad y alcanzando las más alta productividad y rentabilidad de la industria.

En el inicio de los ochenta, una comitiva de MIT (Massachusetts Institute of Technology) viajo a Japón a realizar una investigación en las acciones y estrategias que la industria automotriz japonesa adelantaba en el momento y que era la ventaja competitiva frente a la industria norteamericana, se detectó que, que se estaban aplicando herramientas que conformaban el sistema de

producción Toyota, el cual tenía como objetivo eliminar a través de las actividades de mejora continua, los desperdicios dentro de la empresa (Monden, 1998; Ohno, 1991), logrando esto alcanzar resultados inmediatos como el aumento de la productividad, competitividad y rentabilidad de la empresa sin necesidad de inversiones en maquinaria, personal y tecnología

Con los hallazgos encontrados la comitiva, consolidó la información con todas las herramientas que hacen parte del sistema de producción y le dio el nombre de **Lean Manufacturing**, debido a que la gestión estaba siendo aplicada al sector de la manufactura. A partir de este momento, la filosofía de los japoneses empezó a difundirse en el mundo occidental, pero solo a finales de los años 90 el concepto de **Lean** empezó a expandirse masivamente en industrias como la manufacturera y de servicios, principalmente en Estados Unidos y Europa. En Latinoamérica el **Lean** se ha aplicado en países como Brasil y México mientras que en Colombia la implementación se ha dado de forma lenta y principalmente por multinacionales como GM Colmotores, Sofasa, Standford y Belcorp entre otras.

### **Concepto del Lean**

**Lean**, es una metodología de mejoramiento de procesos que disminuye los tiempos entre el momento en que el cliente realiza una orden hasta que recibe el producto o servicio. El resultado de la implementación del lean en una empresa o proceso, es la capacidad de entregar un producto o servicio de alta calidad, con especificaciones acordes a la necesidad del cliente, a un costo competitivo.

Cuando se implementa el Lean dentro de una organización, se debe iniciar diagnosticando los procesos llevados a cabo en el área, que la organización ha decidido para implementar la metodología. El primer cuestionamiento que se hace es, ¿Qué es lo que el cliente espera de este proceso? (tanto el cliente interno como el externo) y para poder dar respuesta, se debe analizar con detalle cuales son las actividades que agregan valor a las que no agregan valor, entendiéndose

como **Valor Agregado** aquellas actividades que producen una transformación en el producto o servicio por las cuales el cliente está dispuesto a pagar.

Es decir, que es importante tener claro que el objetivo principal del **Lean** es la eliminación continua y sostenible de desperdicios que son producto de las actividades que no agregan valor dentro de un proceso. Desde la perspectiva del Sistema Lean un desperdicio se considera como todo lo adicional a lo mínimo de recursos (materiales, equipos, personal, tecnología, etc.)<sup>11</sup> De acuerdo con el concepto de desperdicio y a su evolución en el sistema de producción Toyota se han identificado ocho desperdicios, existentes en cualquier organización y que se presentan desde el inicio del proceso hasta la finalización del mismo.

En el Sistema Lean a los desperdicios se les denomina “7+1 Tipos de Desperdicios”, debido a que el octavo desperdicio es especial dentro del mejoramiento continuo, a continuación se describen los desperdicios de acuerdo a la Gestión de mantenimiento:

1. **Sobre-producción:** Es considerado como el principal de los desperdicios y la causa de la aparición de otros desperdicios y se define para el área de mantenimiento, como aquellas actividades que se ejecutan en intervalos más frecuentes del tiempo estándar el cual es definido por la organización.
2. **Espera:** Se presenta cuando el personal de mantenimiento debe esperar para efectuar una actividad, se considera la espera de herramientas, catálogos de partes, transporte, información entre otros.
3. **Transporte:** Es un elemento importante que afecta la entrega oportuna de los mantenimientos y/o reparaciones, se presenta cuando las herramientas se almacenan lejos del lugar del trabajo, no existen los medios de transporte indicados para el traslado de componentes o repuestos solicitados, el personal

---

<sup>11</sup> Ing. Fabián Ortega; Lean Manufacturing y Mayor productividad en la Industria; Revista MM

de mantenimiento pierde mucho tiempo caminando, estas son situaciones que no agregan valor al proceso.

4. **Sobre-procesamiento:** Se presenta cuando hay aprobaciones redundantes de órdenes de trabajo, diligenciamiento de reportes, uso inadecuado de software de mantenimiento, errores repetitivos en los procedimientos.
  
5. **Exceso de Inventario:** Este desperdicio en mantenimiento se asocia a las existencias excesivas de repuestos e insumos para el mantenimiento de un componente o en algunos casos se presenta por la no disponibilidad de repuestos y/o insumos requeridos generando esto retraso en las órdenes de trabajo.
  
6. **Movimiento Innecesario:** Este desperdicio se presenta cuando se utilizan equipos inadecuados, posición de los componentes o repuestos en sitios erróneos o localización de herramientas que obligan al trabajador a desplazarse a otros sitios para alcanzarlos.
  
7. **Corrección de Defectos:** En mantenimiento se presenta cuando hay trabajos repetitivos debido a una reparación realizada inadecuadamente. Los defectos son consecuencia de entrenamientos y procedimientos inadecuados e impactan significativamente la organización.
  
8. **Destrezas de los Trabajadores:** Se presenta en mantenimiento cuando no se aprovechan las habilidades de los trabajadores o no se cuenta con el personal con los conocimientos adecuados para ejecutar las actividades de mantenimiento.

Aunque la identificación de los desperdicios es importante, tener en cuenta que estos se deben eliminar o mitigar, para esto se debe involucrar a todo el personal

de la organización, donde la dirección promueva un ambiente de generación de ideas que contribuya a la eliminación de desperdicios.

## **Principios del Sistema Lean**

Los principios más frecuentes asociados al sistema Lean son:

- Trabajar durante la ejecución de las actividades del proceso.
- Formación de líderes de equipos
- Crear una organización que se fundamente en la filosofía de la mejora continua.
- Identificar y eliminar funciones o procesos que no son necesarios
- Involucrar a la dirección en la implementación del Lean
- Estandarizar las tareas para implementar la mejora continua.
- Utilizar el control visual para detección de problemas
- Conseguir la eliminación de defectos.

## **Pensamiento Lean o Pensamiento Esbelto**

Durante el proceso de desarrollo de una estrategia ***Esbelta o Lean***, es importante relacionarla con el personal, debido a que, la implementación del sistema implica cambios radicales en la forma de trabajar, es decir que se deben suprimir los niveles del organigrama o la anulación de mandos y se debe trabajar en equipo con el fin de crear estrategias más sólidas que beneficien a la compañía.

## **Aplicaciones de los Conceptos Lean**

Es claro que desde sus inicios y con su desarrollo en pleno con el Sistema de Producción Toyota, la primer aplicación que se dio, fue en el área de la Manufactura, pero teniendo en cuenta la estructura del sistema Lean, se ha

aplicado a otras áreas de las organizaciones, la cuales se han beneficiado del pensamiento esbelto e impactan significativamente en los objetivos y la visión de las empresas.

Actualmente el sistema Lean y sus herramientas se aplican en las siguientes áreas:

- Lean Manufacturing (Manufactura ágil o esbelta)
- Lean Maintenance (Mantenimiento ágil o esbelto)
- Lean Government (Gobiernos ágiles o esbeltos)
- Lean Healthcare (Hospitales ágiles o Esbeltos)
- Lean Hotel (Hoteles ágiles o Esbeltos)
- Lean Design (Diseños Ágiles o Esbeltos)
- Lean Logistics (Logística Ágil o Esbelta)
- Lean Accounting (Contabilidad Ágil o Esbelta)

La aplicación en cualquiera de estas áreas implica mejorar los procesos y /o eliminar las actividades que no agregan valor y generan desperdicios.

### **Lean Maintenance o Mantenimiento Esbelto**

Es una metodología de mejoramiento de procesos aplicada a las actividades desarrolladas en el área de Mantenimiento, como gestión proactiva en donde se requiere de la planificación y programación de mantenimientos a través de técnicas que permitan la mejora continua dentro de la gestión de Mantenimiento.

### **Objetivos del Lean Maintenance o Mantenimiento Esbelto**

El principal objetivo del mantenimiento esbelto es implementar una filosofía de mejorar continua, que permita a las compañías reducir costos de mantenimiento, mejorar los procesos relacionados y eliminar los desperdicios para aumentar la confiabilidad operacional y la disponibilidad de los activos para contribuir a mantener los márgenes de rentabilidad.

## **Herramientas del Mantenimiento Esbelto**

En el Mantenimiento Esbelto o Lean Maintenance agrupa una serie de métodos o herramientas enfocadas en reducir los desperdicios y reducir los recursos empleados durante los procesos de mantenimiento a través de equipos de trabajo.

Los métodos aplicados en el sistema Lean Maintenance, son:

- **Value Stream Mapping (Mapeo del Proceso)**

El mapa de valor contiene todas las acciones que agregan o no agregan valor al proceso, determina donde se deben aplicar los conceptos esbeltos para optimizar el flujo de trabajo de acuerdo a un plan paso a paso que asegure los resultados a lo largo del tiempo.

- **5's**

Es una herramienta que permite optimizar las zonas de trabajo para que estén sistemáticamente limpias y organizadas, mejorando la seguridad del empleado y creando bases para la implementación del proceso esbelto.

Las siguientes etapas, constituyen las 5 's:

- **Seleccionar:** Consiste en retirar del lugar de trabajo aquellos artículos que no son necesarios.
- **Organizar:** Consiste en organizar los artículos que realmente se necesitan para ejecutar el trabajo, dándoles una ubicación específica para cada cosa, de esta forma se facilita la identificación, localización, disposición y retorno al lugar después de su uso.
- **Limpiar:** consiste en eliminar y evitar suciedad, teniendo en cuenta que con esta rutina se inspecciona lo elementos que se están limpiando.

- Estandarizar consiste en lograr que los procedimientos prácticos y actividades logradas, en las tres primeras etapas se ejecuten para asegurar que las prácticas se mantengan en el lugar de trabajo.
- Disciplina: Consiste en aplicar constantemente la 5's mediante el compromiso de todos, involucrando la participación del personal para la lograr la mejora continua.

- **Sistemas Visuales**

Es una herramienta que permite, establecer un sistema de comunicación y control visual de todo el proceso teniendo en cuenta la aplicación de las 5 's y su respectiva estandarización. Se desarrolla con un equipo multifuncional del área.

- **Just in Time**

Es una metodología que establece la entrega de un producto o servicio, en el momento adecuado, en la cantidad apropiada, sin ningún defecto o pérdida,

- **Kanban**

Este sistema es utilizado para crear un flujo de "arrastre" de material o información en un proceso.

- **Cambios Rápidos (SMED)**

Es una herramienta que se aplica, para minimizar los tiempos de cambio de partes en una maquina o serie de máquinas, permite eliminar el desperdicio de sobreproducción.

- **Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Es una serie de técnicas para asegurar que las máquinas y/o equipos de un proceso estén disponibles para realizar las actividades de mantenimiento.

- **Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)**

Consiste en reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, evitando o eliminando acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias.

- **Trabajo Estandarizado**

El trabajo estandarizado es establecer procedimientos precisos para cada operador en el proceso de mantenimiento de acuerdo con el tiempo, la secuencia y el inventario.

- **Poka Yoke “ A prueba de errores”**

Son métodos que evitan errores humanos en los procesos antes de que se trasformen en defectos, y permiten que los trabajadores se concentren en las actividades a ejecutar.

- **Kaizen**

Es una cadena de acciones de mejora continua, que tiene como objetivo optimizar los resultados de los procesos existentes a través de la creación de un proceso en el que existe mayor valor agregado y menor desperdicio.

- **Modelo del costo del Desperdicio**

Metodología orientada establecer el impacto económico generado por los desperdicios en los diferentes tipos de actividades organizacionales, busca convertirse en una herramienta de concientización para la planeación desarrollo e implementación de metodologías para la optimización y mejora continua.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> Ing. Esp. Miguel Ángel Urián Tinoco; Modelo de Costo del Desperdicio aplicado a Procesos de Manufactura;2013

## 5.2 Estado del Arte

Dentro del proceso de investigación se hace visible la necesidad de establecer el desarrollo del tema tratado, es por esto que a continuación serán citados algunos documentos que de alguna manera refieren o aportan a la presente monografía a nivel local, nacional e internacional.

### 5.2.1 Estado Del Arte Internacional

- En el año 2013 el Ingeniero Alex Javier Novillo, de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito Ecuador en su tesis titulada **análisis de las especificaciones PAS55 – 2008 como aporte a la Gestión de Activos Físicos en las ensambladoras Automotrices del Ecuador** busca detectar herramientas de gestión a nivel mundial que al ser utilizadas por las ensambladoras automotrices aseguren la sostenibilidad del negocio.
- En el año 2013 los investigadores Arturo González del Instituto Tecnológico de Tlahuac, Eduardo Poblano, Francisco Poblano del Instituto Tecnológico de la Laguna y Roberto Ramírez López del Instituto tecnológico de Ciudad Juárez en su artículo **Value Chain Map implemented production process equipment cables nopal industrialization in a Company of Mexico city** buscan por medio de la implementación del mapa de la cadena de valor identificar los desperdicios existentes en la línea de producción analizando el flujo de procesos y determinando los cuellos de botella. Desarrollan los cálculos y determinan la posibilidad de mejora existente en cuanto a organización de material y balanceo de línea.
- En el año 2013 el ingeniero Heisor Vicente Arias Díaz de la Hochschule Ansbach en Alemania para su tesis de maestría titulada **Integración of knowledge management and change management to implement lean**

**Manufacturing** analiza cómo se debe dar el proceso de gestión de conocimiento desde la gerencia para garantizar el proceso de implementación de Lean Manufacturing, para esto toma las etapas a tener en cuenta en la gestión del conocimiento y las integra a la gestión del cambio para lograr una implementación eficiente y duradera.

- En el año 2009 los doctores Luis Fernando Alarcón Cárdenas y Eugenio Pellicer Armiñana de la Pontificia Universidad Católica de Chile y de la Universidad Politécnica de Valencia en su artículo **A new Managent focus: Lean Construction**, evidencian una alternativa generada en la gestión de la construcción impulsada por el Dr. Lauri Koskela, esta iniciativa busca generar una construcción sin pérdidas basada en el modelo de producción Toyota, generando agilidad en los proyectos y óptimos resultados desde la planificación hasta la entrega de los proyectos.
- En el año 2009, en la Séptima Conferencia de para Ingeniería y Tecnología de Latino América y el Caribe, el Ing. Wilmary Y. Peña p. y Dra. Gaugys Mendoza, Proponen un plan para reducir el desperdicio, en el proceso de fabricación de piezas de revestimiento de mármol y/o granito en la empresa Materiales y Revestimientos Santa Clara S.A., basada en las estrategias de Kaisen, donde se establecen las acciones correctivas y/o preventivas que garanticen un mejor aprovechamiento de la materia prima. A su vez se optimizo la fabricación, disminuyendo los desperdicios de nivel evitable y los permitidos en la organización en un (15%). Finalmente se logra la reducción de los desperdicios de un 33.86% a un 16.91%, representado en costos 37,03%.
- En el año 2008 el ingeniero Pablo Moleiro Naval de la Escola Politécnica Superior de Castelldefels (Universidad Politécnica de Catalunya) en su tesis de maestría titulada **Process improvements in a material handling activity by**

**applying lean production techniques**, en esta propuesta estudia la realización y el análisis de mejoras en los procesos de empaquetado que se realiza en Talleres Bellvitge. Obteniendo estas mejoras se consigue optimizar los recursos disponibles, añadiendo mayor producción y facilidad a los trabajos. También se generan mejoras enfocadas a la calidad.

### 5.2.2 Estado del Arte Nacional

- En el año 2014 los ingenieros Andrés Felipe Reyes Herrán y Julio Cesar Carvajal Montes de la Universidad de San Buenaventura en su Tesis titulada **Plan de Mejora para la reducción de desperdicio adicional en el proceso de impresión de plegadizas en una industria de artes gráficas de Cali-Colombia impresión de servicio**, Presentan diferentes métodos y alternativas que le permitan a la empresa reducir los costos de no calidad, se utilizaron herramientas de análisis de datos y un formato de levantamiento de información como instrumentos cualitativos adaptados de diferentes autores.
- En el año 2013 las ingenieras Sullay Ruiz Mostacilla y Martha C. Sandino R. de la Universidad Santiago de Cali (Cali – Colombia), en su artículo **Propuesta metodológica para la gestión de residuos en la industria azucarera usando Lean Manufacturing** en este artículo se hace un análisis de las diferentes etapas del proceso del azúcar buscando oportunidades de mejora que reduzcan la cantidad de desperdicio que lleva como consecuencia la generación de desechos, también se identificó la estrategia a seguir para optimizar el proceso de almacenaje y transporte y la reducción de impactos ambientales.
- En el año 2011 los ingenieros Juan Gregorio Arrieta, Juan David Muños Domínguez, Andrea Salcedo Echeverry y Steven Sossa Gutiérrez de la Universidad EAFIT en su tesis **Aplicación Lean Manufacturing en la**

**industria colombiana. revisión de literatura en tesis y proyectos de grado** buscaron realizar un levantamiento de las tesis desarrolladas en Colombia, allí se muestra el conocimiento desarrollado en manufactura esbelta durante los últimos años, con esto se pretendió evaluar el resultado obtenido con su implementación.

- En el año 2010 los estudiantes Juan Gregorio Arrieta Posada, Victoria Eugenia Botero Herrera, María Jimena Romero Martínez de la Universidad EAFIT Medellín – Colombia en su artículo **Benchmarking about Lean Manufacturing in the textile sector in Medellín** presentan los resultados obtenidos después de hacer un benchmarking entre empresas del sector textil específicamente entre las fabricantes de Jeans, con este encontraron que las metodología no es de uso común y que es una oportunidad de optimización de resultados para el sector.
- En el año 2006 los ingenieros Elkin Rosas Montaña y Leonardo Montaña de la Universidad Pedagógica y tecnológica de Duitama en su tesis **Diseño de un sistema de mantenimiento con base en el análisis de criticidad y efectos de falla en la planta de coque de fabricación primaria en la empresa Acerías Paz del Rio S.A.** buscaron diseñar un sistema de mantenimiento con base en la criticidad y análisis de defectos y modos de falla obteniendo resultados en mejoramiento de disponibilidad para los equipos y reducción de desperdicios asociados a las paradas de planta.

### **5.2.3 Estado del Arte Local**

- En el año 2014 los ingenieros Miguel Alfonso Corredor Gutiérrez y William Alfonso Vargas Correa de la Universidad ECCI en su monografía titulada **Análisis de la pérdida de material en la extrusora de tornillo marca Egan** del área de plastificado de la compañía D´vinni s.a., en esta monografía los ingenieros hacen un seguimiento a las los problemas existentes en la máquina

citada determinando las razones de pérdida y proponen acciones de mejora para optimizar el rendimiento y lograr un mayor aprovechamiento de los recursos.

- En el año 2014 los ingenieros Efraín Rodríguez Castro y German Soto Arenas de la Universidad ECCI en su monografía titulada **Diseño de un modelo para un programa de mantenimiento preventivo aplicado a la maquinaria procesadora de plásticos en Prosoplas S.A.**, en esta monografía los ingenieros hacen una propuesta de mejora en la cual incluyen el desarrollo de la documentación para las tareas rutinarias en los equipos y un programa de 5S's para el mejoramiento de las condiciones de los equipos dentro de la línea de producción.
- En el año 2014 los ingenieros Mohamed Orlando Rodríguez Carranza y Miguel Ángel Rodríguez Rojas de la Universidad ECCI en su monografía titulada **Propuesta de diseño de un modelo plan de mantenimiento autónomo para la planta de producción RYCTEL Ltda.**, en su monografía los ingenieros exploran la gerencia estratégica de la organización determinando los objetivos y la visión de largo plazo de la misma con ello analizan el plan de mantenimiento y proponen para dar alcance a los objetivos organizacionales desarrollar el pilar de mantenimiento autónomo de TPM, realizan la propuesta ajustándola al plan actual de mantenimiento.
- En el año 2014 los ingenieros Hugo Prieto Henríquez y Francisco Javier Pérez de la Universidad ECCI en su monografía titulada **Propuesta de una estrategia basada en medición de indicadores de gestión para el departamento de mantenimiento de CSL Bogotá**, en esta monografía los ingenieros analizan el crecimiento obtenido por la organización en los últimos años y establecen que para poder garantizar su sostenimiento es necesario medir las diferentes variables involucradas para determinar planes de acción a desarrollar, determinando para esto que la herramienta más indicada es el BSC.

- En el año 2013 el ingeniero José Andrés Plazas García de la Universidad ECCI en su monografía titulada **Propuesta de mejoramiento continuo para el departamento de mantenimiento de Codinter S.A.**, el ingeniero hace una propuesta enfocándose en analizar las áreas de la organización que presentan oportunidades de mejora o que afectan el desempeño de las demás, estableciendo un proceso para identificar y gestionar la mejora.

## 6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a los tipos de investigación (Ver Ilustración 8), la investigación implementada para el presente proyecto es una investigación de tipo Histórico, Documental y descriptivo, debido a que se analizaron eventos como las actividades de mantenimiento del pasado en relación con el presente, se documentó sobre el objeto de estudio (Actividades de Mantenimiento del Taller de estructuras) y finalmente se identificaron los tipos de desperdicio presentes en el Taller de Estructuras, con el fin de aplicar el modelo del Costo del desperdicio.

### Ilustración 8 Tipos de Investigación

TIPO DE INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICAS
• Histórica	Analiza eventos del pasado y busca relacionarlos con otros del presente.
• Documental	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.
• Descriptiva	Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio.
• Correlacional	Mide grado de relación entre variables de la población estudiada.
• Explicativa	Da razones del por que de los fenómenos.
• Estudios de caso	Analiza una unidad específica de un universo poblacional.
• Seccional	Recoge información del objeto de estudio en oportunidad única.
• Longitudinal	Compara datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios.
• Experimental	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o mas variables independientes sobre una o varias dependientes.

Fuente: Guía para Presentación de Proyecto de Investigación ECCI. P.18

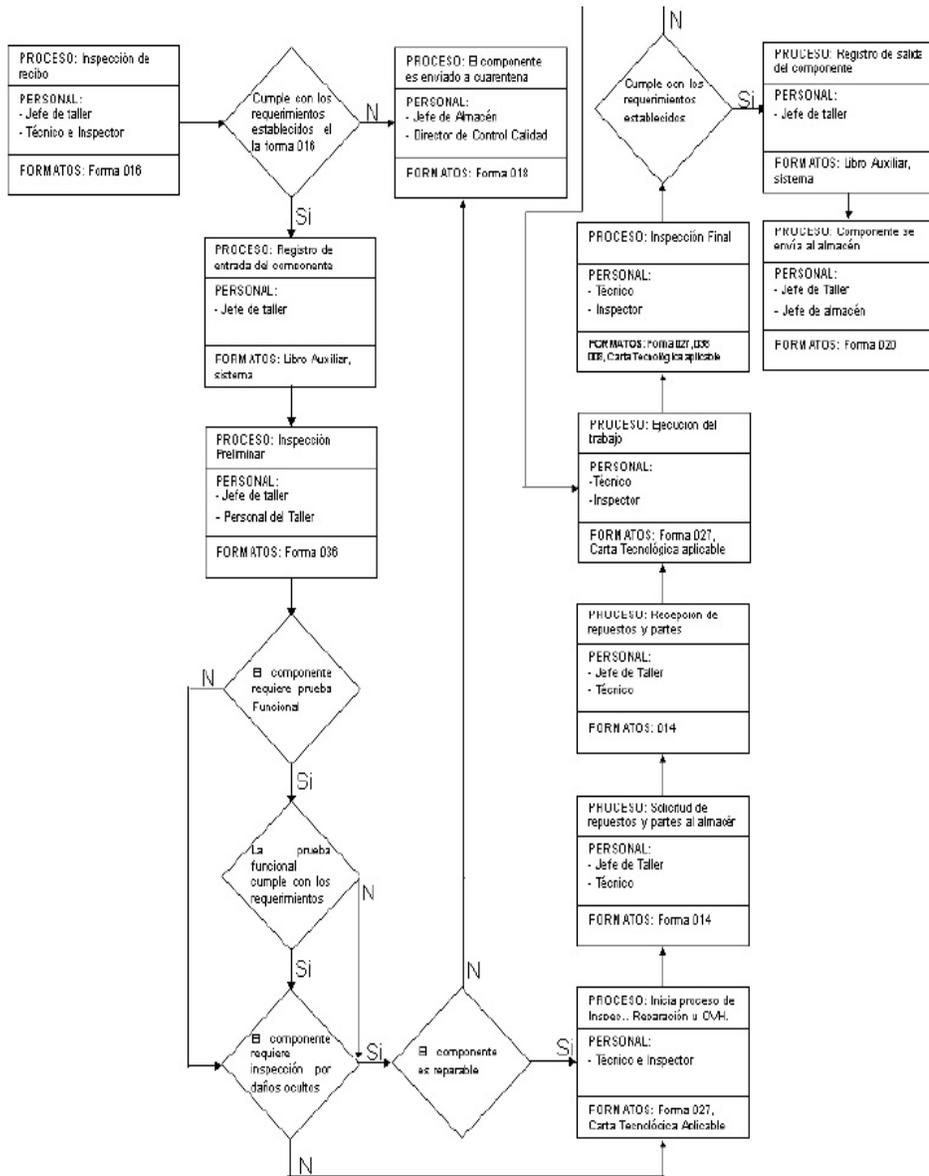
## **7. DESARROLLO METODOLÓGICO**

El presente capítulo, describe la metodología para aplicar el modelo del costo del desperdicio a las operaciones desarrolladas en el proceso de mantenimiento en el Taller de Estructuras de la Organización de Mantenimiento CMR SAS.

Para identificar los procesos desarrollados en el Taller de Estructuras de CMR SAS, se debe tener en cuenta que este, es uno de los 9 (Nueve) Talleres de la Organización de Mantenimiento Aeronáutico “Centro de Mantenimiento y Reparación de Helicópteros Rusos CMR S.A.S.”, donde se realizan trabajos de mantenimiento y reparación estructural de aeronaves MI-8 series.

Como primera acción, se identificarán los procesos desarrollados en el Taller de Estructuras que es objeto de estudio en la presente investigación. En primera instancia se analiza el flujograma de los talleres (Ver Ilustración 9), el cual es aplicable al Taller de Estructuras y contiene cada uno de los procesos y el personal involucrado y/o requerido para el mantenimiento de las aeronaves MI-8.

## Ilustración 9 Flujograma de Talleres



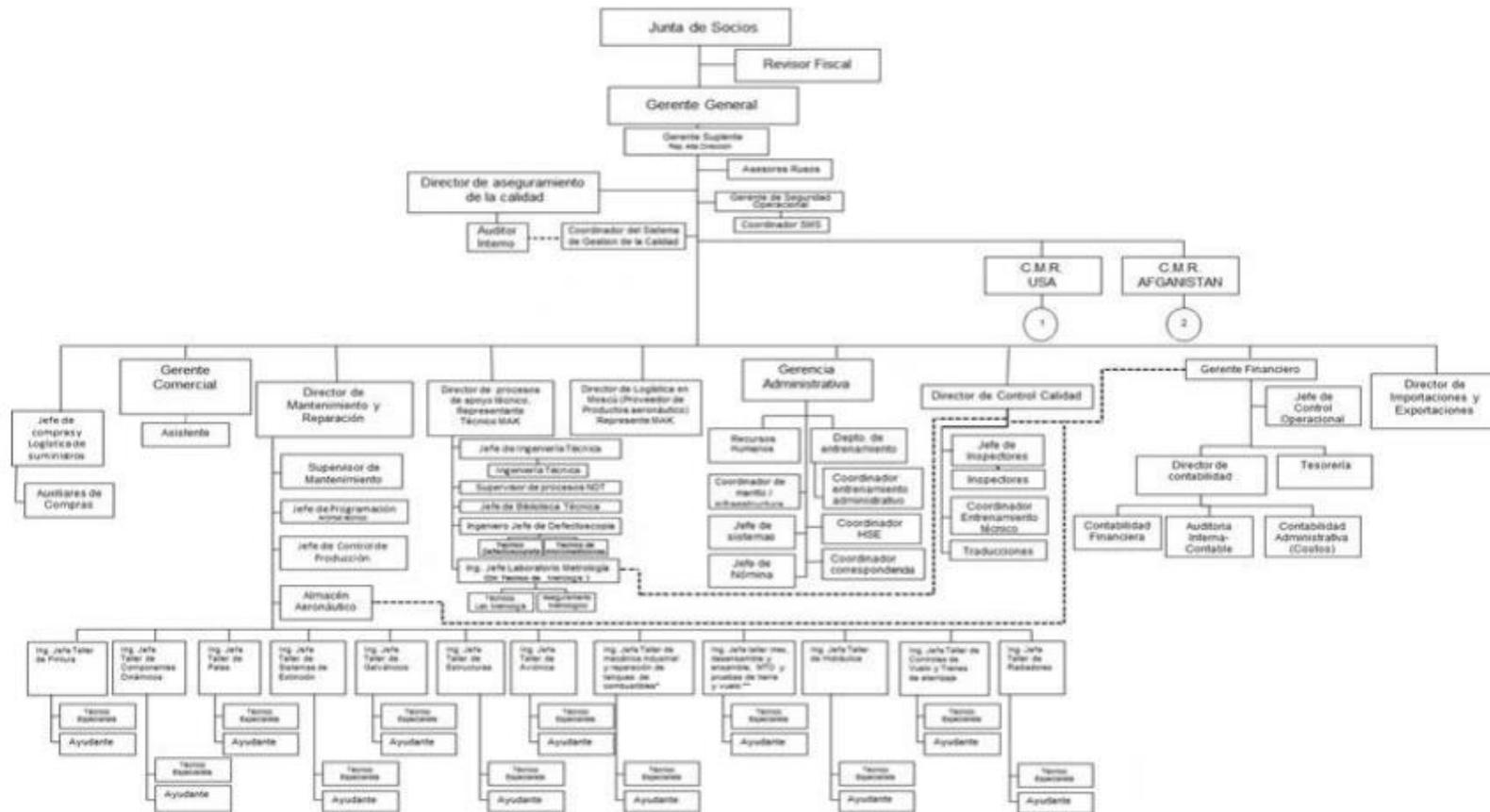
Fuente: Manual de Procedimientos de Inspección CMR SAS.

En cuanto al personal, que ejecuta y/o que se requiere para las actividades del mantenimiento del Taller de Estructuras, se analiza el perfil de conocimiento con el fin de determinar y precisar las evidencias de desempeño y de entrenamiento.

La investigación da inicio, convocando a una conferencia, a todo el personal del Mantenimiento del Taller de Estructuras de acuerdo al organigrama funcional (Ver Ilustración 10)

Para la realización del evento, se involucró al personal directivo de CMR SAS., con el fin de contextualizar los conocimientos sobre “Modelo del costo del desperdicio Área de aplicación Gestión de activos (Mantenimiento)”, la conferencia fue desarrollada por Ing. Esp. Miguel Ángel Urián Tinoco, en las instalaciones de CMR SAS., donde se abordaron temas como el concepto de desperdicio, tipos de desperdicio, definición y aplicación del modelo del Costo del Desperdicio. Durante el desarrollo de la conferencia se involucró a los asistentes para que diligenciaran un cuestionario (Ver Anexo 1) de 10 preguntas de selección múltiple y abierta, cuyo objeto era identificar las oportunidades de mejora en cuanto a los temas expuestos.

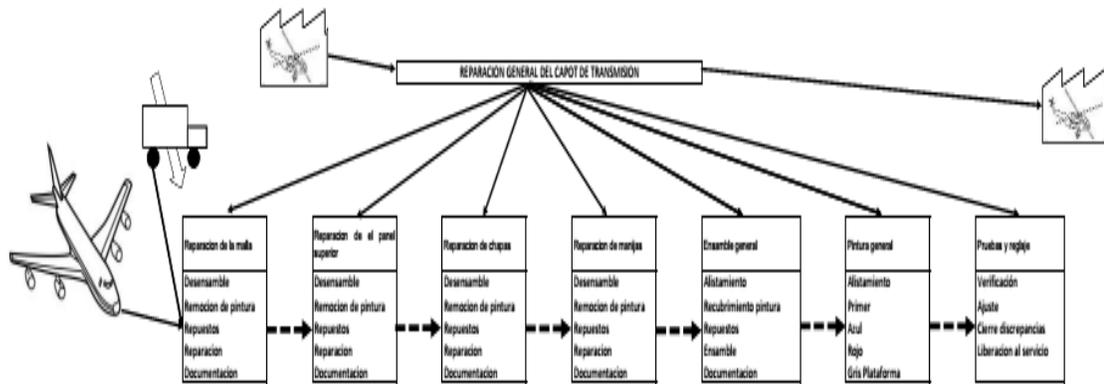
Ilustración 10 Organigrama General



Fuente: Manual de Procedimientos de Inspección CMR SAS.

Posterior a esta actividad se procede a crear un mapa de valor del estado actual del proceso de mantenimiento (Ver Ilustración 11) de CMR SAS., con el fin de identificar el flujo de los materiales e información de la cadena de procesos llevado a cabo en esta área, este mapa crea una visión del estado actual del área de estudio, de igual forma permite que el personal involucrado identifique las fuentes de desperdicio con el fin de generar bases para un plan de implementación de estrategias esbeltas que permitan optimizar el área de mantenimiento.

**Ilustración 11 Mapa de Valor del Taller de Estructuras**



Fuente: Autores

Después de crear el mapa de valor del estado actual del área de mantenimiento se realiza una Auditoría de desperdicios (Ver Anexo 2), la cual es aplicada al personal de mantenimiento y de la alta gerencia, con el fin de identificar de acuerdo a las actividades de mantenimiento, cuales son los desperdicios y perdidas existentes en el Taller de Estructuras de CMR SAS. Dentro de la auditoria se contempla la identificación de los Ocho (8) tipos desperdicios de acuerdo a *Lean*, que no agregan valor al proceso de mantenimiento, pero si

impactan de forma directa al cliente y a su vez afecta el margen de utilidad de Organización de Mantenimiento de CMR SAS.

Seguido de la identificación de los procesos del Taller de Estructuras de CMR SAS., se hace necesario establecer el impacto económico generado por los diferentes tipos de desperdicios que se detectan mediante una Auditoría implementada al área de mantenimiento de CMR SAS. Para considerar el impacto económico, se procede a una validación de la existencia de metodologías que permitan hacer trazabilidad del Costo del desperdicio y de acuerdo a la revisión bibliográfica se determina que la metodología indicada para realizar esta valoración se enmarca en el postulado emitido por el Ing. Miguel Ángel Urián Tinoco-2013 “Modelo del Costo de Desperdicio aplicado a procesos de manufactura” (Ver Ilustración12).

### **Ilustración 12 Principios del Modelo del Costo del Desperdicio**



Fuente: Ing. Esp. Miguel Ángel Urián Tinoco; Modelo de Costo del Desperdicio aplicado a Procesos de Manufactura; 2013

Los postulados son los siguientes:

- **Postulado 1 “La bola de nieve”**

El costo generado por un desperdicio es igual a la sumatoria de los recursos de la organización que deben ser movilizados a causa del mismo. Es decir que cada vez que dentro de la organización se dispara una fuente de desperdicio

inmediatamente se abre un hueco en un bolsillo de diferentes áreas de la organización (Urián, 2013).

- **Postulado 2 ( Proyección )**

Al identificar y, o eliminar un desperdicio el ahorro generado es igual únicamente al que ese desperdicio generaría en el futuro. Las demás actividades asociadas seguirán funcionando y se deberá trabajar en el ajuste de las mismas (Urián, 2013).

- **Postulado 3 (Desperdicio fantasma)**

La eliminación sucesiva de desperdicios generará la desaparición inadvertida de desperdicios no identificados. Dentro de los procesos irán desapareciendo actividades lo cual generará disponibilidad en cargos no relacionados directamente con la actividad intervenida (Urián, 2013).

De acuerdo a los postulados anteriores y al objeto de la presente investigación, se diseña una metodología para la aplicación del Modelo del Costo del Desperdicio en el Taller de Estructuras de la Organización de Mantenimiento de CMR SAS, el cual debe estar enmarcado en el objetivo del área de mantenimiento esbelto que es implementar una **Filosofía de Mejora Continua** que permita a las organizaciones reducir costos de Mantenimiento, optimizar los procesos relacionados al área y eliminar los desperdicios para aumentar la confiabilidad operacional y la disponibilidad de los activos con el fin de agregar valor a los procesos y mejorar el margen de utilidad esperado por CMR SAS.

La metodología para aplicar el modelo del costo del desperdicio considera 4 fases para su ejecución.

## **FASE 1. Capacitación y Entrenamiento en Mantenimiento Esbelto (*Lean Maintenance*)**

Dentro de esta fase se debe desarrollar un plan de capacitación y entrenamiento para el personal del área de mantenimiento y la alta gerencia, para que se asimilen los conceptos de Mantenimiento Esbelto (*Lean Maintenance*), a su vez se debe profundizar en un módulo de conocimiento para la identificación, reducción y eliminación de los desperdicios.

El objetivo de esta fase es la concientización profunda de la Organización de Mantenimiento CMR SAS, de tal forma que se implemente la disciplina y la búsqueda constante en la mejora continua que permita lograr los objetivos de la Organización.

## **FASE 2. Diagnóstico del Valor Agregado en el Proceso de Mantenimiento.**

En esta fase se recolecta la información necesaria para identificar y determinar las condiciones en las que se encuentra el Taller de Estructuras de la Organización de Mantenimiento de CMR SAS., con el fin de identificar los desperdicios generados en el proceso de mantenimiento de las aeronaves MI-8. Para la recolección de la información se procede a realizar análisis de registros internos, la observación directa, entrevistas no estructuradas y estructuradas y levantamiento del mapa de valor.

Es importante tener en cuenta, que con el levantamiento de la información se debe describir con detalle las actividades del proceso de mantenimiento del Taller de Estructuras, con el objeto de establecer que actividades agregan o no valor al proceso de mantenimiento; para evaluar el valor agregado de las actividades de mantenimiento del Taller de Estructuras se debe implementar la Matriz de Valor Agregado (Ver ilustración 13).

### Ilustración 13 Matriz de Valor Agregado

		Matriz de valor agregado	
		Agrega valor?	
		Si	No
Es necesario?	Si	<b>Mejorar:</b> Taladrar, Troquelar, Ensamblar, pintar	<b>Minimizar:</b> Manejo de material, inspección, carga/ descarga,
	No	<b>Mejorar:</b> Taladrar, Troquelar, Ensamblar, pintar	<b>Eliminar:</b> Corrección, espera, sobreproducción, condición insegura

Fuente: Ing. Esp. Miguel Ángel Urián Tinoco; Modelo de Costo del Desperdicio aplicado a Procesos de Manufactura; 2013

Con la aplicación de la matriz de Valor Agregado anteriormente ilustrada, se pueden planear estratégicamente alternativas donde el resultado del análisis de la matriz indique que una actividad puede ser eliminada, otras pueden ser controladas o en caso de tener una serie de actividades identificadas como desperdicio, se debe proceder a priorizar la solución mediante la Matriz de Costo-Impacto (Ver Ilustración 14), la cual correlaciona el impacto que genera la intervención por la mejora de la actividad y el costo que acarrea dicha intervención

### Ilustración 14 Matriz Costo Vs Impacto



Fuente: Ing. Esp. Miguel Ángel Urián Tinoco; Modelo de Costo del Desperdicio aplicado a Procesos de Manufactura; 2013

### FASE 3. Trazabilidad de la Causa- Raíz de los Desperdicios

Después de identificar, las actividades de mantenimiento del Taller de Estructuras que no agregan valor se clasifican de acuerdo a los 8 tipos de desperdicios (Sobre-producción, Espera, Transporte, Sobre-procesamientos, inventario, Movimiento, Corrección y Destrezas de los Trabajadores).

Seguido de la Identificación y ponderación de los desperdicios se debe determinar cuáles son los más críticos y de qué forma impactan significativamente los Costos de Mantenimiento del Taller de Estructuras, con el fin de generar una trazabilidad de la causa-raíz de los desperdicios y aportando información de cómo se presentan los tres postulados del Modelo de Costo del Desperdicio.

### FASE 4. Formulación de Estrategias de Mejora Continua, con base en el Modelo del Costo del Desperdicio.

En esta fase se da inicio a los cambios radicales, impactantes y motivadores dentro de la gestión administrativa y operativa en el área del Taller de Estructuras y específicamente en las actividades de mantenimiento de helicópteros MI-8 series.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las fases 2, 3 y 4 y como parte de la metodología de Aplicación del Modelo del Costo del Desperdicio, se hace necesario formular e implantar estrategias de acuerdo con la realidad de la Organización de Mantenimiento de CMR SAS., con objetivos bien definidos a corto, mediano y largo plazo.

Como parte del desarrollo de estrategias esbeltas se agrupan una serie de métodos o herramientas principalmente enfocadas a minimizar el uso de recursos o reducir los desperdicios en los procesos de Mantenimiento.

Los métodos a aplicar de acuerdo a Lean Maintenance son:

- Value Stream Mapping.
- 5'S
- Just in Time (JIT)
- Kanban
- SMED
- TPM- Mantenimiento Productivo Total
- RCM-Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
- Poka- Yoke
- Kaisen
- Modelo del Costo del Desperdicio

## 7.1 Etapa 1: Recolección de Información

La información para el desarrollo de este proyecto, es el resultado de la consulta de fuentes como el MPI<sup>13</sup>, análisis de registros internos, la observación directa, entrevistas no estructuradas y estructuradas y levantamiento de mapas de valor.

Se dio inicio a la recolección de datos, mediante el acercamiento al personal directivo y operativo del Taller de Estructuras de CMR SAS., el cual se caracteriza por su nivel de conocimiento sobre las actividades a ejecutar, es importante resaltar que para el desarrollo del pensamiento esbelto, filosofía de la presente investigación es importante involucrar al personal porque son los encargados de obtener los niveles más altos de productividad y esto es resultado de un trabajo en equipo por parte de técnicos y directivos, que promueven la generación de ideas para la mejora continua.

Teniendo en cuenta, la participación del personal del Área de Mantenimiento del Taller de Estructuras de CMR SAS, se conformó un equipo de trabajo de trece (13) personas de las áreas administrativa y operativa que hacen parte de los procesos del Taller, donde se clasificó el personal de acuerdo al nivel de conocimiento y a las actividades a ejecutar (Ver Tabla 1):

---

<sup>13</sup> Manual de Procedimientos de Inspección, Taller Aeronáutico, Centro de Mantenimiento y Reparación de Helicópteros Rusos CMR SAS, Revisión N°25.

**Tabla 1. Nivel de Conocimiento Vs Cantidad de Personal del Taller de Estructuras de CMR SAS.**

<b>NIVEL DE CONOCIMIENTO</b>	<b>CANTIDAD DE PERSONAL</b>
Técnico/Inspector/Ayudante/Pasantes Sena	10
Directivas de Mantenimiento y Calidad	3
<b>TOTAL PERSONAL DE ESTRUCTURAS</b>	13

FUENTE: Autores

Como primera actividad para la recolección de información, se capacitó al personal involucrado en las actividades de Mantenimiento del Taller de Estructuras, a través de una conferencia dictada por el Ing. Esp. Miguel Angel Urian Tinoco, Docente de la Especialización en Gerencia de Mantenimiento de la Universidad ECCI, quien a través de su presentación “Modelo del Costo del desperdicio Área de Aplicación Gestión de Activos (Mantenimiento)”, brindo la información acerca del concepto de valor agregado, desperdicio, postulados del modelo del costo de desperdicio y su aplicación.



Para evaluar los conocimientos del personal del área se suministró un Cuestionario (Ver Anexo 1) de 10 preguntas de selección múltiple y tipo abierto para involucrar al personal a participar activamente en el desarrollo del proyecto y dar precisión en los conceptos e identificación de los desperdicios.

Posterior a esta actividad en una segunda etapa y teniendo en cuenta que el Área de estudio de la Organización de Mantenimiento de CMR SAS., es el proceso de mantenimiento del Taller de Estructuras, se hizo el levantamiento del mapa de valor (ver ilustración 12) llevado a cabo en el área, con el fin de permitir al equipo ver el flujo de material, recursos y de información para ejecutar las actividades de mantenimiento del Taller de Estructuras, herramienta que permite identificar las fuentes de desperdicios y así contribuir a la creación de estrategias de optimización.

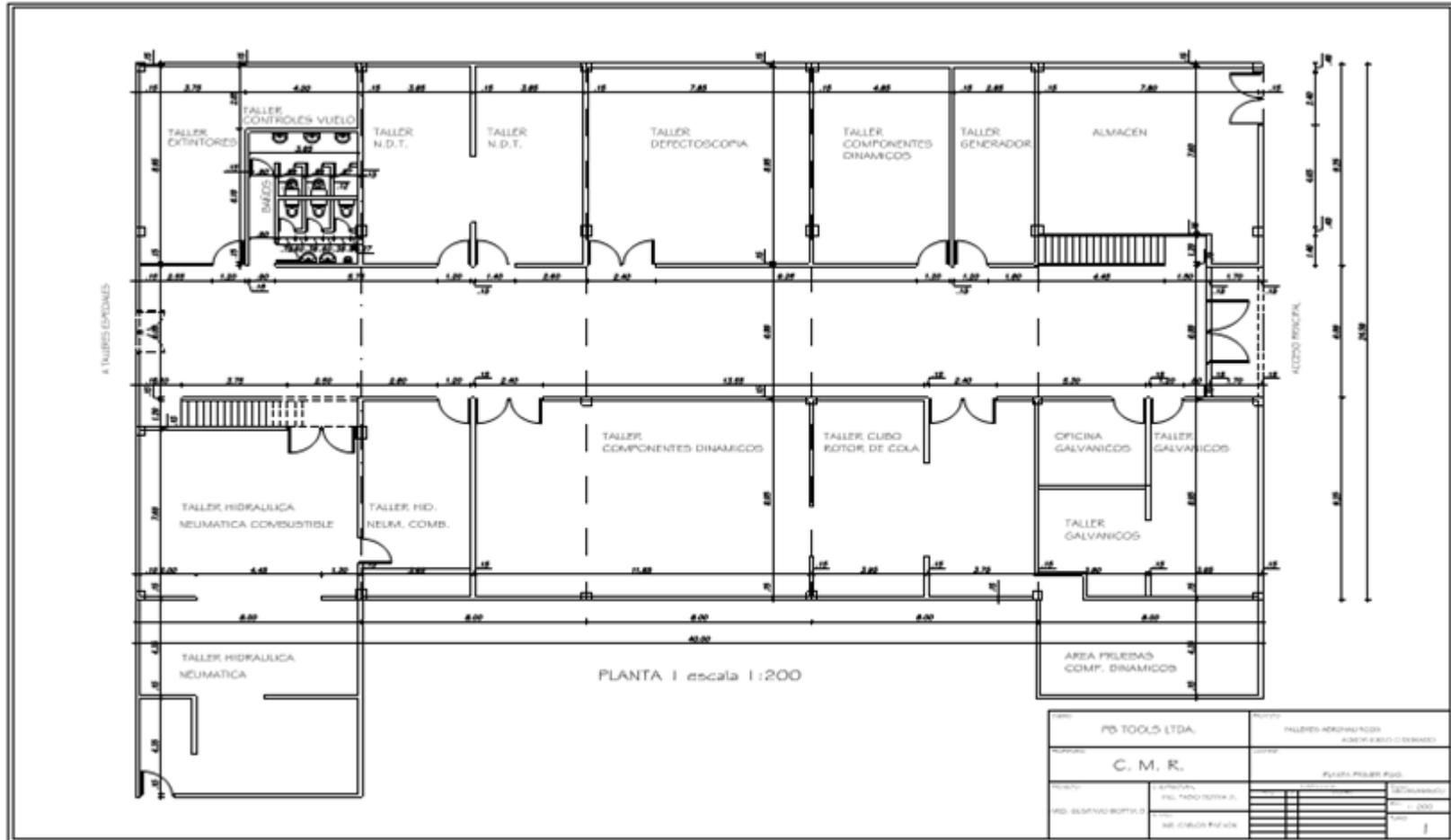
Con el mapa de valor del estado actual del proceso de Mantenimiento del Taller de Estructura de CMR SAS. se procedió a conocer el estado actual de la operación del Taller de Estructuras y de acuerdo al conocimiento en el área se implementó una Auditoria de los desperdicios, donde se diseñó una encuesta (Ver Anexo 2), que se aplicó al 84% de la población entre Técnicos, Directivos del Área de mantenimiento del Taller de Estructuras de CMR S.A.S, quienes contestaron un formato con 105 preguntas( ver anexo 2), de tipo abierto y cerrado. Las cuales permitieron identificar si se presentaban evidencias de los 8 tipos de desperdicios de acuerdo al Lean Maintenance o por el contrario no se tenían evidencias.

De acuerdo a los resultados obtenidos por la encuesta de los Tipos de desperdicios identificados en las actividades desarrolladas en el Taller de Estructuras de CMR SAS., se consultó con el líder de mantenimiento y el área Financiera de la organización la estructura de costos que conlleva el desarrollo de una actividad de mantenimiento en el Taller de Estructuras de CMR SAS, y que

hace parte de la oferta comercial para el cliente en servicio de mantenimiento para Helicópteros MI-8.

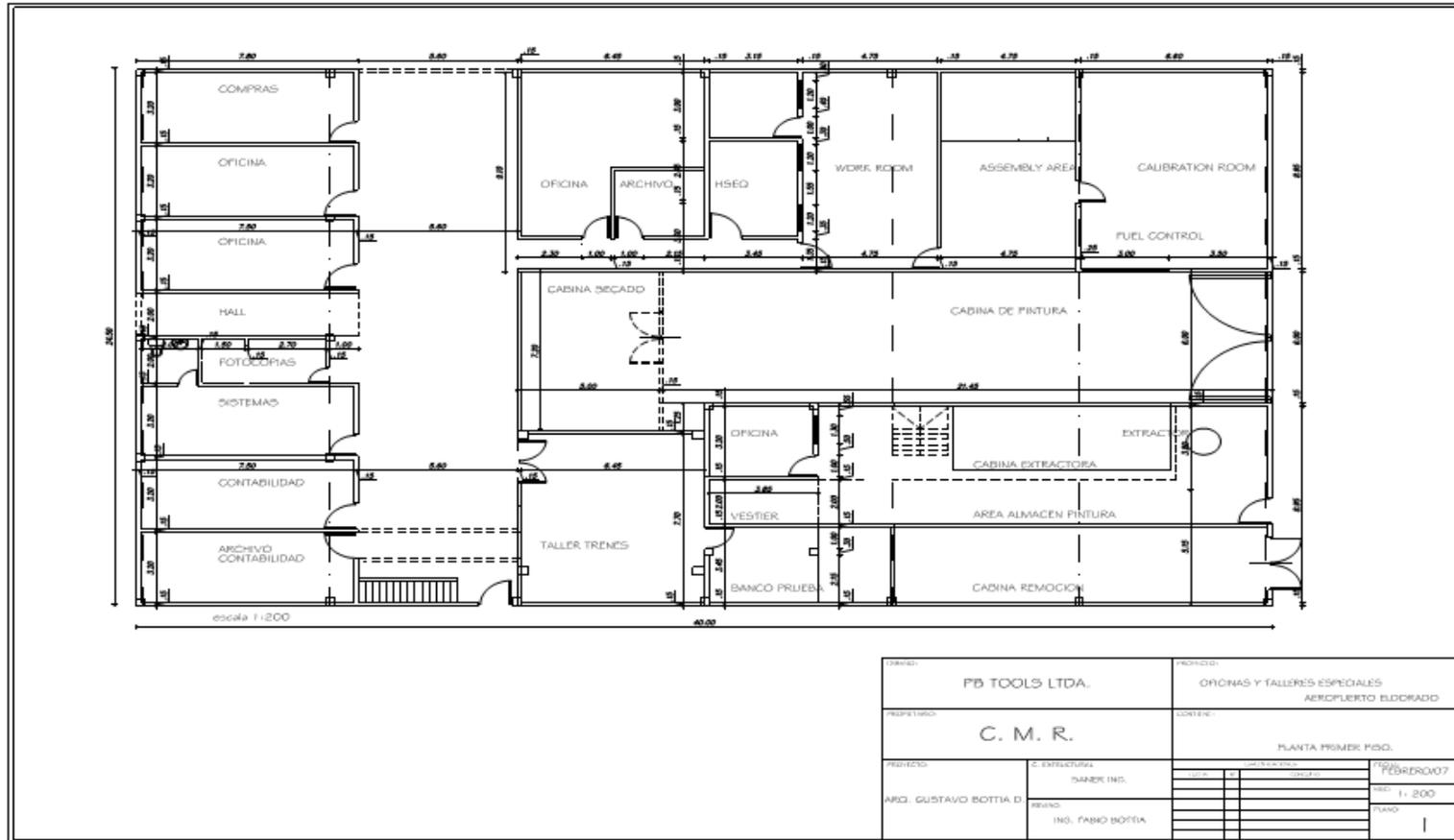
Finalmente como parte de la investigación durante todas las etapas desarrolladas, una de las herramientas de gran importancia que se aplicó constantemente para la recolección de información, fue la observación directa durante las actividades desarrolladas en el Taller de Estructuras de CMR SAS, porque con esta herramienta se fortaleció el levantamiento del mapa de valor, se evaluó el perfil de desempeño del personal de mantenimiento del Taller de estructuras, el liderazgo por parte de las directivas y a su vez se analizó la distribución de los talleres dentro de la Instalación (ver ilustración 15,16,17,18), pero en especial se analizó la ubicación de Taller de Estructuras frente a otras áreas, debido a que es una posible causa que genera alto impacto en la generación de desperdicios.

Ilustración 15 Mapa de Procesos Taller de Estructuras de CMR SAS Planta 1.



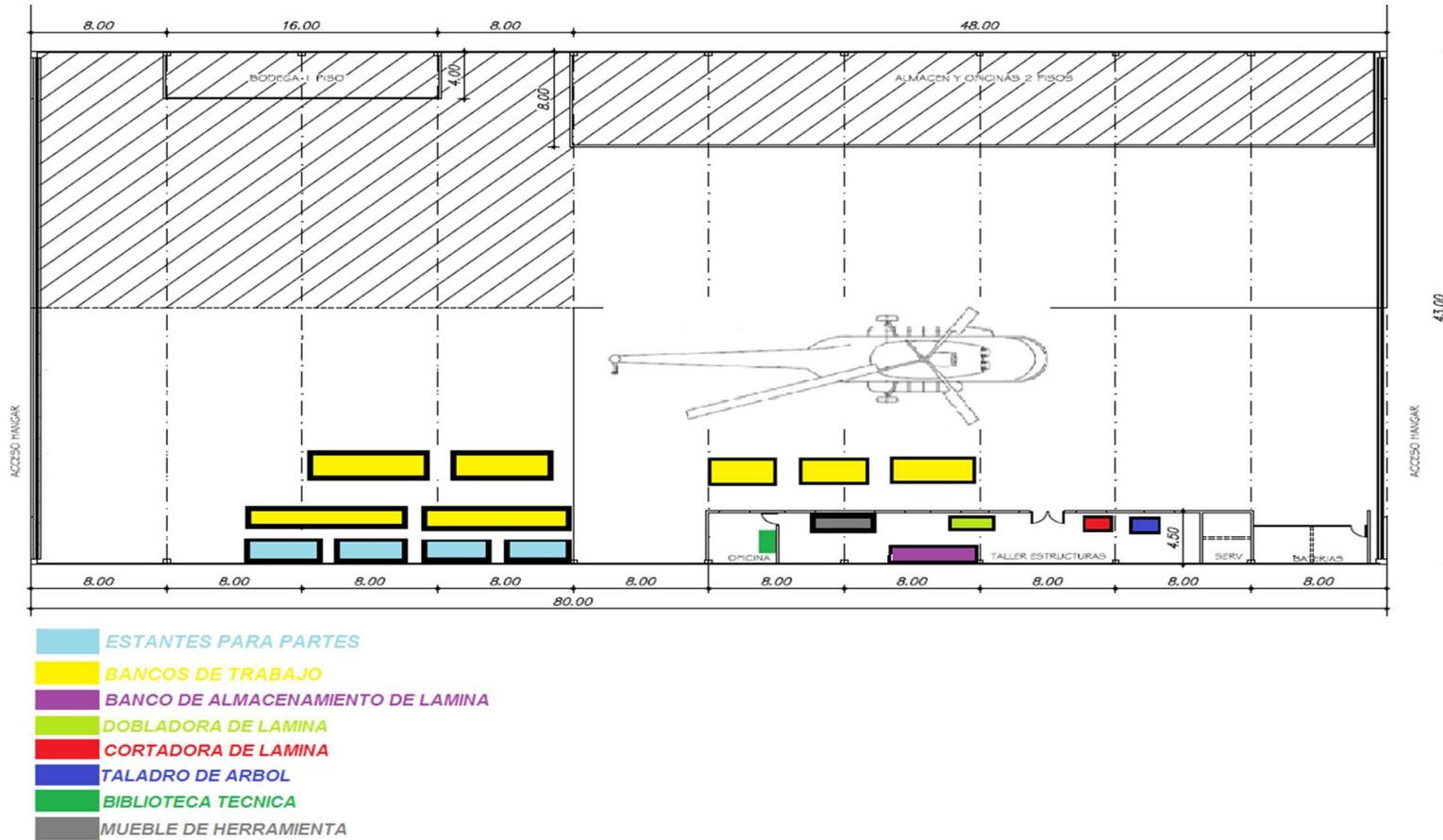
Fuente: Manual de Procedimientos de Inspección, Taller Aeronáutico, Centro de Mantenimiento y Reparación de Helicópteros Rusos CMR SAS, Revisión N°25.

**Ilustración 16 Mapa de Procesos Taller de Estructuras de CMR SAS Planta 2**



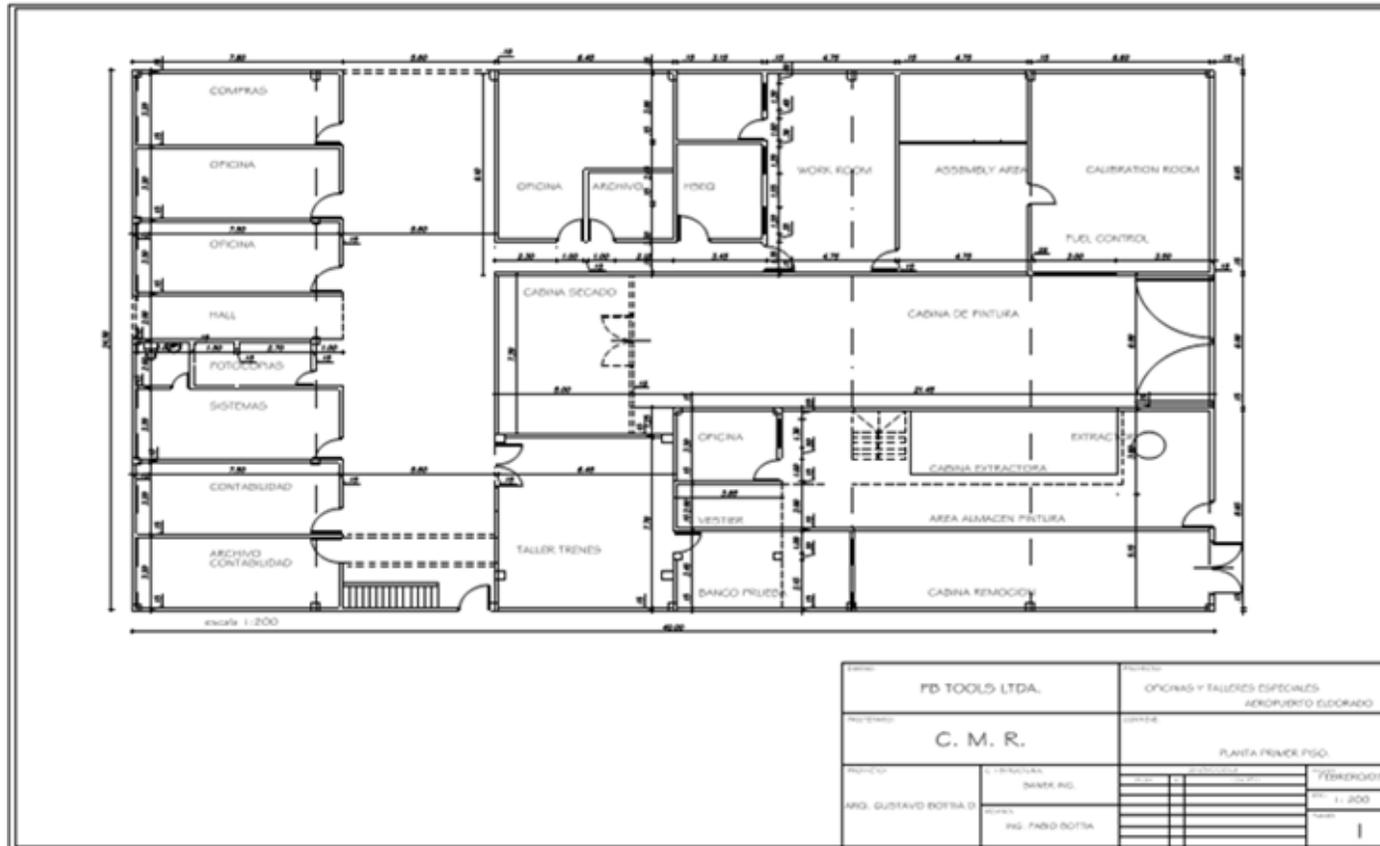
Fuente: Manual de Procedimientos de Inspección, Taller Aeronáutico, Centro de Mantenimiento y Reparación de Helicópteros Rusos CMR SAS, Revisión N°25.

**Ilustración 16 Distribución del Taller de Estructuras de CMR SAS.**



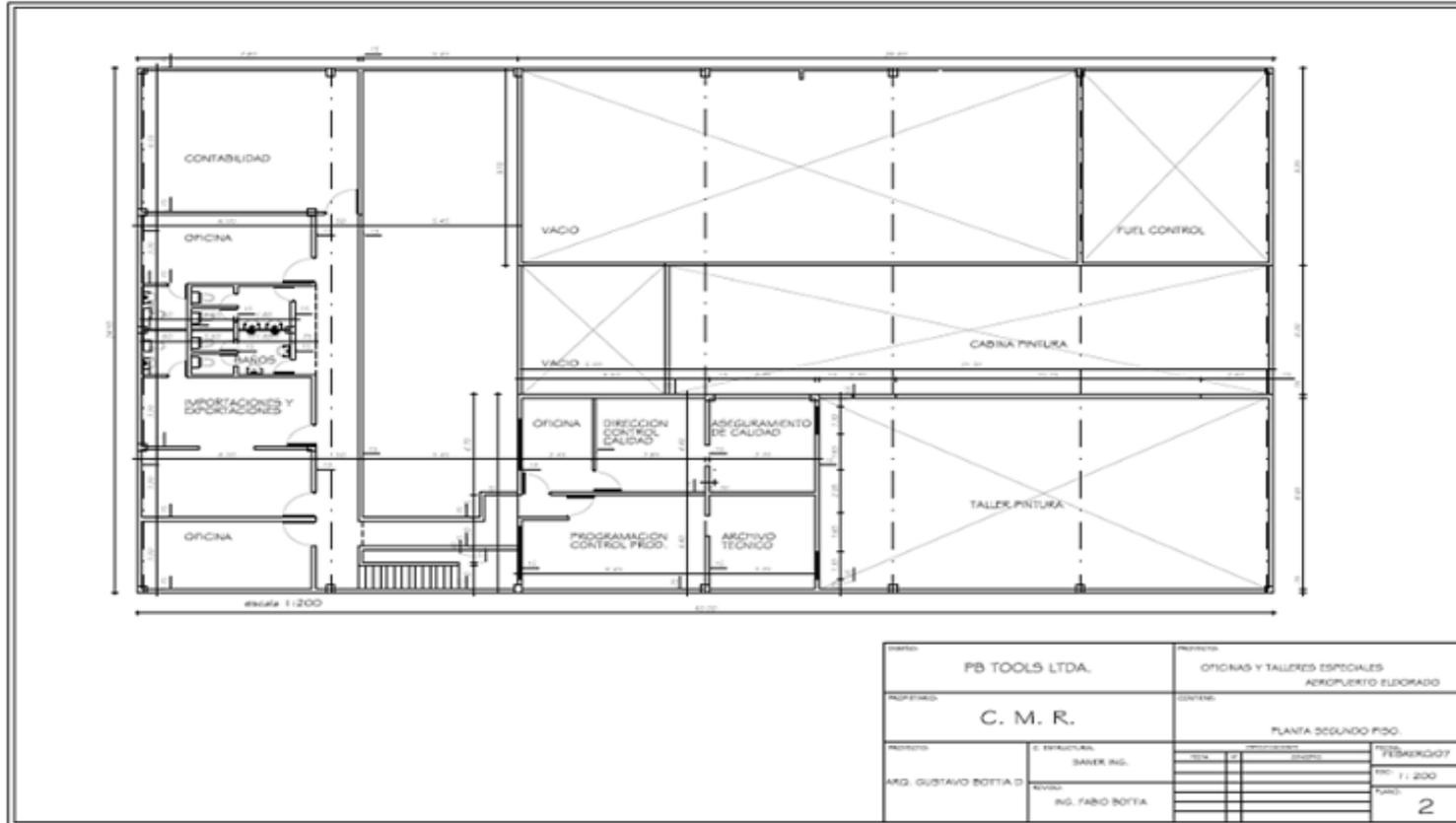
Fuente: Manual de Procedimientos de Inspección, Taller Aeronáutico, Centro de Mantenimiento y Reparación de Helicópteros Rusos CMR SAS, Revisión N°25 y Autores.

**Ilustración 17 Mapa de Procesos Taller de Estructuras de CMR SAS Oficinas y Talleres Especiales**



Fuente: Manual de Procedimientos de Inspección, Taller Aeronáutico, Centro de Mantenimiento y Reparación de Helicópteros Rusos CMR SAS, Revisión N°25.

**Ilustración 18 Mapa de Procesos Taller de Estructuras de CMR SAS Oficinas y Talleres Especiales Planta Segundo Piso**



Fuente: Manual de Procedimientos de Inspección, Taller Aeronáutico, Centro de Mantenimiento y Reparación de Helicópteros Rusos CMR SAS, Revisión N°2

## 7.2 Etapa 2: Análisis de Datos

De acuerdo con la información recolectada se procede al análisis de los datos, teniendo en cuenta la metodología propuesta para la aplicación del Modelo del Costo del desperdicio la cual considera cuatro (4) fases de desarrollo y que a continuación se describen con detalle los análisis de resultados.

### 7.2.1 Análisis de Datos Fase 1 Capacitación y Entrenamiento En Mantenimiento Esbelto (*Lean Maintenance*)

Como resultado de los cuestionarios aplicados, después de la Conferencia dictada por el Ing. Esp. Miguel Ángel Urian, que tenía como fin conceptualizar al personal del Taller de Estructuras y otros departamentos de la empresa, en el Modelo del costo del desperdicio, de acuerdo a la información suministrada, los resultados fueron los siguientes:

- Perfil de Conocimiento de los Asistentes a la Conferencia

**Gráfico 1 Perfil de Asistentes a la Conferencia**

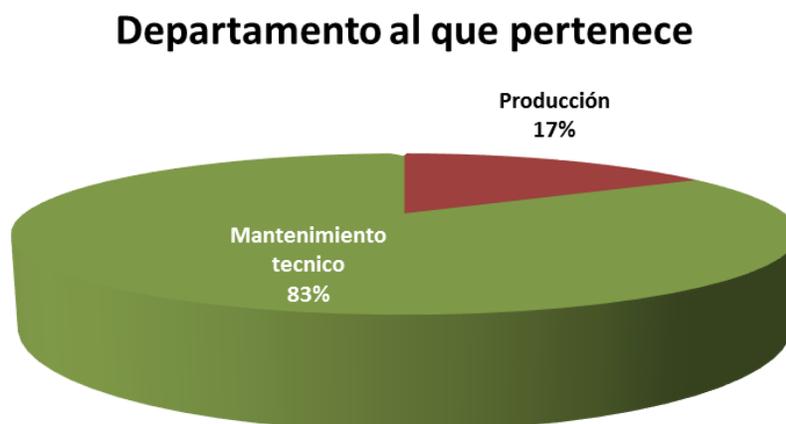


Fuente: Autores

De acuerdo con la Gráfica 1 , se puede evidenciar que dentro los perfiles de conocimiento del personal del Área de Mantenimiento del Taller de Estructuras, se tienen Directores de Área, Ingenieros, Técnicos y aprendices, los cuales son entrenados y capacitados para aplicar el Modelo del Costo de Desperdicio.

- Áreas o Departamentos que participaron en la Conferencia

**Gráfico 2 Departamento que participaron en la Conferencia.**



Fuente: Autores

Como se puede observar en la Gráfica 2, del personal invitado a la conferencia el 83% hace parte del área de mantenimiento técnico, en especial del Taller de Estructuras de CMR SAS, indicando que el personal involucrado en las actividades de mantenimiento de estructuras, se capacito y entreno activamente para el desarrollo del proyecto.

- Concepto de Desperdicio

**Tabla 2 Concepto Desperdicio en las actividades laborales de acuerdo con el perfil de Conocimiento.**

PERFIL	CONCEPTO DE DESPERDICIO
Técnico/Aprendiz	Es todo aquel elemento que sobra al efectuar un trabajo mal planificado.
Ingeniero/Directivas	Sobrantes en un proceso de producción y no genera valor agregado( se debe tener en cuenta que este desperdicio se puede aprovechar)

Fuente: Autores

Como se observa en la Tabla 2. Los conceptos emitidos por Ingenieros y directivos son estructurados y acordes a la teoría, frente al concepto de los técnicos y aprendices el cual no fue totalmente claro, pero la Conferencia permitió al final que todos estuviesen en los conceptos en el mismo nivel de conocimiento y la audiencia aportará a la identificación de desperdicios dentro del desarrollo de sus actividades.

Los Resultados encontrados en el cuestionario permitieron concientizar a través de la conferencia a los participantes, se fortalecieron los conocimientos y a su vez se estructuro de manera indicada el concepto del desperdicio y del valor agregado, de igual forma se evidencio que si se están aplicado herramientas del Lean Maintenance como las 5'S ,que han contribuido para asentar la disciplina y trabajar en el día a día por la mejora continua.

## 7.2.2 Análisis de Datos Fase 2. Diagnóstico de Valor Agregado en el Proceso de Mantenimiento.

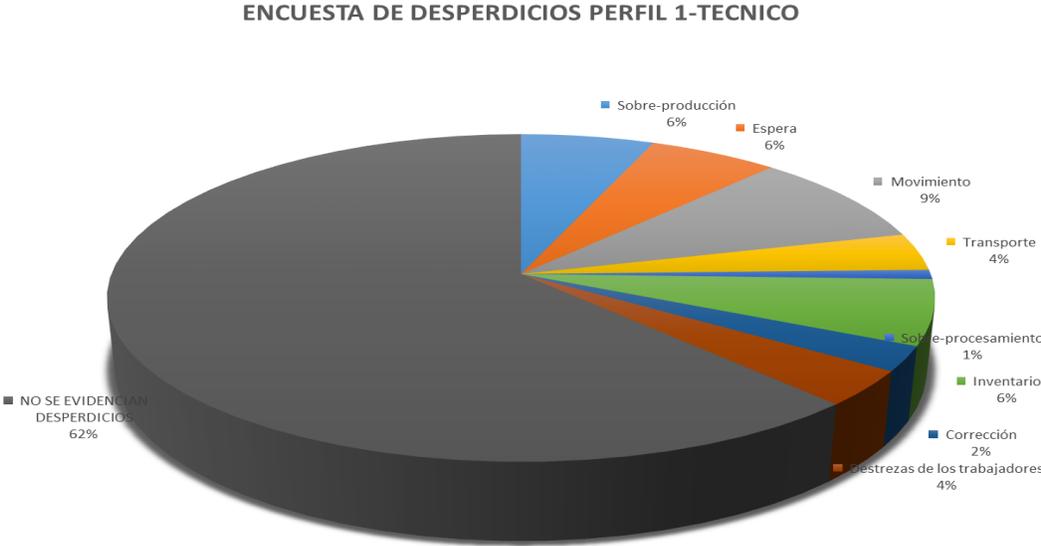
Después de identificar y diagnosticar la estructura Organizacional y las operaciones del Taller de Estructuras de CMR SAS, se implementó la encuesta (Ver anexo 2) de identificación de los 8 tipos de desperdicios relacionados al modelo de costo del desperdicio, que fueron aplicados de acuerdo a el Nivel de conocimiento del personal del área (Ver Tabla 3).

**Tabla 3 Resultados de Encuestas de acuerdo a los perfiles de conocimiento**

TIPOS DE DESPERDICIO	PERFIL 1 TECNICO	PERFIL 2 DIRECTIVO	PERFIL 3 INVESTIGADOR	PROMEDIO
Sobre-producción	6%	6%	8%	7%
Espera	6%	8%	10%	8%
Movimiento	9%	9%	12%	10%
Transporte	4%	6%	11%	7%
Sobre-procesamiento	1%	2%	2%	2%
Inventario	6%	8%	8%	7%
Corrección	2%	2%	1%	2%
Destrezas de los trabajadores	4%	4%	6%	5%
<b>NO SE EVIDENCIAN DESPERDICIOS</b>	<b>62%</b>	<b>54%</b>	<b>43%</b>	<b>53%</b>

Como se puede observar en la Tabla 3, el perfil Técnico considera que (Ver Gráfico 3), el 62% No hay evidencia de desperdicios, pero el 38 % evidencia desperdicios, donde los tres desperdicios más significativos para el personal técnico son: 9% movimiento, 6% Inventario, 6% Sobreproducción.

**Gráfico 3. Resultados Encuesta de Identificación de Desperdicios Perfil 1-Técnico**



Fuente: Autores

De acuerdo con la encuesta realizada al perfil 2- Directivos, se evidencio (ver Tabla 3), que el 54% no evidencia de desperdicios, pero el 46 % evidencia desperdicios, donde los tres desperdicios más significativos para el personal directivo son: 9% movimiento, 8% Espera, 8%, Inventario. (Ver Gráfico 4)

**Gráfico 4. Resultados Encuesta de Identificación de Desperdicios Perfil 2- Directivos**

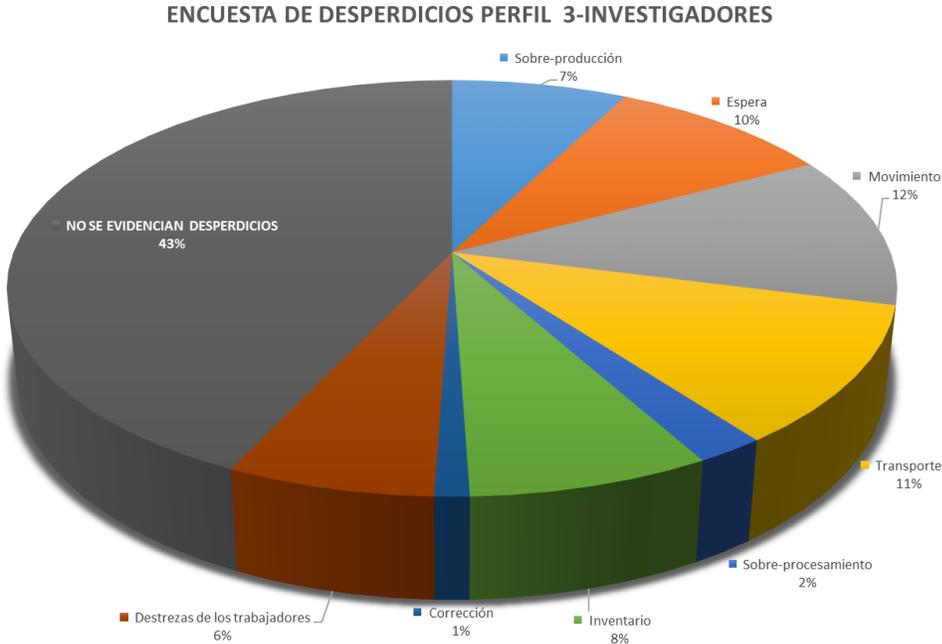


Fuente: Autores

En cuanto al Perfil 3- Investigadores fueron involucrados debido a que su tarea correspondía a la observación directa durante el desarrollo de las actividades de mantenimiento del Taller de estructuras esto permitió una evaluación objetiva y externa del proyecto evidenciándose (Ver Tabla 3), que el 43% de los

investigadores no evidencia de desperdicios, pero el 57% se evidencian desperdicios, donde los tres desperdicios más significativos para el personal de investigación son: 12% movimiento, 11% Transporte, 10%, espera. (Ver Gráfico 5)

**Gráfico 5 Resultados Encuesta de Identificación de Desperdicios Perfil 2-Directivos**



Fuente: Autores

Finalmente, teniendo en cuenta los resultados de los tres perfiles se procede a promediar los datos y consolidar la información teniendo los siguientes resultados (ver Tabla 3), que el 53% de la población encuestada no evidencia desperdicios dentro de las actividades pero el **47% de la población encuestada si evidencian desperdicios**, donde los tres desperdicios más significativos para el

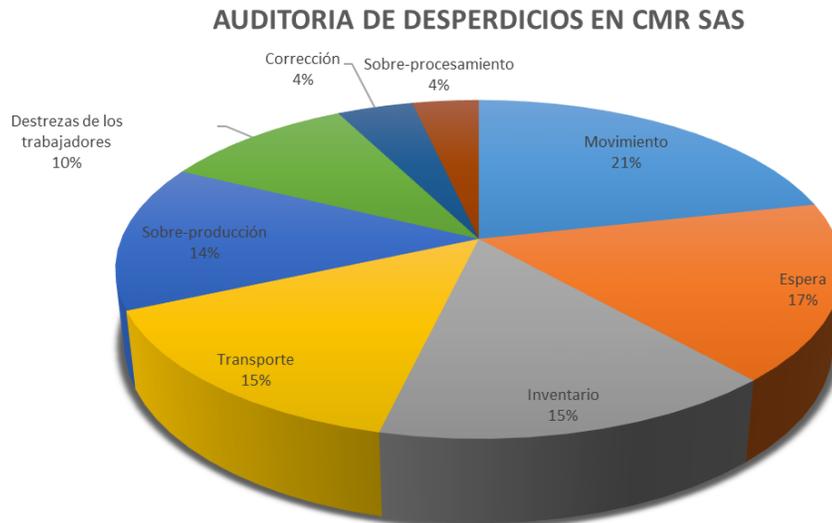
personal involucrado en el Taller de Estructuras de CMR SAS, son (Ver Tabla 4 ):  
10% movimiento, 8% espera, 7%, inventario. (Ver Gráfico 6)

**Tabla 4. Desperdicios encontrados en la Actividades de Mantenimiento del Taller de Estructuras de CMR SAS.**

TIPOS DE DESPERDICIO	PROMEDIO
Movimiento	10%
Espera	8%
Inventario	7%
Transporte	7%
Sobre-producción	7%
Destrezas de los trabajadores	5%
Corrección	2%
Sobre-procesamiento	2%

Fuente: AUTORES

**Gráfico 6 Auditoría de Desperdicios en Actividades de Mantenimiento del Taller de Estructuras de CMR SAS.**



Fuente: Autores

Con los resultados anteriormente descritos, se identificaron los desperdicios más significativos (Ver Tabla 4), generados durante las actividades de mantenimiento del Taller de Estructuras de CMR SAS., pero como parte de la Filosofía de Mejora Continua aplicada a la presente investigación, se requiere establecer las fuentes de desperdicios.

Por tal razón, se hace necesario un análisis detallado del conjunto de actividades del proceso de mantenimiento del Taller de Estructuras, el cual debe desarrollarse teniendo en cuenta como fuente de conocimiento el mapa de valor del estado actual del proceso de mantenimiento del Taller de Estructuras de CMR SAS, para el presente documento el mapa de valor corresponde a la representación gráfica del proceso de reparación de un componente estructural “Capot” ( Ver Anexo 3) de un Helicóptero Ruso MI-8 Series

Con el Mapa de Valor del estado actual del Taller de Estructuras, se puede comprender la cadena de valor del componente estructural “Capot”, visualizar las actividades e información de las mismas, detectar donde se encuentran las actividades que aportan un valor agregado y donde se presentan desperdicios.

De acuerdo con la información suministrada por el mapa de valor (Ver Ilustración 12) y para evaluar el detalle de las actividades se hizo el levantamiento de una Tabla Combinada de Operaciones (Ver Tabla 5), para el proceso de mantenimiento del componente estructural “Capot” llevado actualmente.

**Tabla 5 Tabla Combinada de Operaciones de Mantenimiento en el Taller de Estructuras.**

TABLA COMBINADA DE OPERACIONES ESTANDARIZADAS					
Departamento: Mantenimiento			Producto: Capot Helicoptero Ruso MI-8		
Áreas: Taller de Estructuras			Realizado por: Ing Diana Martínez /Ing Luis Barragán		
Operación o Proceso: Capot			Fecha: 30 Julio de 2015		
N°	ACTIVIDADES A REALIZAR:	Área a Cargo	Responsable	Tiempo	
				Tiempo de Ciclo Estandar (Horas)	Tiempo Ciclo Real (Horas)
1	Recepción y verificación del helicopetro MI-8 a intervenir	Taller de Estructuras	Inspector	0,08	0,17
2	Inspección y elaboración del reporte del componente estructural del Helicoptero MI-8 a intervenir	Taller de Estructuras	Inspector	0,25	0,42
3	Solicitud de Elaboración de la Orden de Trabajo (OT)	Taller de Estructuras	Jefe de Taller	0,17	0,25
4	Elaboración de la Orden de Trabajo y envío a Jefe de Taller de Estructuras	Programación	Jefe de Programacion	0,17	0,33
5	Revisión de discrepancias en el componente a intervenir	Taller de Estructuras	Supervisor	0,50	0,67
6	Elaboración de Reportes de discrepancias	Taller de Estructuras	Inspector	0,25	0,50
7	Remoción y desensamble del componente estructural a intervenir	Taller de Estructuras	Tecnico	0,17	0,17
8	Elaboracion de solicitudes internas de trabajo	Taller de Estructuras	Tecnico	0,17	0,25
9	Aprobación de la orden interna de trabajo	Taller de Pintura	Tecnico	0,05	0,17
10	Desplazamiento del componente a el Taller de Pintura para alistamiento	Taller de Estructuras	Ayudante	0,05	0,07
11	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura	Taller de Pintura	Ayudante	0,05	0,08
12	Retorno del ayudante a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo	Taller de Estructuras	Ayudante	0,05	0,07
13	Remoción de Pintura del componente estructural CAPOT	Taller de Pintura	Ayudante	4,00	5,00
14	Desplazamiento del ayudante de estructuras a el Taller de Pintura para recibir el componente	Taller de Estructuras	Ayudante	0,05	0,07
15	Retorno del ayudante con el componente al taller de estructuras	Taller de Estructuras	Ayudante	0,05	0,07
16	Recepción del componente e inicio de reparación por parte de Tecnico e Inspector	Taller de Estructuras	Tecnico	0,25	0,25
			Inspector	0,08	0,08
17	Solicitud de repuestos a el almacen para reparación de la malla	Taller de Estructuras	Tecnico	0,08	0,12
18	Desplazamiento del tecnico a el almacen de repuestos	Taller de Estructuras	Tecnico	0,02	0,02
19	Entrega de los Repuestos	Almacen de Repuestos	Almacenista	0,17	0,25
20	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo	Taller de Estructuras	Tecnico	0,02	0,02
21	Reparacion de la malla	Taller de Estructuras	Tecnico	2,00	2,00
			Inspector	0,08	0,08
22	Desplazamiento de la parte estructural de la malla a el taller de Pintura	Taller de Estructuras	Tecnico	0,05	0,07
23	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura	Taller de Pintura	ayudante	0,05	0,08
24	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo	Taller de Estructuras	Tecnico	0,05	0,07
25	Aplicación de Primer General en la estructura de la malla	Taller de Pintura	Tecnico	0,08	0,08
26	Secado Primer(Energia utilizada por el cuarto de secado) Kw/h	Taller de Pintura	Tecnico	0,50	0,50
27	Solicitud de repuestos a el almacen para reparación del panel superior	Taller de Estructuras	Tecnico	0,08	0,08
28	Desplazamiento del tecnico a el almacen de repuestos	Taller de Estructuras	Tecnico	0,02	0,02
29	Entrega de los Repuestos	Almacen de Repuestos	Almacenista	0,17	0,22
30	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo	Taller de Estructuras	Tecnico	0,02	0,02
31	Reparacion de el panel superior	Taller de Estructuras	Tecnico	4,00	4,50
			Inspector	0,08	0,08
32	Desplazamiento de la parte estructural de el panel superior a el taller de Pintura	Taller de Estructuras	Tecnico	0,05	0,07
33	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura	Taller de Pintura	Ayudante	0,05	0,07
34	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo	Taller de Estructuras	Tecnico	0,05	0,07
35	Aplicación de Primer en la estructura del panel superior	Taller de Pintura	Tecnico	0,33	0,33

TABLA COMBINADA DE OPERACIONES ESTANDARIZADAS

<b>Departamento:</b> Mantenimiento	<b>Producto:</b> Capot Helicoptero Ruso MI-8
<b>Áreas:</b> Taller de Estructuras	<b>Realizado por:</b> Ing Diana Martínez /Ing Luis Barrangán
<b>Operación o Proceso:</b> Capot	<b>Fecha:</b> 30 Julio de 2015

N°	ACTIVIDADES A REALIZAR:	Área a Cargo	Responsable	Tiempo	
				Tiempo de Ciclo Estandar (Horas)	Tiempo Ciclo Real (Horas)
36	Secado Primer (Energía utilizada por el cuarto de secado) Kwh	Taller de Pintura	Cuarto de secado	0,20	4,00
37	Solicitud de repuestos a el almacen para reparación de las chapas	Taller de Estructuras	Tecnico	0,05	0,07
38	Desplazamiento del tecnico a el almacen de repuestos	Taller de Estructuras	Tecnico	0,02	0,02
39	Entrega de los Repuestos	Almacen de Repuestos	Almacenista	0,17	0,17
40	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo	Taller de Estructuras	Tecnico	0,02	0,02
41	Reparacion de chapas	Taller de Estructuras	Tecnico	2,00	2,00
			Inspector	0,08	0,08
42	Desplazamiento de la parte estructural de las chapas al taller de Pintura	Taller de Estructuras	Tecnico	0,05	0,07
43	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura	Taller de Pintura	Ayudante	0,05	0,08
44	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo	Taller de Estructuras	Tecnico	0,05	0,07
45	Aplicación de Primer en la estructura de las chapas	Taller de Pintura	Tecnico	0,08	0,08
46	Secado del Primer(Energía utilizada por el cuarto de secado) Kwh	Taller de Pintura	Tecnico	0,08	2,00
47	Solicitud de repuestos a el almacen para reparación de Los anclajes	Taller de Estructuras	Tecnico	0,05	0,08
48	Desplazamiento del tecnico a el almacen de repuestos	Taller de Estructuras	Tecnico	0,02	0,02
49	Entrega de los Repuestos	Almacen de Repuestos	Almacenista	0,17	0,17
50	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo	Taller de Estructuras	Tecnico	0,02	0,02
51	Reparacion de anclajes	Taller de Estructuras	Tecnico	1,50	1,50
			Inspector	0,08	0,08
52	Desplazamiento de la parte estructural de los anclajes al taller de Pintura	Taller de Estructuras	Tecnico	0,05	0,07
53	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura	Taller de Pintura	Ayudante	0,05	0,07
54	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo	Taller de Estructuras	Tecnico	0,05	0,07
55	Aplicación de Primer en la estructura de los anclajes	Taller de Pintura	Tecnico	0,08	0,08
56	Solicitud de repuestos a el almacen para reparación de las manijas	Taller de Estructuras	Tecnico	0,08	0,10
57	Desplazamiento del tecnico a el almacen de repuestos	Taller de Estructuras	Tecnico	0,02	0,02
58	Entrega de los Repuestos	Almacen de Repuestos	Almacenista	0,17	0,25
59	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo	Taller de Estructuras	Tecnico	0,02	0,02
60	Reparacion de manijas	Taller de Estructuras	Tecnico	1,00	1,00
			Inspector	0,08	0,08
61	Desplazamiento de la parte estructural de las manijas a el taller de Pintura	Taller de Estructuras	Tecnico	0,05	0,08
62	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura	Taller de Pintura	Ayudante	0,05	0,08
63	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo	Taller de Estructuras	Tecnico	0,05	0,07
64	Aplicación de Primer en la estructura de las manijas	Taller de Pintura	Tecnico	0,05	0,08
65	Desplazamiento del comonente CAPOT al taller de Pintura	Taller de Estructuras	Tecnico	0,05	0,05
66	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura	Taller de Pintura	Ayudante	0,05	0,08
67	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo	Taller de Estructuras	Tecnico	0,05	0,07
68	Eliminación de la Corrosión al CAPOT	Taller de Pintura	Tecnico	0,75	1,00
69	Pintura primer general	Taller de Pintura	Tecnico	0,08	0,17
70	Secado Primer (Energía utilizada por el cuarto de secado) Kwh	Taller de Pintura	Tecnico	2,00	2,00

TABLA COMBINADA DE OPERACIONES ESTANDARIZADAS

Departamento: Mantenimiento	Producto: Capot Helicoptero Ruso MI-8
Áreas: Taller de Estructuras	Realizado por: Ing Diana Martínez /Ing Luis Barrangán
Operación o Proceso: Capot	Fecha: 30 Julio de 2015

N°	ACTIVIDADES A REALIZAR:	Área a Cargo	Responsable	Tiempo	
				Tiempo de Ciclo Estandar (Horas)	Tiempo Ciclo Real (Horas)
71	Alistamiento para Aplicación de Color Gris Interior	Taller de Pintura	Tecnico	0,50	0,75
72	Aplicación del color Gris Interior	Taller de Pintura	Tecnico	0,08	0,08
73	Secado Gris Interior(Energía utilizada por el cuarto de secado) Kwh	Taller de Pintura	Tecnico	12,00	12,00
74	Alistamiento para Aplicación de Color Rojo	Taller de Pintura	Tecnico	0,50	0,50
75	Aplicación del color Rojo	Taller de Pintura	Tecnico	0,17	0,17
76	secado del Color Rojo(Energía utilizada por el cuarto de secado) Kwh	Taller de Pintura	Tecnico	12,00	12,00
77	Alistamiento para Aplicación de Color Azul	Taller de Pintura	Tecnico	0,50	0,50
78	Aplicación del color Azul	Taller de Pintura	Tecnico	0,17	0,17
79	Secado del Color Azul(Energía utilizada por el cuarto de secado) Kwh	Taller de Pintura	Tecnico	12,00	12,00
80	Desplazamiento del Tecnico de el Taller de Estructuras para recoger el componente estructural en Pintura	Taller de Estructuras	Tecnico	0,05	0,07
81	Retorno con el componente estructural CAPOT al Taller de Estructuras	Taller de Estructuras	Tecnico	0,05	0,07
82	Verificación final del componente Estructural CAPOT	Taller de Estructuras	Inspector	0,25	0,25
83	Pruebas de Reglaje	Taller de Estructuras	Tecnico	3,00	4,00
			Inspector	1,00	1,00
84	Diligenciamiento de Discrepancias	Taller de Estructuras	Inspector / Tecnico	0,67	1,00
85	Cierre de de Reporte de trabajos realizados, discriminación de horas hombre, materiales e insumos, revisión de documentación y cierre de la OT	Taller de Estructuras	Jefe de Taller	0,33	0,67
<b>TIEMPO TOTAL</b>				<b>67,07</b>	<b>78,50</b>

Fuente: Autores

La tabla combinada de operaciones anteriormente descrita, permite ver la secuencia de las actividades para el mantenimiento del componente estructural “Capot”, el cuál actualmente consta de 85 actividades, que son desarrolladas en un **tiempo de ciclo total de 78,50 Horas**, que es el tiempo empleado actualmente en todas las actividades y se calcula sumando el tiempo del ciclo de vida individual de cada actividad durante el proceso de mantenimiento del componente estructural, que para este caso corresponde al Capot.

De igual forma se pueden observar que el tiempo estándar del ciclo total (Ver Tabla 5), establecido para el proceso de mantenimiento del componente

estructural “Capot” debe ser de 67,07 Horas, indicando esto que se tiene una diferencia de 11,43 horas, este tiempo adicional que se está registrando, es consecuencia de los desperdicios como: movimiento, espera e inventario entre otros, que posteriormente serán objeto de análisis.

Teniendo en cuenta el tiempo real que se está llevando a cabo durante las actividades de mantenimiento del Capot, el cual corresponde a un 17% adicional del tiempo estandarizado se convierte en un indicador de Alerta que impacta de forma negativa el margen de utilidad de la organización.

Bajo estas circunstancias, el camino para mejorar el margen de ganancia es mediante la eliminación o control de los desperdicios encontrados, pero para crear las estrategias a implementar, se deben analizar cuáles de las 85 actividades llevadas a cabo en el proceso de mantenimiento del componente estructural “Capot” agregan valor y cuáles no, para la identificación se aplicó la matriz de valor agregado (Ver Ilustración 16).

## Ilustración 17. Matriz de Valor Agregado Proceso de Mantenimiento Componente Estructural “Capot”

ACTIVIDADES A REALIZAR	
1	Recepción y verificación del helicóptero MI-8 a intervenir
2	Inspección y elaboración del reporte del componente estructural del Helicóptero MI-8 a intervenir
3	Solicitud de Elaboración de la Orden de Trabajo (OT)
4	Elaboración de la Orden de Trabajo y envió a Jefe de Taller de Estructuras
5	Revisión de discrepancias en el componente a intervenir
6	Elaboración de Reportes de discrepancias
7	Remoción y desensamble del componente estructural a intervenir
8	Elaboración de solicitudes internas de trabajo
9	Aprobación de la orden interna de trabajo
10	Desplazamiento del componente a el Taller de Pintura para alistamiento
11	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
12	Retorno del ayudante al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
13	Remoción de Pintura del componente estructural CAPOT
14	Desplazamiento del ayudante de estructuras al Taller de Pintura para recibir el componente
15	Retorno del ayudante con el componente al taller de estructuras
16	Recepción del componente e inicio de reparación por parte de Técnico e Inspector
17	Solicitud de repuestos al almacén para reparación de la malla
18	Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos
19	Entrega de los Repuestos
20	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
21	Reparación de la malla
22	Desplazamiento de la parte estructural de la malla a el taller de Pintura
23	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
24	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
25	Aplicación de Primer General en la estructura de la malla
26	Secado Primer(Energía utilizada por el cuarto de secado) Kw/h
27	Solicitud de repuestos a el almacén para reparación del panel superior
28	Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos
29	Entrega de los Repuestos
30	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
31	Reparación del panel superior
32	Desplazamiento de la parte estructural del panel superior a el taller de Pintura
33	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
34	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
35	Aplicación de Primer en la estructura del panel superior
36	Secado Primer (Energía utilizada por el cuarto de secado) Kw/h
37	Solicitud de repuestos a el almacén para reparación de las chapas
38	Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos
39	Entrega de los Repuestos

40	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
41	Reparación de chapas
42	Desplazamiento de la parte estructural de las chapas al taller de Pintura
43	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
44	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
45	Aplicación de Primer en la estructura de las chapas
46	Secado del Primer(Energía utilizada por el cuarto de secado) Kw/h
47	Solicitud de repuestos al almacén para reparación de Los anclajes
48	Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos
49	Entrega de los Repuestos
50	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
51	Reparación de anclajes
52	Desplazamiento de la parte estructural de los anclajes al taller de Pintura
53	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
54	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
55	Aplicación de Primer en la estructura de los anclajes
56	Solicitud de repuestos a el almacén para reparación de las manijas
57	Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos
58	Entrega de los Repuestos
59	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
60	Reparación de manijas
61	Desplazamiento de la parte estructural de las manijas a el taller de Pintura
62	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
63	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
64	Aplicación de Primer en la estructura de las manijas
65	Desplazamiento del componente CAPOT al taller de Pintura
66	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
67	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
68	Eliminación de la Corrosión al CAPOT
69	Pintura primer general
70	Secado Primer (Energía utilizada por el cuarto de secado) Kw/h
71	Alistamiento para Aplicación de Color Gris Interior
72	Aplicación del color Gris Interior
73	Secado Gris Interior(Energía utilizada por el cuarto de secado) Kw/h
74	Alistamiento para Aplicación de Color Rojo
75	Aplicación del color Rojo
76	secado del Color Rojo(Energía utilizada por el cuarto de secado) Kw/h
77	Alistamiento para Aplicación de Color Azul
78	Aplicación del color Azul
79	Secado del Color Azul(Energía utilizada por el cuarto de secado) Kw/h

<b>80</b>	Desplazamiento del Técnico del Taller de Estructuras para recoger el componente estructural en Pintura
<b>81</b>	Retorno con el componente estructural CAPOT al Taller de Estructuras
<b>82</b>	Verificación final del componente Estructural CAPOT
<b>83</b>	Pruebas de Reglaje
<b>84</b>	Diligenciamiento de Discrepancias
<b>85</b>	Cierre de Reporte de trabajos realizados, discriminación de horas hombre, materiales e insumos, revisión de documentación y cierre de la OT

Fuente: Autores

# MATRIZ DE VALOR AGREGADO

## Agrega Valor?

### SI

### NO

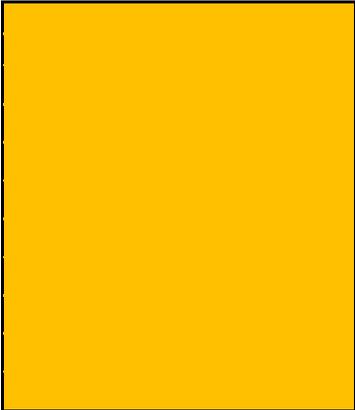
## Es necesario?

### SI

1	3	4	5	7
13	16	19	21	22
25	26	27	29	31
32	35	36	37	39
41	45	46	47	49
51	52	55	56	58
60	64	68	69	70
71	72	73	74	75
76	77	78	79	82
83	84	85		

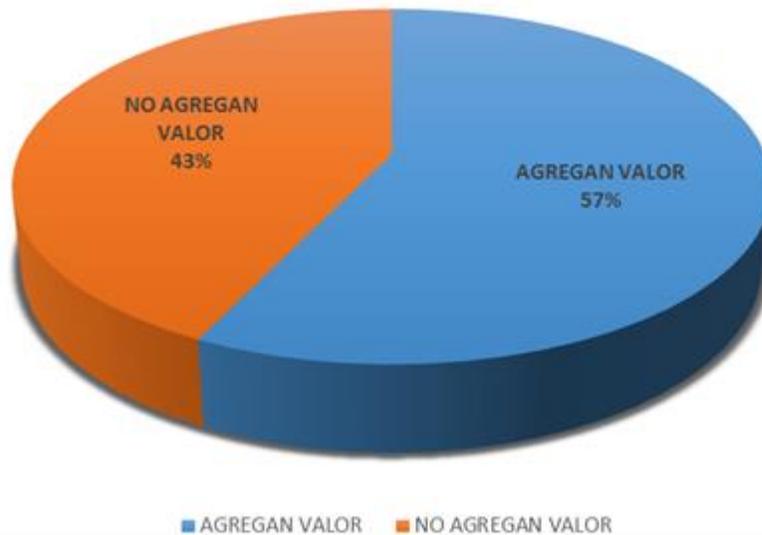
2	6	8	9	
11	12	14	15	17
18	20	23	24	28
30	33	34	38	40
42	43	44	48	50
53	54	57	59	61
62	63	65	66	67
80	81			

### NO



### 10

Con el análisis de la Matriz se identifica que, el 43% de las actividades NO AGREGAN VALOR al proceso de mantenimiento estructural del “Capot” y el 57% son actividades que AGREGAN VALOR.



Por ende, con la Matriz (Ver Ilustración 16), se puede concluir que las actividades que son necesarias pero no agregan valor al proceso de mantenimiento del componente estructural “Capot”, son las siguientes:

	ACTIVIDAD
1	Inspección y elaboración del reporte del componente estructural del Helicóptero MI-8 a intervenir
2	Elaboración de Reportes de discrepancias
3	Elaboración de solicitudes internas de trabajo
4	Aprobación de la orden interna de trabajo
5	Desplazamiento del componente a el Taller de Pintura para alistamiento
6	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
7	Retorno del ayudante a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
8	Desplazamiento del ayudante de estructuras al Taller de Pintura para recibir el componente
9	Retorno del ayudante con el componente al taller de estructuras
11	Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos
12	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo

13	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
14	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
15	Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos
16	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
17	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
18	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
19	Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos
20	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
21	Desplazamiento de la parte estructural de las chapas al taller de Pintura
22	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
23	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
24	Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos
25	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
26	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
27	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
28	Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos
29	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
30	Desplazamiento de la parte estructural de las manijas al taller de Pintura
31	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
32	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
33	Desplazamiento del componente CAPOT al taller de Pintura
34	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
35	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
36	Desplazamiento del Técnico del Taller de Estructuras para recoger el componente estructural en Pintura
37	Retorno con el componente estructural CAPOT al Taller de Estructuras

Y la actividad que no es necesaria y no agrega valor es:

ACTIVIDAD	
10	Solicitud de repuestos al almacén para reparación de la malla

Con los resultados de la matriz anteriormente descritos, se puede planear estratégicamente que:

- La actividad N° 10, que es la que no es necesaria y no agrega valor, debe ser eliminada del proceso de mantenimiento del componente estructural “Capot”.

- Por otro lado, se identificaron 36 actividades como desperdicio debido a que son necesarias pero no agregan valor, por tanto se debe proceder a priorizar su estrategia mediante la Matriz de Costo – Impacto. La cual correlaciona el impacto que tiene en costos y la importancia como estrategia para eliminar o controlar los desperdicios. (Ver Ilustración17).

**Ilustración 18. Matriz Costo - Impacto Proceso de Mantenimiento  
Componente Estructural “Capot”**

	<b>ACTIVIDAD</b>
1	Inspección y elaboración del reporte del componente estructural del Helicóptero MI-8 a intervenir
2	Elaboración de Reportes de discrepancias
3	Elaboración de solicitudes internas de trabajo
4	Aprobación de la orden interna de trabajo
5	Desplazamiento del componente a el Taller de Pintura para alistamiento
6	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
7	Retorno del ayudante a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
8	Desplazamiento del ayudante de estructuras a el Taller de Pintura para recibir el componente
9	Retorno del ayudante con el componente al taller de estructuras
11	Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos
12	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
13	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
14	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
15	Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos
16	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
17	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
18	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
19	Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos
20	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
21	Desplazamiento de la parte estructural de las chapas al taller de Pintura
22	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
23	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
24	Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos
25	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
26	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
27	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
28	Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos
29	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
30	Desplazamiento de la parte estructural de las manijas a el taller de Pintura
31	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
32	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
33	Desplazamiento del componente CAPOT al taller de Pintura
34	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
35	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
36	Desplazamiento del Técnico del Taller de Estructuras para recoger el componente estructural en Pintura
37	Retorno con el componente estructural CAPOT al Taller de Estructuras

# Matriz de Costo – Impacto

		<b>IMPACTO?</b>					
		<b>BAJO</b>	<b>ALTO</b>				
<b>COSTO \$\$\$\$\$\$</b>	<b>ALTO</b>	10	8	9	12	14	15
	<b>ALTO</b>		17	18	20	24	28
<b>ALTO</b>			30	33	34	38	40
<b>ALTO</b>			42	43	44	48	50
<b>ALTO</b>			54	57	59	65	67
<b>ALTO</b>			80	81			
<b>BAJO</b>	<b>BAJO</b>		2	6	11	23	53
<b>BAJO</b>	<b>BAJO</b>		61	62	63	66	

Fuente: Autores

De acuerdo con la Matriz anteriormente descrita, se analiza el costo vs impacto que tienen las actividades que no generan valor agregado, debido a que son fuentes de desperdicio y se deben tomar acciones de mejora para eliminarlas o controlarlas, teniendo en cuenta que para ejecutar las estrategias se requiere de la asignación de recursos que tienen un costo y que de forma directa o indirecta impacta la compañía debido a que se debe reestructurar los procesos y procedimientos o se deben generar cambios organizacionales.

A continuación se relacionan los costos y el impacto de las actividades que no generan valor agregado.

- **Actividades donde la solución es de Costo Alto y Bajo Impacto**

ACTIVIDADES A REALIZAR	
10	Desplazamiento del componente a el Taller de Pintura para alistamiento

De acuerdo al cuadro interior, la actividad n° 10 de desplazamiento del componente “Capot”, al Taller de Pintura es una actividad que no agrega valor y a su vez, la estrategia de mitigar las perdidas en esta actividad genera alto costo pero tiene bajo impacto dentro de la organización, por tal razón desde la Matriz de Valor agregado se considera suprimir esta actividad

- **Actividades donde la solución es de Costo Bajo y Alto Impacto**

ACTIVIDADES A REALIZAR	
2	Inspección y elaboración del reporte del componente estructural del Helicóptero MI-8 a intervenir
6	Elaboración de Reportes de discrepancias
11	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
23	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
53	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
61	Desplazamiento de la parte estructural de las manijas a el taller de Pintura
62	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura

63	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
66	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura

Con el listado anterior de actividades, se considera dentro de la matriz que la solución para mitigar las perdidas, el costo es bajo porque la compañía requiere de poca inversión y su impacto es alto porque la intervención de la actividad de forma rápida tendrá incidencia en el margen de utilidad esperado.

- **Actividades donde la solución es de Costo Alto y Alto Impacto**

A continuación se describen las actividades que su intervención tienen un alto impacto y además, su estrategia de solución tiene un Costo alto, es una mejora interesante para la compañía porque gran parte de las actividades que no generan valor se concentran dentro de esta estrategia.

ACTIVIDADES A REALIZAR	
8	Elaboración de solicitudes internas de trabajo
9	Aprobación de la orden interna de trabajo
12	Retorno del ayudante al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
14	Desplazamiento del ayudante de estructuras a el Taller de Pintura para recibir el componente
15	Retorno del ayudante con el componente al taller de estructuras
17	Solicitud de repuestos al almacén para reparación de la malla
18	Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos
20	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
24	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
28	Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos
30	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
33	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
34	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
38	Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos
40	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
42	Desplazamiento de la parte estructural de las chapas al taller de Pintura

<b>43</b>	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
<b>44</b>	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
<b>48</b>	Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos
<b>50</b>	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
<b>54</b>	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
<b>57</b>	Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos
<b>59</b>	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
<b>65</b>	Desplazamiento del componente CAPOT al taller de Pintura
<b>67</b>	Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo
<b>80</b>	Desplazamiento del Técnico del Taller de Estructuras para recoger el componente estructural en Pintura
<b>81</b>	Retorno con el componente estructural CAPOT al Taller de Estructuras

### **7.2.3 Análisis de Datos Fase 3.Trazabilidad de la Causa- Raíz de los Desperdicios.**

Teniendo en cuenta las actividades que no agregan valor en el mantenimiento del “Capot” llevado a cabo por parte del Taller de Estructuras, se clasifican las actividades de acuerdo a los 8 tipos de desperdicios (Sobre-producción, Espera, Transporte, Sobre-procesamientos, Inventario, Movimiento, Corrección y Destrezas en los Trabajadores), como se puede observar en la Tabla 6.

De la identificación de los desperdicios en las actividades que no agregan valor, se determina que las siguientes actividades son las fuentes de desperdicio de movimiento, espera e inventario, los cuales se determinaron en el análisis de datos de la FASE 2.

Tabla 6. Matriz de Desperdicios de Actividades que No Agregan Valor

Matriz de Desperdicios									
	ACTIVIDAD	SOBRE-PRODUCCION	ESPERA	TRANSPORTE	SOBRE-PROCESAMIENTO	INVENTARIO	MOVIMIENTO	CORRECCIONES	DESTREZAS DE TRABAJADORES
1	Inspección y elaboración del reporte del componente estructural del Helicoptero MI-8 a internenir						X		X
2	Elaboración de Reportes de discrepancias		X						X
3	Elaboración de solicitudes internas de trabajo		X						X
4	Aprobación de la orden interna de trabajo		X				X		
5	Desplazamiento del componente a el Taller de Pintura para alistamiento			X			X		
6	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura		X						
7	Retorno del ayudante a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo						X		
8	Desplazamiento del ayudante de estructuras a el Taller de Pintura para recibir el componente			X			X		
9	Retorno del ayudante con el componente al taller de estructuras						X		
10	Solicitud de repuestos a el almacen para reparación de la malla		X			X	X		
11	Desplazamiento del tecnico al almacen de repuestos		X			X	X		
12	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo						X		
13	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura		X						
14	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo						X		
15	Desplazamiento del tecnico a el almacen de repuestos		X			X	X		
16	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo						X		
17	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura		X						
18	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo						X		
19	Desplazamiento del tecnico a el almacen de repuestos		X		X	X	X		
20	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo						X		
21	Desplazamiento de la parte estructural de las chapas al taller de Pintura			X			X		
22	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura		X						
23	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo		X				X		
24	Desplazamiento del tecnico a el almacen de repuestos		X				X		
25	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo						X		
26	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura		X		X				
27	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo		X				X		
28	Desplazamiento del tecnico a el almacen de repuestos		X			X	X		
29	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo		X				X		
30	Desplazamiento de la parte estructural de las manijas a el taller de Pintura			X	X		X		
31	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura		X						
32	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo		X				X		
33	Desplazamiento del comonente CAPOT al taller de Pintura			X			X		
34	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura		X		X				
35	Retorno del tecnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo		X				X		
36	Desplazamiento del Tecnico de el Taller de Estructuras para recoger el componente estructural en Pintura			X			X		
37	Retorno con el componente estructural CAPOT al Taller de Estructuras			X					

Fuente: Autores

Como se observa en la Tabla anterior una actividad que no agrega valor no solo genera un desperdicio, puede generar a su vez mas desperdicio como se observa a continuación:

**Tabla 7 Actividad con Desperdicios Adicionales**

	ACTIVIDAD	SOBRE-PRODUCCION	ESPERA	TRANSPORTE	SOBRE-PROCESAMIENTO	INVENTARIO	MOVIMIENTO	CORRECCIONES	DESTREZAS DE TRABAJADORES
1	Inspección y elaboración del reporte del componente estructural del Helicoptero Mi-8 a intervenir						X		X

Fuente: Autores

Por ejemplo, en la actividad número 1, dentro del mantenimiento estructural del componente Capot, su ejecución genera desperdicio de movimiento debido a que en su gran mayoría de veces el personal de mantenimiento del Taller de Estructuras, debe desplazarse a otras áreas para inspeccionar el componente estructural que se va intervenir y a su vez en ocasiones existe excesiva carga laboral en el personal para ejecutar la actividad.

A continuación se describen las posibles causas de desperdicio de movimiento, espera e inventario de acuerdo a los análisis anteriormente realizados:

- **Movimiento**

Las actividades que no agregan valor y son la causa del desperdicio de movimiento y se describen a continuación:

**Tabla 8 Actividades con Desperdicio de Movimiento**

ACTIVIDADES CON DESPERDICIO DE MOVIMIENTO	
1	Inspección y elaboración del reporte del componente estructural del Helicóptero MI-8 a intervenir.
4	Aprobación de la orden interna de trabajo
5	Desplazamiento del componente a el Taller de Pintura para alistamiento
7	Retorno del ayudante a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
8	Desplazamiento del ayudante de estructuras a el Taller de Pintura para recibir el componente
9	Retorno del ayudante con el componente al taller de estructuras
10	Solicitud de repuestos al almacén para reparación de la malla
11	Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos
12	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
14	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
15	Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos
16	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
18	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
19	Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos
20	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
21	Desplazamiento de la parte estructural de las chapas al taller de Pintura
23	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
24	Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos
25	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
27	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
28	Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos
29	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
30	Desplazamiento de la parte estructural de las manijas a el taller de Pintura
32	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
33	Desplazamiento del componente CAPOT al taller de Pintura
35	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
36	Desplazamiento del Técnico del Taller de Estructuras para recoger el componente estructural en Pintura

Fuente: Autores

Como se puede observar anteriormente, se evidencia dentro del mantenimiento de un componente estructural como el Capot, que existen 28 actividades que hacen referencia a los desplazamientos de los técnicos a otras áreas de soporte y su retorno al puesto de trabajo, situación que al ser repetitiva se convierte en excesos de movimientos que conllevan un tiempo excesivo que puede ser optimizado.

- **Espera**

Las actividades que presentan desperdicio de espera son las siguientes:

**Tabla 9 Actividades con Desperdicio de Espera**

ACTIVIDADES CON DESPERDICIO DE ESPERA	
2	Elaboración de Reportes de discrepancias
3	Elaboración de solicitudes internas de trabajo
4	Aprobación de la orden interna de trabajo
6	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
10	Solicitud de repuestos a el almacén para reparación de la malla
11	Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos
13	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
15	Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos
17	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
19	Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos
22	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
23	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
24	Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos
26	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
27	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
28	Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos
29	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
31	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
32	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo
34	Recepción del componente por parte del Taller de Pintura
35	Retorno del técnico a el Taller de estructuras a su puesto de trabajo

Fuente: Autores

Como se puede observar, estas 21 actividades que no agregan valor presentan el desperdicio de Espera, el cual se presenta por la espera de personas, material,

disponibilidad de repuestos, aprobación de documentos, elaboración de documentos, entre otros. Es decir que la mayoría de veces el Técnico del taller de estructuras depende de la oportuna gestión de otras áreas o personas.

- **Inventario**

Dentro de las actividades consideradas con desperdicio de Inventario son:

**Tabla 10 Actividades con Desperdicio de Inventarios**

ACTIVIDADES CON DESPERDICIO DE INVENTARIOS	
10	Solicitud de repuestos al almacén para reparación de la malla
11	Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos
15	Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos
19	Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos
28	Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos

Fuente: Autores

El listado de actividades evidencia que existe desperdicio de inventario, debido a que no se cuenta con un stock mínimo de partes, en algunas ocasiones la persona a cargo del almacén no cuenta con la preparación suficiente para la identificación y ubicación de las piezas, ocasionando esto que el Técnico se desplace en varias ocasiones al almacén aeronáutico, esta situación contribuye a generar desperdicios de espera y movimiento.

### 7.3 Etapa 3: Desarrollo del Proyecto

La tercera y última etapa es el desarrollo del proyecto el cual es aplicar el modelo del costo de desperdicio a las operaciones desarrolladas en el proceso de mantenimiento en el Taller de Estructuras de CMR SAS., para aplicar el modelo se requiere de la información suministrada y la metodología aplicada anteriormente, la cual permitió detectar una serie de desperdicios y de actividades que no agregan valor, dentro de los desperdicios identificados y que son los más representativos, se tiene:

- **Movimiento Innecesario:** Este desperdicio se presenta cuando se utilizan equipos inadecuados, posición de los componentes o repuestos en sitios erróneos o localización de herramientas que obligan al trabajador a desplazarse a otros sitios para alcanzarlos.
- **Espera:** Se presenta cuando el personal de mantenimiento debe esperar para efectuar una actividad, se considera la espera de herramientas, catálogos de partes, transporte, información entre otros.
- **Exceso de Inventario:** Este desperdicio en mantenimiento se asocia a las existencias excesivas de repuestos e insumos para el mantenimiento de un componente o en algunos casos se presenta por la no disponibilidad de repuestos y/o insumos requeridos generando esto retraso en las órdenes de trabajo.

Teniendo en cuenta los desperdicios anteriormente descritos, se procede a la aplicación del modelo del costo del desperdicio que inicia con el **primer postulado** (Urián, 2013).:

**“La bola de nieve”**

*El costo generado por un desperdicio es igual a la sumatoria de los recursos de la organización que deben ser movilizados a causa del mismo. Es decir que cada vez que dentro de la organización se dispara una fuente de desperdicio inmediatamente se abre un hueco en un bolsillo de diferentes áreas de la organización.*

De acuerdo con, las actividades de Mantenimiento del Taller de Estructuras se aplica el **primer postulado** del modelo del costo del desperdicio. (Ver Tabla 11).

**Tabla 11. Aplicación del Primer Postulado del Modelo del Costo de Desperdicio en el Taller de Estructuras de CMR SAS.**

DESPERDICIO	Recursos Asignados por CMR SAS:	Áreas de Impacto	Costo Presupuestado USD	Costo Actual USD
MOVIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano De Obra</li> <li>• Herramienta y Maquinaria adecuada para el proceso</li> <li>• Espacio ocupado por el taller de Estructura de CMR SAS.</li> <li>• Insumos requeridos para la Reparación</li> </ul>	Financiera Contabilidad Recursos Humanos Nomina Compras Importaciones	U\$5430.83	U\$6340.8
ESPERA			U\$6860.25	U\$8320.8
INVENTARIO			U\$330.67	U\$390.7

Fuente: Autores

Con la información registrada en la Tabla 11 se puede ver la dinámica del Postulado Bola de Nieve, el cual nos indica que el costo estándar o presupuestado de reparación de un componente estructural como el “Capot” está

en el orden de U\$12621.75, pero de acuerdo a la realidad presentada actualmente, se evidencia en registros financieros que el costo de reparación está en U\$15052.3, situación que muestra que existe un sobrecosto respecto al valor establecido o estandarizado inicialmente por la organización. Ahora con la aplicación del modelo se busca establecer el costo que se está generando por dichos desperdicios

Para encontrar el costo de cada desperdicio identificado como (Movimiento, Espera e Inventario), se deben tener en cuenta que los recursos movilizados a causa del mismo son; Mano Obra, Herramienta y maquinaria adecuada para el proceso, el espacio ocupado por el Taller de Estructuras en CMR SAS y los Insumos requeridos en la reparación como se muestra en las siguientes tablas:

**Tabla 12 Estructura de Costos Real del Mantenimiento de un Componente "Capot" en el Taller de Estructuras**

DESCRIPCION DEL COSTO	COSTO REAL USD
Mano de Obra	8835,225
Herramientas y Equipos	1893,2625
Espacio ocupado	1262,175
Insumos Requeridos	631,0875
<b>TOTAL COSTO ESTANDARIZADO</b>	<b>12621,75</b>

Fuente: Autores

**Tabla 13 Estructura de Costos Estandarizados o Presupuestados del Mantenimiento de un Componente "Capot" en el Taller de Estructuras**

DESCRIPCION DEL COSTO	COSTO ESTANDAR USD
Mano de Obra	10536,61
Herramientas y Equipos	2257,845
Espacio ocupado	1505,23
Insumos Requeridos	752,615
<b>TOTAL COSTO ESTANDARIZADO</b>	<b>15052,3</b>

Fuente: Autores

De acuerdo con, la información de las tablas anteriores en la reparación del componente estructural “Capot”, el costo más alto de recursos es el de Mano de Obra, debido a que durante el mantenimiento del componente el personal técnico de estructuras debe desplazarse a otras áreas de apoyo, esperar a que se ejecuten las actividades y todo este tiempo debe ser liquidado por la empresa como parte del proceso.

Para la comprobación del **segundo postulado** (Urián, 2013). como se enuncia a continuación:

**“Proyección”**

*Al identificar y, o eliminar un desperdicio el ahorro generado es igual únicamente al que ese desperdicio generaría en el futuro. Las demás actividades asociadas seguirán funcionando y se deberá trabajar en el ajuste de las mismas.*

Se debe simular que después de un proceso de mejora continua en las actividades de reparación del Capot, se pueden disminuir los costos de desperdicio generados por desplazamiento, adquiriendo primer en spray como medida inicial para evitar desplazamientos continuos al Taller de Pintura, pero a largo plazo y con alto impacto, se propone migrar el Taller de Pintura al área del Taller de Transmisiones y viceversa, esto con el fin de disminuir los tiempos de desplazamiento por parte no solo del personal del Taller de Estructuras sino también de otros Talleres que requieren desplazamientos constantes por parte de su personal, para procesos que requieren actividades desarrolladas por el Taller de Pintura. Ver Ilustración mapa.



Así mismo se propone integrar un software que permita solicitar ordenes de trabajo, requisiciones internas de trabajos, solicitud de materiales al Almacén Aeronáutico, entre otras actividades que generan demoras a la hora de diligenciar dichos formatos y también evitarían muchos desplazamientos por parte del personal de los diferentes talleres, en la ejecución de procesos requeridos por los componentes.

Se comprueba el **tercer postulado** (Urián, 2013):

### ***Desperdicio fantasma***

*La eliminación sucesiva de desperdicios generará la desaparición inadvertida de desperdicios no identificados. Dentro de los procesos desaparecerán actividades lo cual generará disponibilidad en cargos no relacionados directamente con la actividad intervenida.*

Haciendo un seguimiento a las actividades llevadas cabo dentro de las reparaciones de componentes estructurales como el “Capot” e implementado estrategias (Ver Tabla 14) para controlar o mitigar los desperdicios de movimiento, espera e inventario se van mitigando a su vez desperdicios no identificados como Transporte, Sobre. Producción, Destrezas de los trabajadores, Corrección y sobre- procesamientos, como se observó dentro de las actividades que no agregan valor que generan no solo un desperdicio si no que puede presentar a al mismo tiempo otros más.

**Tabla 14. Desperdicios identificados y no identificados en actividades de reparación de Componente Estructural “Capot”**

ACTIVIDAD	DESPERDICIO(S) IDENTIFICADO	DESPERDICIO(S) NO IDENTIFICADO
Elaboración de Reportes de discrepancias	Espera	Destrezas de los Trabajadores
Recepción del componente por parte del Taller de Pintura	Espera	
Desplazamiento del ayudante de estructuras a el Taller de Pintura para recibir el componente	Movimiento	Transporte
Retorno del ayudante con el componente al taller de estructuras	Movimiento	
Solicitud de repuestos a el almacén para reparación de la malla	Movimiento/Espera/Inventario	
Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos	Movimiento/Espera/Inventario	
Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo	Movimiento	
Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo	Movimiento	
Desplazamiento del técnico a el almacén de repuestos	Movimiento/Espera/Inventario	
Recepción del componente por parte del Taller de Pintura	Espera	
Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo	Movimiento	
Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo	Movimiento	
Retorno del técnico al Taller de estructuras a su puesto de trabajo	Movimiento	
Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos	Movimiento/Espera	
Desplazamiento del técnico al almacén de repuestos	Movimiento/Espera/Inventario	
Desplazamiento de la parte estructural de las manijas al taller de Pintura	Movimiento	Transporte/Sobre procesamiento
Desplazamiento del componente CAPOT al taller de Pintura	Movimiento	Transporte
Recepción del componente por parte del Taller de Pintura	Espera	Sobre procesamiento

Fuente: Autores

Como se observa en la Tabla Desperdicios identificados y no identificados en las actividades de reparación de Componente Estructural “Capot”, se muestra que detrás de los desperdicios de movimiento, espera e inventario, se presentan otros desperdicios como Destrezas de los trabajadores debido a que el personal no cuenta con sobrecarga laboral, falta de capacitación en las áreas, se carece de los mecanismos de transporte eficientes para trasladar componentes a otras áreas y sobre-procesamiento porque en algunos casos las piezas no cumplen con los estándares requeridos y se tiene devolver a el taller de apoyo.

Por tal razón para mitigar el desperdicio principal y corroborar el tercer postulado se pueden implementar las siguientes estrategias:

- Incluir dentro de la Inspección inicial actividades de elaboración de reportes de discrepancias.
- Mejorar o implementar un software que permita administrar la ordenes de Trabajo y planificar las actividades de acuerdo al proceso a desarrollar.
- Para las actividades desarrolladas en Talleres de apoyo como el de pintura, la persona responsable de recibir y entregar un componente a intervenir, de acuerdo a las solicitudes de trabajo debe ser responsabilidad de un Jefe de Taller, el cuál es un cargo existente dentro del Organigrama de CMR SAS., pero no se tiene la persona.
- Migrar el Taller de Pintura el área del Taller de Transmisiones con el fin de disminuir los tiempos de desplazamiento.
- Implementar una plataforma tecnológica ágil de comunicación que permita hacer seguimiento de las entregas oportunas de los componentes.
- Los elementos menores para reparación se deben agrupar para que las reparaciones sean simultaneas y se optimicen los tiempos y el número de desplazamientos a de los técnicos.

Al aplicar las estrategias anteriormente mencionadas se mitiga el desperdicio principal y a su vez los no identificados, para tal fin la Organización de Mantenimiento de CMR SAS, debe considerar hacer algunas inversiones grandes que a largo plazo impactan significativamente.

#### **7.4 Etapa 4: Entrega de Resultados**

Los resultados a entregar, de acuerdo a la aplicación del modelo del costo del desperdicio a las operaciones desarrolladas en el proceso de mantenimiento en el Taller de Estructuras de la Organización de Mantenimiento de CMR SAS, son los siguientes

- Para la Organización CMR SAS, se entrega el análisis de evidencia de los desperdicios generados durante las actividades de mantenimiento de un componente estructural “ Capot”, como lo son desperdicios por movimiento, espera e inventario, los cuales son generados por el número excesivo de desplazamientos por parte de los técnico a los talleres de apoyo, espera de recepción o entrega de componentes por falta de planificación, e inventario porque algunas actividades son suspendidas por demoras en la solicitud de repuestos o en ocasiones no se tiene conocimiento de la ubicación y existencia de los repuestos en almacén, todo esto impactando los costos y afectando el margen esperado por la compañía. De igual forma con la presente investigación CMR SAS, evalúa las estrategias que se pueden implementan a largo, mediano e inmediato plazo para mitigar los desperdicios encontrados.
- A la Universidad ECCI, se le entrega una monografía de la C, el cual fue postulado por el Docente e Investigador ESP. Ingeniero Miguel Ángel Urian Tinoco y con este documento se puede considerar como comprobación de la aplicación del modelo en el área de gestión de mantenimiento del sector aeronáutico.

- A la Comunidad Científica, se le entrega un artículo científico del Modelo del Costo del Desperdicio aplicado al Sector Aeronáutico, como comprobación del modelo en otros sectores para que mediante la metodología descrita se pueda implementar en otras áreas de conocimiento.

## **8. FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

### **8.1 Fuentes Primarias**

Para el presente proyecto se tomara en cuenta la información suministrada por e área de Mantenimiento específicamente del Taller de Estructura de CMR SAS., de donde se recolecto la información sobre la empresa y los procedimientos llevados a cabo en el Taller de Estructuras, información que fue abstraída del Manual de Procedimientos de Inspección (MPI) de CMR S.A.S.

Como fuente primaria también se tienen las encuestas realizadas al personal involucrado y/o requerido en el Taller, los formatos diseñados para análisis de información y la aplicación de matrices correlacionales de relación de actividades, desperdicios, costo e impacto.

### **8.2 Fuentes Secundarias**

Como fuentes secundarias se tienen, los proyectos relacionados con el tema central de investigación. E igual forma se consultan libros, páginas especializadas en internet, artículos científicos.

## 9. COSTOS

Con base en lo planteado para poder aplicar el modelo del costo des desperdicio se hace necesario que los autores, desarrollen el cuadro de costos de la reparación de mantenimiento de componente estructural denominado “Capot”. Pero para comprender la estructura de costos se deben tener en cuenta dos escenarios.

- **Costo Estandarizado de Mantenimiento de Estructural “Capot”**

Este costo es el valor parametrizado por la empresa, de acuerdo a todos los recursos que se requieren para desarrollar la reparación de un componente como el Capot, es decir que de acuerdo a los procesos y procedimientos de tienen unos tiempos estipulados para completar la tarea y dar respuesta al cliente. A continuación se muestra la estructura de Costos.

**Tabla 14 Estructura de Costos Estandarizados o Presupuestados del Mantenimiento de un Componente en el Taller de Estructuras**

DESCRIPCION DEL COSTO	COSTO ESTANDAR USD
Mano de Obra	10536,61
Herramientas y Equipos	2257,845
Espacio ocupado	1505,23
Insumos Requeridos	752,615
<b>TOTAL COSTO ESTANDARIZADO</b>	<b>15052,3</b>

Fuente: Autores

Como se observa en la anterior tabla el Costo de reparación de un componente estructural “Capot” de acuerdo al procedimiento estandarizado en CMR SAS es de U\$15052.3.

- **Costo Actual o real de Mantenimiento de Estructural “Capot”**

Este costo es el valor actual, de acuerdo a todos los recursos que se requieren para desarrollar la reparación de un componente como el Capot, es decir que actualmente el procedimiento cambia en tiempos por diferentes situaciones adversas anteriormente descritas. A continuación se muestra la estructura de Costos.

**Tabla 15 Estructura de Costos Real del Mantenimiento de un Componente en el Taller de Estructuras**

DESCRIPCION DEL COSTO	COSTO REAL USD
Mano de Obra	8835,225
Herramientas y Equipos	1893,2625
Espacio ocupado	1262,175
Insumos Requeridos	631,0875
<b>TOTAL COSTO ESTANDARIZADO</b>	<b>12621,75</b>

Fuente: Autores

Como se observa en la anterior tabla el Costo de reparación de un componente estructural “Capot” de acuerdo al procedimiento actual en CMR SAS es de U\$12621.75.

Dentro de los costos anteriormente descritos observamos, que teniendo los mismos recursos el procedimiento actual presenta desperdicios que hacen que se incremente los valores y que para la compañía significa la disminución del margen de utilidad.

## **10. TALENTO HUMANO**

Dentro de las propuestas de mejora de acuerdo a los resultados de la aplicación del modelo del costo de desperdicio e las actividades de mantenimiento del taller de Estructuras de CMR SAS, no se pretende disminuir la cantidad de personal que se encuentra trabajando en los diferentes Talleres. Lo que se busca principalmente, es optimizar los tiempos de entrega de las actividades de reparación, con lo cual la organización puede comprometerse con trabajo adicional al que actualmente se encuentra desarrollando, así como disminuir los tiempos de entrega al cliente de los trabajos solicitados, con lo cual puede generar estrategias comerciales con los clientes frente a otras organizaciones emergentes que pretenden prestar el servicio de mantenimiento de aeronaves MI-8 series, con el mismo personal y a su vez mantener el margen esperado por parte de la Organización de Mantenimiento CMR S.A.S.

De igual forma, el presente proyecto refleja, como al aplicar una herramienta como el Lean Maintenance, su desarrollo está en involucrar al personal, debido a que se debe hacer un cambio radical en las relaciones de las personas con el trabajo que realizan, es decir, que se debe implementar estrategias de liderazgo donde todo el personal involucrado y/o requerido en el Taller de Estructuras participe activamente en la implementación de diferentes metodologías de mejora continua como es el Modelo del Costo del Desperdicio.

## 11. CONCLUSIONES

De acuerdo a la investigación realizada se concluye:

- El Taller de Estructuras de CMR SAS es uno de los nueve (9) Talleres con los que cuenta la Organización de Mantenimiento de CMR S.A.S. donde se realizan trabajos de Inspección, Reparación, Pruebas Funcionales y Overhaul a partes y componentes de aeronaves MI-8 series, contempladas dentro de las Especificaciones de Operación otorgadas por la Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil Colombiana en donde los procesos y procedimientos se encuentran estandarizados por el Manual de Procedimientos de Inspección (MPI) de CMR S.A.S.
- Para dar viabilidad a la aplicación del proyecto, se evidencio que en la actualidad si existen metodologías que permiten hacer trazabilidad de los costos de desperdicio en el área de gestión de mantenimiento y una de estas es el postulado “Modelo del Costo del Desperdicio Aplicado a Procesos de Manufactura”, emitido por el Ingeniero Miguel Ángel Urian Tinoco-2013, el cual fue un modelo desarrollado con base en la metodología de Lean Manufacturing en empresas manufactureras.
- Se diseñó una metodología para la aplicación del Modelo del Costo del Desperdicio en el Taller de Estructuras de la Organización de Mantenimiento CMR S.A.S., el cual está enmarcado en el objetivo del área de mantenimiento, que es implementar una filosofía de mejora continua que permita optimizar los procesos, eliminar los desperdicios, aumentar la confiabilidad operacional y disponibilidad de los equipos.

La metodología que se aplicó considera 4 Fases:

Fase 1: Capacitación y entrenamiento en Mantenimiento Esbelto (Lean Maintenance)

Fase 2: Diagnóstico en el valor agregado en el proceso de mantenimiento

Fase 3: Trazabilidad de la causa raíz de los desperdicios.

Fase 4: Formulación de estrategias de mejora continua con base en el Modelo del Costo del Desperdicio.

- Durante el desarrollo de las fases de la metodología de aplicación del Modelo del Costo del Desperdicio es de vital importancia involucrar al personal del área de mantenimiento y la Alta Gerencia, con el fin de concientizar en la implementación de mejoras continuas que optimicen los objetivos de la organización.
- Se Aplicó el Modelo del Costo del desperdicio a las Operaciones desarrolladas en el proceso de mantenimiento en el Taller de Estructuras de la Organización de Mantenimiento de CMR SAS, encontrándose que cada postulado es ajustado a el área de mantenimiento y es aplicable como una herramienta de mejora continua.

## **12. RECOMENDACIONES**

- De acuerdo con las estrategias planteadas para eliminar, controlar o mitigar los desperdicios encontrados dentro de las actividades de mantenimiento del proceso de Reparación de un componente en el Taller de Estructuras, se propone en continuar con una segunda etapa para continuar el proyecto con la implementación de las estrategias.
- Se recomienda, capacitar a todo el personal de CMR SAS en estrategias para identificación y eliminación de desperdicios.
- Hacer de la identificación y eliminación de desperdicios, así como la mejora continua un hábito dentro de la Organización.

### 13. BIBLIOGRAFÍA

- CMR SAS. (2015). *MPI Manual de Procedimientos de Inspección*. Bogotá: CMR SAS.
- Contreras, A. V. (2007). *Manual de Lean Manufacturing*. Mexico: Limusa,S.A.
- Contreras, A. V. (2008). *Conceptos y Reglas de Lean Manufacturing*. Mexico: Limusa , S.A.
- Gómez, H. S. (2000). *Gerencia Estratégica*. Bogotá: 3R Editores Ltda.
- Imai, M. (1999). *Kaizen*. Mexico: Continental S.A.
- La Nueva Guía Lean de Bolsillo (Producción Lean)*. (2007). Theleanstore.
- Rodríguez, M. e. (2009). *La Manufactura Esbelta*. Cautitlán Izcalli: Facultad de Estudios Superiores Cautitlán.
- Shank, J. K. (1996). *Gerencia Estrtegica de Costos*. Colombia: Grupo Editorial Norma.
- Sistemas de Bibliotecas Sena*. (s.f.). Obtenido de [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/)
- Socconini, L. (2008). *Lean Manufacturing*. Mexico: Grupo Editorial Norma.
- Urián, M. A. (2013). Modelo del Costo del desperdicio aplicado a procesos de manufactura. 7.