**DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**”

(Reglamento de Graduación de la **ESPOL**).

####  Víctor Javier Abad Abad

**RESUMEN**

La presente tesis trata de la aplicación de la Metodología MPT (Mantenimiento Preventivo Total) para un mejor funcionamiento del Departamento de Mantenimiento en una Planta de Detergentes situada en la ciudad de Guayaquil.

Este trabajo fue realizado por el autor de esta tesis que se desempeña como Coordinador de Mantenimiento Mecánico de la planta en mención.

Las frecuentes paradas imprevistas en el proceso de fabricación de detergentes por daños en los equipos, lleva aplicar esta Metodología como la principal opción para mejorar el desarrollo continuo y evitar pérdidas en la empresa.

En esta investigación se describe cuáles son los problemas que deben ser solucionados, las causas que lo generaron y las variables involucradas KPI´s (Key Performance Indicator), basándose en herramientas usadas en MPT como Por qué – Por qué, 5 Por qué y 1 Cómo, LUP (Lección de Un Punto), Análisis de Fallas, CAP-Do (Check, Analyze, Plan, Do); posteriormente se validan todos los sistemas de medición a través de un software computarizado, para tener registro.

Una vez aprobados todos los sistemas de medición, se plantean las estrategias a implementar para observar la disminución de costos de mantenimiento basados en cuadros estadísticos y el cero averías de los equipos.

Los resultados que se esperan son los siguientes:

1. Difundir la Metodología MPT.
2. Constatar la sinergia entre la Metodología y el Departamento de Mantenimiento.
3. Demostrar los resultados de mejora con la implementación de esta Metodología.

Finalmente, se detallan las conclusiones y recomendaciones a seguir para el inicio de una estrategia como MPT.

**INDICE GENERAL**

|  |
| --- |
| Pág. |
| RESUMEN……………………………………………………………………... | II |
| INDICE GENERAL………………………………………………………………. | IV |
| ABREVIATURAS…………………………………………………………… | VI |
| TERMINOLOGIA………………………………………………………………. | IX |
| INDICE DE FIGURAS…………………………………………………………… | XI |
| INDICE DE TABLAS…………………………………………………………….. | X |
| INTRODUCCION……………………………………………………………… | 1 |
|  |  |
| CAPITULO 1 |  |
| 1. DEFINICION DEL PROBLEMA..............................................................
 | 3 |
| * 1. Tipos de Mantenimiento aplicados...................................................
 | 3 |
| * 1. Estructura y áreas de trabajo del Departamento de Mantenimiento
 | 4 |
| * 1. Flujograma de la Gestión de Mantenimiento....................................
 | 5 |
| * 1. Metodologías de Mantenimiento y Selección de una de las Metodologías....................................................................................
 | 6 |
|  |  |
| CAPITULO 2 | . |
| 1. METODOLOGIA DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.........
 | 9 |
| * 1. Origen e Historia de la Metodología.................................................
 | 9 |
| * 1. Definición de MPT desde diferentes puntos de vista.......................
 | 13 |
| * 1. Diferencia entre los cuatro pilares principales.................................
 | 16 |
| * 1. Areas de aplicación..........................................................................
 | 23 |
| * 1. Herramientas utilizadas....................................................................
 | 28 |
| * 1. Justificación y Beneficios de usar la Metodología MPT...................
 | 36 |
|  |
| CAPITULO 3 |  |
| 1. DINAMICA ENTRE EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL Y EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO…………………………..
 | 38 |
| * 1. Estructura del Departamento de Mantenimiento con la Metodología MPT.............................................................................
 | 38 |
| * 1. Areas de trabajo del Departamento de Mantenimiento con MPT.....
 | 40 |
| * 1. Flujograma de la nueva Gestión de Mantenimiento, aplicando la Metodología MPT.............................................................................
 | 41 |
|  |
| CAPITULO 4 |
| 1. INDICES Y OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN MANTENIMIENTO.......................……………………………
 | 45 |
| * 1. Medición de los índices involucrados..............................................
 | 45 |
| * 1. Cómo llegar al objetivo: Cero Averías.............................................
 | 46 |
| * + 1. Las cinco medidas de lucha para alcanzar Cero Averías.......
 | 46 |
| * 1. Etapas del Mantenimiento Planificado.............................................
 | 52 |
| * + 1. Evaluar el equipo y comprender la situación actual...............
 | 52 |
| * + 1. Restaurar las condiciones ideales..........................................
 | 62 |
| * + 1. Estructuración del control de informaciones y datos..............
 | 85 |
| * + 1. Estructuración del Mantenimiento Periódico (TBM)...............
 | 85 |
| * + 1. Estructuración del Mantenimiento Predictivo (CBM)..............
 | 86 |
| * + 1. Evaluar el Sistema de Mantenimiento Planificado..................
 | 87 |
|  |  |
| CAPITULO 5 |  |
| 1. ANALISIS DE RESULTADOS................................................................
 | 88 |
| 5.1. Análisis Cualitativo de Resultados.................................................. | 88 |
| 5.2. Análisis Cuantitativo de Resultados................................................ | 90 |
|  |  |
| CAPITULO 6 |  |
| 1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..........................................
 | 94 |
|  |  |
| APENDICES  |  |
| BIBLIOGRAFIA |  |

# ABREVIATURAS

|  |  |
| --- | --- |
| Acum: | Acumulado |
| Assist: | Asistente |
| BDM:  | Mantenimiento Después de la Avería |
| C:  | Costo |
| CBM:  | Mantenimiento Basado en las Condiciones |
| Cord: | Coordinador |
| D:  | Distribución |
| EPP:  | Equipo de Protección Personal |
| GGA: | Grupo de Gestión Autónomo |
| Hr: | Hora |
| IBM:  | Mantenimiento por Mejoramiento |
| JIPM: | Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas |
| Kg: | Kilogramo |
| KW: | Kilovatios |
| LUP (LPP):  | Lección de Un Punto |
| M:  | Moral |
| MA: | Mantenimiento Autónomo |
| MP: | Mantenimiento Preventivo |
| MP: | Materia Prima |
| MTBF:  | Tiempo Medio Entre Fallas |
| Mtto: | Mantenimiento |
| MTTR: | Tiempo Medio Para Reparación |
| OEE:  | Efectividad Operacional del Equipo |
| P:  | Productividad |
| Prep: | Preparación |
| Q:  | Calidad |
| Q1: | Primer Trimestre del Año |
| Q2: | Segundo Trimestre del Año |
| Q3: | Tercer Trimestre del Año |
| Q4: | Cuarto Trimestre del Año |
| S:  | Seguridad |
| SHE:  | Seguridad e Higiene Ambiental |
| St:  | Estándar |
| TAG: | Tarjeta |
| TBM:  | Mantenimiento Basado en el Tiempo |
| Ton: | Tonelada |
| MPT: | Mantenimiento Productivo Total |
| TQC: | Control de Calidad Total |
| TQM: | Manufactura de Calidad Total |
| USD: | Dólares Americanos |
| Vs: | Versus |

**TERMINOLOGIA**

**APROVECHAMIENTO (%):** ((Tiempo total calendario menos Tiempo no programado menos Tiempo muerto planificado para mantenimiento) dividido por el Tiempo calendario) x 100.

**CICLO DE VIDA (LIFE CYCLE):** tiempo durante el cuál un ítem conserva su capacidad de utilización. El periodo comprende desde su adquisición hasta su reemplazo, es decir objeto de una rehabilitación.

**CICLO DE VIDA, COSTO DEL (LCC - LIFE CYCLE COST):** costo total de un ítem a lo largo de su vida, incluyendo costos de adquisición, operación, mantenimiento, mejorías, modificaciones y extracción.

**CONFIABILIDAD:** capacidad de un ítem para realizar su función específica en determinadas condiciones, durante un periodo de tiempo determinado. También se puede denominar probabilidad que un ítem funcione correctamente en las condiciones operativas de proyecto durante un determinado periodo de tiempo.

**COSTO DE MANTENIMIENTO / TON:** son los gastos que se realizan para ejecutar mantenimiento / toneladas de producto terminado.

**COSTO DIRECTO DE MANTENIMIENTO:** gastos con mano de obra propia o contratada, materiales de reposición, parte proporcional de los costos de supervisión y de los recursos materiales empleados en la reparación de avería o reposición de un ítem. Costo de disponibilidad.

**COSTO INDIRECTO DE MANTENIMIENTO:** costos derivados de la pérdida de producción, rendimiento y calidad así como por daños a la seguridad y al medio ambiente, causados por la avería de un ítem. Costo de indisponibilidad.

**CRV DE MANTENIMIENTO:** Es el costo de valor de reparación de un activo que debe ser como target el 4% del activo para plantas de proceso químico y el 15% para plantas del sector plástico.

**DISPONIBILIDAD:** capacidad de un ítem de estar en el estado admisible que permita cumplir una función exigida en las condiciones establecidas, durante un cierto momento o durante un intervalo de tiempo dado, suponiendo que el suministro de los medios externos está asegurado. Puede ser expresarse aún como la probabilidad que un ítem pueda encontrarse disponible para su utilización en un determinado momento o durante un determinado periodo de tiempo. La disponibilidad de un ítem no implica que el mismo esté necesariamente funcionando, pero si fue se encuentra en condiciones de funcionar.

Disponibilidad (%): ((Tiempo de operación menos Tiempo de reparación) dividido para tiempo de operación) x 100.

**EFICIENCIA DE RENDIMIENTO (%):** (Tasa media de producción (Ton/Horas) dividida estándar de producción (Ton/Horas) x 100.

**EFU (ETIQUETA):** etiqueta en duplicado, para describir los "FUGUAI". Se coloca la original en posición correcta equipamiento y se guarda la otra para trabajo y archivo. El EFU relata el contenido del "Fuguai" detectado y quién es el responsable por la reparación y cuándo. Los operarios intentan repararlo por cuenta propia, pero recurren al departamento de mantenimiento, si se trata de un problema complejo.

**FALLA:** interrupción de función de la operación desempeñada por máquinas o componentes; pérdida de la función específica de la máquina.

**FRECUENCIA DE FALLAS (%):** (Número total de paradas debido a fallas dividido para el tiempo de operación) x 100.

**FUGUAI (NO CONFORMIDAD):** al atender los requerimientos. Palabra de sentido amplio, cuyo significado desde algo equivocado, problemas o fallas, hasta defectos como fugas de aire y de aceite, cablería y ductos en malas condiciones, etc. En el proceso de limpieza inicial de mantenimiento autónomo, se incentiva a los operadores a identificar la mayor cantidad posible de "Fuguais"

**GENBA-GENBUTSU (ESCENARIO REAL, COSA REAL, REALIDAD):** este principio enfatiza la "observación de primera mano de un fenómeno en el lugar de trabajo". Cuando surge un problema, vaya al lugar de la ocurrencia, examínelo con atención y repárelo. Agregamos "Genri" (principio). "Gensoku" (reglas) y "Genjitsu" (realidad) y lo denominamos "5-Gen (Go-Gen)". En un proceso de resolución de problemas, especialmente en Análisis PM, debemos recordar seguir estrictamente este principio.

**HINSHITSU-HOZEN (MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD):** el concepto de calidad asegurada se aplica a los equipos y a la administración de las instalaciones. La idea básica es mantener la integridad del equipo intacta, para elaborar productos 100% no defectuosos.

"Hinshitsu-Hozen" se destina a librar el equipamiento de defectos de calidad, establecer condiciones de cero defecto, sustentar el control de tendencia, y ante la posibilidad de defectos de calidad tomar las medidas pertinentes con anticipación.

**ITEM:** sistema, instalación, planta, fábrica, entidad, bien, máquina, equipo, conjunto, componente o pieza que puede ser considerado individualmente, y que admite separadamente, pruebas de verificación de su estado general.

**KAIZEN (MEJORA):** actividades de mejora continua y creciente realizadas en pequeños grupos. Los círculos de control de calidad son ampliamente conocidos por sus actividades kaizen. Se buscan las causas a partir de los defectos o problemas mediante un análisis profundo, de "brainstorming" y de otras herramientas y métodos de Kaizen; así, el grupo podrá solucionar determinado tema (problema). Una vez resuelto, dicho nivel de realización se considera un nuevo estándar a partir del cual se tomará una nueva meta como objetivo.

**KOBETSU-KAIZEN (MEJORA ESPECíFICA O ENFOCADA):** proyectar actividades en pequeños grupos para solucionar un problema determinado. Los problemas consisten en las 16 grandes categorías de pérdidas que perjudican la eficiencia de las actividades productivas. En la etapa introductoria de MPT, un equipo multifuncional conformado por ingenieros y gerentes de línea escogen una máquina modelo y aplican una mejora específica para demostrar que sus esfuerzos son eficaces en el sentido de aumentar la eficiencia de la producción. Lo logrado en una máquina se repite en otras unidades similares. El grupo inicial repite este proceso, teniendo como objetivo una máquina piloto, para generar beneficios en otras máquinas hasta completar todas las máquinas o equipos de la fábrica.

**JISHU-HOZEN (MANTENIMIENTO AUTONOMO):** la traducción puede parecer errónea, pero se trata de actividades de mantenimiento iniciadas por la gerencia y ejecutadas en pequeños grupos. Los operadores limpian, chequean, lubrican y reaprietan (tornillos y tuercas) de manera rutinaria, impidiendo el desarrollo de fallas. Los esfuerzos de los operadores ayudan también a aliviar la carga de trabajo del personal de mantenimiento, que, a su vez, puede concentrarse en actividades de mantenimiento más sofisticadas. "Jishu-Hozen" se realiza en 7 etapas. Cada grupo debe someterse a una auditoria o diagnóstico, antes de pasar a la etapa siguiente. Los grupos aprobados son reconocidos y reciben un certificado de aprobación. No se deja "Jishu-Hozen" a cargo de los operarios; es tarea de los gerentes orientar y administrar a sus subordinados.

**LOGRO DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO(%):** (Tareas de mantenimiento planificado realizadas dividido tareas de mantenimiento planificado) x 100.

**MANTENIBILIDAD:** facilidad con que se puede efectuar una intervención de mantención. Probabilidad que un item averiado pueda volver a su estado operativo en cierto período de tiempo, cuando la mantención se realiza en condiciones determinadas y con medios y procedimientos establecidos.

**MANTENCION CORRECTIVA:** es un sistema en el cual el concepto de prevención de defectos en equipos o máquinas se amplió, en el sentido de aplicar a éstos mejoras para eliminar la ocurrencia de defectos y aumentar su respectiva capacidad de mantenimiento.

**MANTENCION PREVENTIVA:** puede definirse como un seguimiento de las condiciones físicas de los equipos, y como cierta "medicina preventiva" aplicada a éstos. Así como la expectativa de vida del ser humano ha aumentado gracias a los progresos de la medicina preventiva, la vida útil de los equipos industriales también puede prolongarse mediante la aplicación de medidas preventivas anticipadas, con el objeto de evitar tanto fallas en máquinas como la pérdida definitiva de éstos.

**MANTENCION PREDICTIVA:** se basa en el conocimiento del estado/condición de un item, mediante mediciones periódicas o continuas de uno o más parámetros significativos. La intervención de mantención predictiva busca la detección temprana de los síntomas que preceden a una avería.

**MURI (ESFUERZO):** se recomienda la operación equilibrada y en línea. El flujo de trabajo, carga de trabajo y la operación no deben ser desiguales e irregulares. Deben eliminarse los diversos desperdicios o pérdidas.

**NUMERO DE FALLA (#):** Es el número de falla que se presenta cuando el equipo esta en producción.

**OEE:** Indice de Eficiencia Global de Equipos - utilización plena de sus respectivas funciones y capacidades.

**TASA DE CALIDAD (%):** ((Volumen de producción menos Defecto de calidad y reproceso) dividido para Volumen de producción) x 100

**TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (Horas/Fallas):** Tiempo total de operación dividido para el número de fallas.

**TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (Horas/Fallas):** Tiempo total de operación dividido para el tiempo de reparación de las fallas.

**TIEMPO MUERTO PLANIFICADO:** Tiempo utilizado para mantenimiento.

**TIEMPO NO PROGRAMADO:** Cierre de línea, feriados, falta de orden de trabajo, pruebas reuniones, inventarios, comida.

**PREVENCION DE MANTENIMIENTO:** significa equipos y líneas de producción proyectados de modo a eliminar la necesidad de mantenimiento de éstos. Como el objetivo primordial de estos proyectos es la obtención de equipos y líneas de producción exentos de la necesidad de mantenimiento, se harán todos los esfuerzos en el sentido de lograr la condición ideal, es decir, actividades de perfeccionamiento de la productividad de los equipos, mediante la aplicación de conceptos de MP, PM y CM durante la vida útil de éstos.

**TPM2 - GESTION DE PERFORMANCE:** conjunto de actividades orientadas a la identificación de pérdidas en procesos empresariales - gestión de equipos, personas, procesos y productos - de modo a identificar pérdidas y transformarlas en oportunidades, a través de acciones de recuperación y mejoras continuas ejecutadas por todas las personas de una organización.

**INDICE DE FIGURAS**

Pág.

|  |  |
| --- | --- |
| Figura 1.1 Estructura Orgánica Funcional Actual……………...……...…. | 5 |
| Figura 1.2 Flujo Actual de la Gestión de Mantenimiento………………... | 6 |
| Figura 1.3 Metodología de Mantenimiento Planificado……………….…. | 7 |
| Figura 2.1 Histórico de la Metodología………………………………….… | 12 |
| Figura 2.2 Modelo de Gestión de Alta Perfomance………..…………..… | 15 |
| Figura 2.3 Pilares del MPT…………………………………………….….… | 17 |
| Figura 2.4 Relación entre los Pilares…………………………………….... | 22 |
| Figura 2.5 Estructura de Mantenimiento…………………………….……. | 27 |
| Figura 3.1 Nueva Estructura Orgánico Funcional de Mantenimiento….. | 40 |
| Figura 3.2 Flujograma de Actividades para lograr Cero Fallas……….... | 42 |
| Figura 4.1 Overall Gaps de la Planta de Detergentes…………………... | 53 |
| Figura 4.2 Estructura Organizacional de Mantenimiento Planificado….. | 54 |
| Figura 4.3 Entrenamiento y Capacitación………………………………… | 55 |
| Figura 4.4 Porcentajes de Criticidad de los Equipos de Planta………... | 57 |
| Figura 4.5 Matriz de Criticidad……………………………………….…..… | 57 |
| Figura 4.6 a Tiempo Medio entre Fallos (MTBF)………………………...… | 60 |
| Figura 4.6 b Tiempo Medio entre Reparaciones (MTTR)……………….… | 60 |
| Figura 4.6 c Costo de Mantenimiento CRV (%)…………………………….. | 61 |
| Figura 4.6 d Costo de Mantenimiento……………………………………..… | 61 |
| Figura 4.6 e Número Total de Fallas > a 10 minutos………………….…… | 62 |
| Figura 4.7 a Productividad Perdida en Horas………………………………. | 64 |
| Figura 4.7 b Productividad Perdida en Toneladas……………………….… | 64 |
| Figura 4.7 c Productividad Perdida en Dólares…………………………..… | 65 |
| Figura 4.8 Arbol de Pérdidas………………………………………..…...… | 66 |
| Figura 4.9 Pareto de Sistema de Dosificación…………………………… | 67 |
| Figura 4.10 Lay Out del Area de Envase………….…………………..…… | 70 |
| Figura 5.1 a Recuperación de Tiempos Perdidos……………………….…. | 92 |
| Figura 5.1 b Recuperación del Tonelaje Perdido…………………………... | 92 |
| Figura 5.1 c Recuperación de Dólares Perdidos………….……………...… | 93 |

**INDICE DE TABLAS**

 Pág.

|  |  |
| --- | --- |
| Tabla 1 Técnica Por qué - Por qué……………………………….…….…. | 31 |
| Tabla 2 Técnica 5 Por qué (5W) y 1 Cómo (1H)……………………….… | 33 |
| Tabla 3 Técnica LUP…………………………………………………….….. | 34 |
| Tabla 4 Plan Maestro………………………………..…………………….… | 56 |
| Tabla 5 Registro de equipo…………………………………………………. | 56 |
| Tabla 6 Listado de equipos por su criticidad……………………………... | 58 |
| Tabla 7 Aplicación del Mantenimiento por criticidad………………….…. | 59 |
| Tabla 8 Resumen de Pérdidas por fallas en envasadoras HAMAC…… | 65 |
| Tabla 9 Pareto del Sistema de Dosificación……………………………… | 66 |
| Tabla 10 Registro del Tema………………………………………………….. | 69 |
| Tabla 11 Análisis 5W-1H……………………………………………………... | 70 |
| Tabla 12 Análisis Por qué - Por qué………………………………..……….. | 71 |
| Tabla 13 Plan de Acción Específico……………………………………….... | 73 |
| Tabla 14 Antes y Después de la Mejora………………………………….… | 74 |
| Tabla 15 Detalle de la Implementación de la Mejora……………………... | 78 |
| Tabla 16 Hoja de Verificación de Resultados de Mejora Implementada... | 83 |
| Tabla 17 Plan de Mantenimiento Preventivo………………………………. | 84 |
| Tabla 18 Antes y Después de la Mejora……………………………………. | 91 |
| Tabla 19 Detalle de Implementación de la Mejora………………………… | 91 |