

RELACIÓN DEL TPM Y LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE
MANTENIMIENTO APLICADO A UNA EMPRESA DE BENEFICIO DE
MINERALES NO METÁLICOS

OSCAR ANDRÉS FIGUEROA ZULETA

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2008

RELACIÓN DEL TPM Y LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE
MANTENIMIENTO APLICADO A UNA EMPRESA DE BENEFICIO DE
MINERALES NO METÁLICOS

OSCAR ANDRÉS FIGUEROA ZULETA

Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico

Asesor:

Gustavo Adolfo Villegas

Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2008

Nota de aceptación

Jurado

Jurado

Medellín, Junio de 2008

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a todas las personas que siempre estuvieron acompañándome y brindándome toda la ayuda. También a quienes no, porque sin querer me ayudaron a adquirir la tenacidad para vivir.

A mis padres, por el constante apoyo y desprendimiento, a mi familia por la ayuda y acompañamiento y a mi novia, por todos los momentos que espero se repitan toda la vida.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Juan David Rivas Medina y todas las personas del departamento de mantenimiento de SUMICOL S.A. por su ayuda para que este proyecto cumpliera con todos los objetivos, por darme su voto de confianza para implementarlo libremente en una empresa tan importante.

Al Ing. Gustavo Villegas por darme el apoyo en la concepción de este proyecto.

A mi novia por aprender de Ingeniería Mecánica durante estos años, de forma desinteresada, aunque esta no fuera su profesión; con el único fin de ayudarme. Por los momentos de sacrificio cuando no pude ayudarle y acompañarla, debido a mis estudios.

A Dios y toda mi familia, porque sin su ayuda incondicional no estuviera escribiendo esto.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
0 PRÓLOGO.....	19
0.1 INTRODUCCIÓN.....	19
0.2 JUSTIFICACIÓN	20
0.3 ANTECEDENTES	22
0.4 OBJETIVO GENERAL.....	26
0.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
0.5.1 Objetivo 1	26
0.5.2 Objetivo 2	26
0.5.3 Objetivo 3	26
0.5.4 Objetivo 4	26
1 INFORMACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL A TENER EN CUENTA CON RELACIÓN A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN ...DE MANTENIMIENTO.....	27
1.1 OBJETIVO.....	27
1.2 INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	27
1.3 PILARES DEL <i>TPM</i>	29
1.3.1 Pilar de seguridad y medio Ambiente	29
1.3.2 Pilar de mejoras enfocadas	30
1.3.3 Pilar de mantenimiento autónomo	30
1.3.4 Pilar de mantenimiento planeado	30
1.3.5 Pilar de educación y entrenamiento	30
1.3.6 Pilar de gestión temprana.....	31
1.3.7 Pilar de mantenimiento de calidad.....	31
1.3.8 Pilar de mantenimiento en áreas administrativas	31

1.4	RELACIÓN DE LOS PILARES DEL <i>TPM</i> Y LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO	31
1.5	PILAR DE MEJORAS ENFOCADA Y LOS <i>CMMS</i>	32
1.5.1	Indicadores de mejora de la productividad del personal.....	32
1.5.2	Indicadores de mejoras de productividad del equipo.....	33
1.5.3	Paso 0. Selección del tema de mejora.	37
1.5.4	Paso 1. Comprender la situación.....	39
1.5.5	Paso 2. Descubrir y eliminar anomalías.	39
1.5.6	Paso 3. Analizar causas.	41
1.5.7	Paso 4. Plan de mejora	41
1.5.8	Paso 5. Implantar mejora	42
1.5.9	Paso 6. Chequear resultados	43
1.5.10	Paso 7. Consolidar beneficios	44
1.6	PILAR DE GESTIÓN TEMPRANA Y LOS <i>CMMS</i>	45
1.6.1	Paso 1: Investigar y analizar la situación existente	46
1.6.2	Paso 2: Establecer un sistema de gestión temprana.....	47
1.7	PILAR DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO Y LOS <i>CMMS</i>	48
1.7.1	Paso 1. Realizar limpieza inicial	52
1.7.2	Paso 2. Eliminación de fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso	53
1.7.3	Paso 3. Establecer estándares de limpieza, lubricación y ajuste.	53
1.7.4	Paso 5. Realizar inspecciones generales de los equipos.....	55
1.7.5	Paso 6. Mantenimiento autónomo sistemático.	55
1.7.6	Paso 7. Práctica plena de la autogestión	56
1.8	PILAR DE MANTENIMIENTO PLANEADO Y LOS <i>CMMS</i>	56
1.8.1	Paso 1: Evaluar el equipo y comprender la situación actual.	63
1.8.2	Paso 2. Revertir el deterioro y corregir debilidades	65
1.8.3	Paso 3: Crear un sistema de gestión de información	65
1.8.4	Paso 4. Crear un sistema de mantenimiento periódico	67
1.8.5	Paso 5: Crear un sistema de mantenimiento predictivo	69

1.8.6	Paso 6. Evaluar el sistema de mantenimiento planeado	70
1.9	RESUMEN DEL CAPITULO	70
2	ASPECTOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO ...QUE AFECTAN LA PARAMETRIZACIÓN EN BASE AL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	72
2.1	OBJETIVO	72
2.2	INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO	72
2.3	Aspectos del sistema de información de mantenimiento que afectan la parametrización en base al <i>TPM</i>	75
2.3.1	Caracterización de los campos de información de las solicitudes de servicio u órdenes de trabajo	77
2.3.2	Caracterización de los campos de información de la ficha de mantenimientos planeados	84
2.3.3	Caracterización de los campos de información del registro de equipos.	86
2.3.4	Caracterización de los campos de información de repuestos	90
2.3.5	Caracterización de los campos de información de mano de obra. ...	92
2.4	RESUMEN DEL CAPITULO	93
3	CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES Y REPORTES DE TPM A PARTIR DEL CMMS	94
3.1	OBJETIVO	94
3.2	INTRODUCCIÓN	94
3.3	INDICADORES DE <i>TPM</i>	96
3.4	INDICADORES DE MANTENIMIENTO QUE AYUDAN A AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS	99
3.4.1	Gravedad de fallos	101
3.4.2	Relación de mantenimiento planeado versus mantenimiento de emergencia	103
3.4.3	Número de paradas por averías	104

3.4.4	Tiempo medio entre fallos	105
3.4.5	Tiempo medio para reparar	106
3.4.6	Cálculo del indicador de tiempo medio entre fallos desde el <i>CMMS</i>	108
3.4.7	Cálculo del indicador de tiempo medio para reparar desde el <i>CMMS</i>	110
3.4.8	Cumplimiento del programa de mantenimiento programado.....	113
3.4.9	Tasa de Costos de Mantenimiento	115
3.4.10	Costos de inventario de repuestos	119
3.5	RESUMEN DEL CAPITULO.....	122
4	APLICACIÓN DE LAS RELACIONES ENTRE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO Y EL TPM EN SUMICOL S.A.	124
4.1	OBJETIVO.....	124
4.2	INTRODUCCIÓN.....	124
4.3	APLICACIÓN DE CONCEPTOS DEL <i>TPM</i>	124
4.4	RESUMEN DEL CAPITULO.....	133
5	CONCLUSIONES	134
5.1	PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES PARA OTROS PROYECTOS	136
6	BIBLIOGRAFÍA.....	137
7	CIBERGRAFÍA	138

TABLA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Esquema de flujo de información.....	23
Ilustración 2. Pilares del <i>TPM</i> considerados por el <i>JIPM</i>	29
Ilustración 3. Formato para el reporte de tiempo del personal	33
Ilustración 4. Formato para el reporte de tiempo de paro del equipo.....	34
Ilustración 5. Jeraquizacion de equipos	35
Ilustración 6. Formato de registro de identificación de plantas	36
Ilustración 7. Formato de registro de identificación de localizaciones.....	36
Ilustración 8. Formato de registro de identificación de equipos	36
Ilustración 9. Extracto del formato de registro de identificación de equipos.....	37
Ilustración 10. Formato reporte de unidades de operación.....	39
Ilustración 11. Extracto de una orden de trabajo y registro de mantenimiento.	40
Ilustración 12. Extracto del registro de mantenimiento.....	41
Ilustración 13. Consulta de equipos en un <i>CMMS</i>	43
Ilustración 14. Formato para una nueva tarea de mantenimiento planeado	45
Ilustración 15. Forma de enlazar la información a un equipo en el <i>CMMS</i>	47
Ilustración 16. Extracto de una orden de trabajo.....	49
Ilustración 17. Registro de repuestos.....	51
Ilustración 18. Registro de identificación de equipos	51
Ilustración 19. Tarjeta Fugai	52

Ilustración 20. Formato de lección de un punto	53
Ilustración 21. Formato de registro de empleados	58
Ilustración 22. Actividades de mantenimiento especializado	59
Ilustración 23. Maestro de modos de operación	60
Ilustración 24. Maestro de unidades de condición	61
Ilustración 25. Reporte de estándares de mantenimiento preventivo	62
Ilustración 26. Pasos para la creación de un sistema de mantenimiento planeado	63
Ilustración 27. Extracto de identificación de equipos	65
Ilustración 28. Formato de una tarea de mantenimiento predictivo.....	69
Ilustración 29. Un sistema de información, estructura y niveles.....	73
Ilustración 30. Ubicación del <i>CMMS</i> en el contexto corporativo de información ...	74
Ilustración 31. Relaciones del <i>CMMS / ERP / EAM</i>	75
Ilustración 32. Aportes de información frecuentes de mantenimiento.....	76
Ilustración 33. Formato de una orden de trabajo y registro de mantenimiento.	78
Ilustración 34. Tarea de mantenimiento preventivo	84
Ilustración 35. Identificación de equipos	87
Ilustración 36. Formato de registro de repuestos.....	90
Ilustración 37. Formato de registro de empleados	92
Ilustración 38. Reporte de tiempos de paro.	100
Ilustración 39. Reporte de unidades de operación.....	100
Ilustración 40. Depuración de las tablas para el indicador gravedad de fallos....	101
Ilustración 44. Transformación de datos para el indicador de gravedad de fallos	102

Ilustración 42. Tabla final con los datos para el indicador de gravedad de fallos	102
Ilustración 46. Evolución de la gravedad de fallos en el tiempo.....	102
Ilustración 47. Transformación de datos para el indicador de relación entre mantenimiento planeado y de emergencia	103
Ilustración 48. Tabla final con los datos para el indicador de relación entre mantenimiento planeado y de emergencia	104
Ilustración 49. Evolución de la relación de mantenimiento planeado y de emergencia.	104
Ilustración 50. Tabla final con los datos para el indicador de número de paros..	105
Ilustración 48. Evolución del número de paros acumulado por equipo.....	105
Ilustración 52. Tiempos de fallas, de funcionamiento y demás que impiden la funcionalidad o no del sistema o equipo	106
Ilustración 53. Tabla depurada para el cálculo del <i>MTBF</i>	108
Ilustración 54. Transformación de datos para el <i>MTBF</i>	109
Ilustración 55. Tabla final para almacenar los resultados del <i>MTBF</i>	109
Ilustración 56. Evolución del <i>MTBF</i> en el tiempo	110
Ilustración 57. Extracto de una orden de trabajo y registro de mantenimiento ...	111
Ilustración 58. Reporte de tiempos de reparación.....	111
Ilustración 59. Depuración de las tablas para el cálculo del <i>MTRR</i>	111
Ilustración 60. Transformación de datos para el cálculo del <i>MTTR</i>	112
Ilustración 61. Tablas para almacenar resultados del <i>MTTR</i>	112
Ilustración 62. Evoluciona del <i>MTTR</i> en el tiempo.....	113
Ilustración 66. Ficha de actividades planeadas.....	113

Ilustración 67. Depuración de datos para el indicador de cumplimiento de actividades planeadas	114
Ilustración 68. Tabla de cálculo de cumplimiento de actividades planeadas	114
Ilustración 69. Resultados del indicador de cumplimiento de actividades.....	114
Ilustración 70. Evolución del cumplimiento de actividades planeadas.....	115
Ilustración 71. Reporte de tiempos de paro.	116
Ilustración 72. Reporte de tiempo del personal.....	116
Ilustración 73. Registro de repuestos.....	116
Ilustración 74. Reporte de repuestos consumidos por equipo	117
Ilustración 75. Registro de empleados.....	117
Ilustración 76. Reporte de tiempos de paro.	117
Ilustración 77. Depuración de datos para indicador de costos.....	118
Ilustración 78. Cálculo de costos de mantenimiento	118
Ilustración 79. Tabla con los resultados de los costos de mantenimiento.....	118
Ilustración 80. Evolución de los costos acumulados de mantenimiento.....	119
Ilustración 83. Reporte de artículos del almacén.	120
Ilustración 84. Registro de repuestos.....	120
Ilustración 85. Depuración de datos del indicador de reducción de artículos del almacén	121
Ilustración 86. Tabla con cálculos de los costos de artículos en el almacén	121
Ilustración 87. Tabla de resultados de costos de artículos en el almacén	122
Ilustración 88. Evolución de la reducción de costos de artículos en el almacén .	122
Ilustración 89. Registro de mantenimiento del equipo utilizado en <i>TPM</i>	125

Ilustración 90. Registro de mantenimiento utilizado en el CMMS	126
Ilustración 91. Complemento del registro de mantenimiento utilizado en el <i>CMMS</i>	126
Ilustración 92. Maestro de clases de paro del <i>CMMS</i>	127
Ilustración 93. Maestro de prioridades del <i>CMMS</i>	128
Ilustración 94. Maestro de códigos de planificador del <i>CMMS</i>	128
Ilustración 95. Maestro de códigos de supervisor del <i>CMMS</i>	128
Ilustración 96. Comentarios de reparación	129
Ilustración 97. Registro del tiempo de los empleados.....	129
Ilustración 98. Maestro de localizaciones del CMMS.....	129
Ilustración 99. Registro de equipos del <i>CMMS</i>	130
Ilustración 100. Información complementaria del registro de equipos del <i>CMMS</i>	130
Ilustración 101. Maestro de modos de operación del <i>CMMS</i>	131
Ilustración 102. Formato para el registro de tareas de mantenimiento preventivo.....	131
Ilustración 103. Instrucciones de tareas planeadas	131
Ilustración 104. Ficha de actividades de mantenimiento planeado	132
Ilustración 105. Extracto del registro de artículos	132
Ilustración 106. Lista de repuestos asociados a un equipo.....	132

TABLA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Pérdidas principales y temas de mejora	34
Tabla 2. Criterios de evaluación de criticidad	38
Tabla 3. Actividades de mantenimiento principales y temas de mejora	48
Tabla 4. Clasificación de equipos	57
Tabla 5. Posibles criterios para asignar criticidades de equipos.....	64
Tabla 6. Relación de campos del registro de averías de <i>TPM</i> y el <i>CMMS</i>	127

TABLA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Calculo del EGE	96
Ecuación 3. Gravedad de fallos	101
Ecuación 4. Relación entre mantenimiento planeado y de emergencia.....	103
Ecuación 5. Número de paros.....	104
Ecuación 6. Tiempo medio entre fallos	106
Ecuación 7. Tiempo medio para reparar	106
Ecuación 8. Tiempo medio entre fallos	108
Ecuación 9. Tiempo promedio para reparar.....	110
Ecuación 11. Cumplimento del programa de mantenimiento programado	113
Ecuación 12. Tasa de costos de mantenimiento	115
Ecuación 15. Costos de inventarios de repuestos	119

0 PRÓLOGO

0.1 INTRODUCCIÓN

Debido a la propia naturaleza de la era industrial y a la competencia empresarial, las organizaciones modernas deben precisar ser competitivas para mantenerse en el mercado.

Entre los aspectos en los cuales la empresa se debe centrar para lograr asegurar lo anterior, se encuentra una buena administración del mantenimiento que garantice la mayor disponibilidad operacional posible, la máxima utilización de los equipos, alargamiento de la vida útil, mayor nivel de automatización de equipos y procesos, optimización de costos al mínimo aceptable e información clara y precisa que apoye la gestión empresarial. Todo esto respetando las condiciones de trabajo y seguridad del personal (CERO AVERIAS@¹ 2007).

Por esta razón surgió el Mantenimiento productivo total (*TPM* por sus siglas en ingles) en el Japón; gracias a los esfuerzos del Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (*JIPM@* 2007).

El *TPM* es conjunto ordenado de actividades, que una vez implementadas ayudan a mejorar la competitividad industrial o de servicios. El *JIPM* define el *TPM* como un sistema orientado a lograr cero accidentes, cero defectos y cero averías (CERO AVERIAS@ 2007).

Estas actividades conducen a la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimos costos de producción, alta moral en el trabajo y una imagen de

¹ @, símbolo para citar referencia extraídas desde Internet.

excelencia empresarial. No sólo deben participar las áreas productivas, se debe buscar la eficiencia global con la participación de todas las personas de todos los departamentos de la empresa. Para poder implementar estas metodologías, se debe analizar las diferentes actividades y los factores que entre sí forman el flujo de procesos de un área de servicios. Entre estos factores se encuentran la mano de obra, información, capital, energía, materiales y herramientas. De tal forma que el proceso de toma de decisiones en mantenimiento involucra el manejo de gran cantidad de información que permite conocer el estado de los trabajos, evaluar el funcionamiento de los equipos y costear las intervenciones, evaluar riesgos, entre otros (CERO AVERIAS@ 2007).

Esto requiere procesos de mantenimiento que mediante el uso de herramientas informáticas faciliten la toma de decisiones, a través del suministro de información (SOPORTE Y CIA@ 2007).

Estas herramientas permiten que los procesos estén integrados para suministrar información confiable y oportuna para el desarrollo de la gestión y la toma de decisiones acertadas. Un sistema de información de mantenimiento más que un software, es una metodología de gestión y administración de mantenimiento (SOPORTE Y CIA@ 2007).

0.2 JUSTIFICACIÓN

Debido a las grandes ventajas que brinda a las organizaciones trabajar con la metodología *TPM*, muchas empresas ven la necesidad de implementarla en todas las áreas de la empresa, entre ellas el departamento de mantenimiento.

El *TPM* necesita almacenar gran volumen de información y dado que la gestión de la información es de gran importancia para aumentar las ventajas competitivas, promover fuertemente el proceso de aprendizaje dentro de las empresas y

teniendo en cuenta que las etapas básicas del *TPM* se apoyan en el registro y conservación de la experiencia adquirida por los trabajadores en el cuidado y conservación de los equipos, “cada reparación e inspección de un equipo se constituye en un proceso de generación de conocimiento” (SOPORTE Y CIA@ 2007).

Pero sin embargo, es frecuente en las empresas observar que éste conocimiento se pierde por la falta de registros. En otras empresas “el dato” existe pero no genera información por falta de interpretación (SOPORTE Y CIA@ 2007).

Si no existe información, no existirá la posibilidad de generarse conocimiento. El *TPM* requiere realizar un plan de formación y de obtención de conocimiento.

Debido a que muchas empresas cuentan con un sistema de información de mantenimiento que se debe relacionar con el *TPM* de forma eficiente; y además, el *TPM* requiere información para poder medir la gestión de mantenimiento; surge la iniciativa de un proyecto, donde se realice una serie de actividades encaminadas a relacionar el *TPM* con los sistemas de información de mantenimiento y así, servir de guía para la parametrización del sistema de información y la construcción de reportes e indicadores.

SUMICOL S.A., es una empresa de la Organización Corona, dedicada a brindar soluciones competitivas a las industrias cerámicas, de la edificación, del vidrio, de la pintura y del papel, mediante el suministro asegurado de insumos con base en minerales no metálicos, servicios técnicos y productos semielaborados, con la calidad requerida por los usuarios finales (CORONA@ 2007).

Debido a que SUMICOL S.A. está en un proceso de implantación del *TPM* y adicionalmente ya cuenta con un sistema de información de mantenimiento que ayudará a la gestión del *TPM*, pero que no está parametrizado, ni el personal está

capacitado para que funcione con esta metodología, éste proyecto sirve como guía para realizar este proceso de empalme eficiente.

0.3 ANTECEDENTES

Muchas empresas entre sus estrategias organizacionales han decidido adoptar el *TPM* como una excelente metodología de trabajo en sus dependencias.

Una de las principales dependencias de las empresas es Mantenimiento, el cual es el encargado de mantener los equipos en condiciones donde brinden la mayor disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, a costos mínimos y respetando las condiciones de seguridad de los empleados.

Cuando se requiere implementar una metodología como el *TPM*, una de las principales necesidades es almacenar y obtener información útil para gestionar la actividad de forma objetiva (CONGESTION@ 2007).

Esta información para mantenimiento son: aspectos técnicos y económicos, planes de mantenimiento, control de trabajos, diagnóstico de condición de equipos y estadísticas de comportamiento y falla (CLUB DE MANTENIMIENTO@ 2007).

Si la información no se tiene en cuenta porque, al parecer de algunos, no es necesaria, no se convertirá de dato a información valiosa para el negocio y nunca se podrá realizar comparaciones con otras organizaciones y mediciones globales de la gestión.

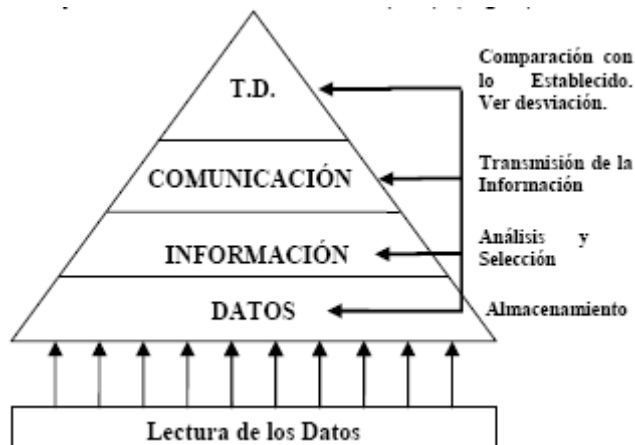
El mantenimiento al buscar entonces almacenar toda la información concerniente a los equipos, los procesos, los empleados y demás; lo que pretende principalmente es realizar una buena gestión, no almacenar por almacenar. Esta buena gestión debe ser basada en planeación y programación.

Para poder realizar las actividades de forma programada, uno de los principales componentes es un software para la gestión de mantenimiento. Este software debe ser aplicable a cualquier tipo de empresa que cuente con módulos integrados para el manejo de almacenes, compras, facturas, y algunas aplicaciones para el manejo de proyectos, herramientas, presupuestos, catálogos, planos, indicadores de gestión, emisión de reportes y control de autorizaciones (SOPORTE Y CIA@ 2007).

Un error común que muchas compañías cometen al adquirir un sistema de información, es pretender aplicarlo de la misma forma como se realizan los procedimientos o procesos actuales en vez de mejorar lo que ya se está haciendo.

Igualmente muchas empresas al implementar *TPM* consideran que es el sistema de información el que se debe acomodar a el *TPM*; cuando lo que debe suceder es una interacción o relación entre ambos, donde la gestión sea la más beneficiada y no una de las dos metodologías implementadas. Se debe aclarar que los sistemas de información normalmente tienen flexibilidad para adaptarse a las tendencias de los negocios.

Ilustración 1. Esquema de flujo de información



CONGESTION@ 2007

Dado que el mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los equipos, construcciones civiles e instalaciones; éste se debe considerar como un medio fundamental para lograr los objetivos estipulados por las organizaciones y de paso obtener los siguientes beneficios (Mora, 2006, 39).

Para lograr los objetivos las industrias se ven obligadas a transformar sus estructuras organizacionales, contemplando un desarrollo permanente de las áreas productivas

El *TPM* es sinérgico con otras estrategias de mejora de las operaciones como el sistema de producción justo a tiempo, calidad total, calidad administrativa, seis sigma, modelos de certificación de sistemas de calidad y especialmente la gestión del conocimiento industrial (CERO AVERIAS @ 2007).

Recientemente las organizaciones industriales y de servicios se han venido preocupando por el proceso de creación, conservación, distribución y utilización del conocimiento como una forma de lograr transformaciones efectivas y fortalecer sus posiciones en mercados cada vez más complejos.

En el actual ambiente dinámico, los movimientos tecnológicos, políticos y cambios en las condiciones de mercados generan condiciones de incertidumbre. Dentro de este escenario, numerosas empresas están desarrollando capacidades de aprendizaje y creación de conocimiento en toda la empresa (CERO AVERIAS@ 2007).

Para poder implementar estas metodologías, se debe analizar las diferentes actividades y los factores combinados que entre sí forman el flujo de procesos de un área de servicios. Entre estos factores se encuentran la mano de obra, información, capital, energía, materiales y herramientas. De tal forma que el proceso de toma de decisiones en mantenimiento, involucra el manejo de gran

cantidad de información que permite conocer el estado de los trabajos, evaluar el funcionamiento de los equipos y costear las intervenciones, evaluar riesgos, entre otros (SOPORTE Y CIA@ 2007).

Las áreas de mantenimiento deben tener herramientas que permitan que los procesos estandarizados (escritos, sistematizados, o no escritos), estén integrados, agrupados a procesos para suministrar información confiable y oportuna para el desarrollo de la gestión y la toma de decisiones acertadas. Por esto las áreas de mantenimiento deben gestionar su actividad con la ayuda de un sistema de información de mantenimiento, pero sabiendo que más que un software, es una metodología de gestión y administración de mantenimiento (SOPORTE Y CIA@ 2007).

Los *software* de mantenimiento *CMMS*² de alto nivel son aparentemente similares en contenido, se diferencian por la profundidad de la información de algunos registros y funciones, capacidad de apoyo e innovación. El aspecto principal de un software para la gestión de mantenimiento es que sea aplicable a cualquier empresa; debe contar con módulos integrados para el manejo de almacenes, compras, facturas, y algunas aplicaciones para el manejo de proyectos, herramientas, presupuestos, catálogos, planos, indicadores de gestión, emisión de reportes y control de autorizaciones.

Los indicadores de mantenimiento y los sistemas de información asociados, permiten evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos, dispositivos y componentes de una manera efectiva, logrando así implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar la labor de mantenimiento (REY@ 2007).

² Sigla en Ingles, *Computererized Maintenance Managment System*.

0.4 OBJETIVO GENERAL

Relacionar el *TPM* y los sistemas de información de mantenimiento y aplicarlo en una empresa de beneficio de minerales no metálicos.

0.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A continuación se presentan los objetivos específicos:

0.5.1 Objetivo 1

Determinar qué información del *TPM* se debe tener en cuenta para el sistema de información de mantenimiento.

0.5.2 Objetivo 2

Determinar los aspectos del sistema de información de mantenimiento que afectan la parametrización en base al *TPM*.

0.5.3 Objetivo 3

Realizar el esquema con las actividades necesarias para la construcción de reportes o cubos de información, que sirvan de guía para la realización de gráficas, indicadores y reportes necesarios del *TPM*.

0.5.4 Objetivo 4

Aplicar las relaciones entre los sistemas de información de mantenimiento y el *TPM* en el área de mantenimiento de SUMICOL S.A.

1 INFORMACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL A TENER EN CUENTA CON RELACIÓN A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO

1.1 OBJETIVO

Determinar qué información del *TPM* se debe tener en cuenta para el sistema de información de mantenimiento.

1.2 INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Al terminar la segunda guerra mundial, las industrias japonesas ven la necesidad y el reto de producir artículos de calidad más baratos, reduciendo los costos de producción, buscando una alta participación en el mercado y mayor competitividad (Parado y otros, 2004, 16).

Por esto el gobierno creó el *JMA*³ con el fin de mejorar la eficiencia de sus plantas productivas. Su misión estaba dirigida a investigar y desarrollar modelos de fabricación funcionales, más adelante se reorganizó con el objetivo de compartir información y experiencias vividas por medio de seminarios y consultorías. En 1969 el *JMA* se transforma en el *JIPE*⁴ y en 1981 en el *JIPM* (Parado y otros, 2004, 16).

Se diseñaron actividades para llegar al concepto de prevención del mantenimiento, basándose en ideas de control de calidad, ciclo *Deming* y otros conceptos de gestión americana. La fusión de estas actividades buscaban la mejora de los equipos en todo el ciclo de vida: diseño, construcción y puesta en

³ Sigla en Ingles, *Japan Management Association*

⁴ Sigla en Ingles, *Japan Institution of Plant Engineers*

marcha de los equipos productivos eliminando actividades de mantenimiento (CERO AVERIAS@ 2007).

En los sesenta en las empresas japonesas se incorporó el concepto *Kaizen* o mejora continua, esto significó que corregir las averías no era solo función de mantenimiento; sino de todos los trabajadores de la empresa (CERO AVERIAS@ 2007).

En los ochenta se introdujo el modelo de mantenimiento basado en el tiempo (*MBT*, por sus siglas en inglés) y mantenimiento centrado en la fiabilidad (*RCM*, por sus siglas en inglés) que mejoró la eficiencia de las acciones preventivas de mantenimiento (CERO AVERIAS@ 2007).

Al fusionar todas estas herramientas y modelos gestión de mantenimiento participativo, y aplicarlo en varias empresas, surge el término *TPM*, definido por el *JIPM* como:

“El *TPM* se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye “cero accidentes, cero defectos, y cero fallas” en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos” (JIPM@ 2007).

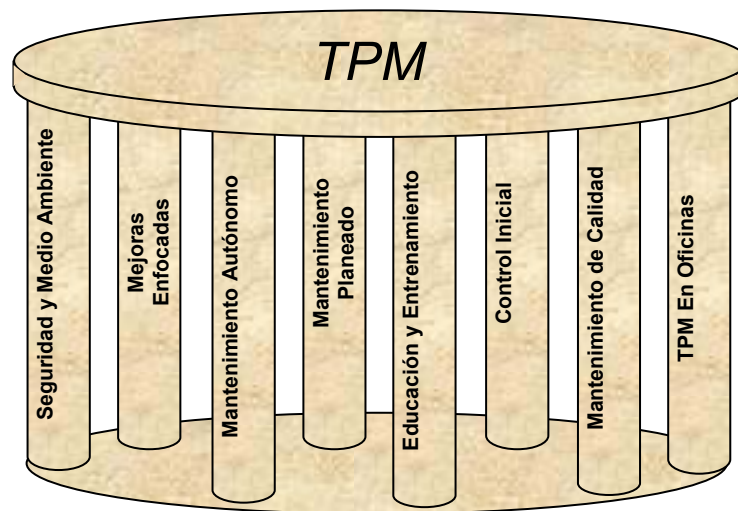
El *JIPM* propone como modelo de *TPM* utilizar pilares específicos para diferentes acciones, las cuales se deben implantar en forma gradual y progresiva, asegurando cada paso dado mediante acciones de autocontrol del personal que interviene (Parado y otros, 2004, 22).

Por este motivo este proyecto se centra en el estudio de las variables de los pilares del *TPM* que tienen relación con los sistemas de información de mantenimiento.

1.3 PILARES DEL *TPM*

Los pilares son los procesos fundamentales del *TPM*; sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Éstos se implantan con una metodología estructurada.

Ilustración 2. Pilares del *TPM* considerados por el *JIPM*



GPI@ 2008

1.3.1 Pilar de seguridad y medio Ambiente

Su propósito es crear un sistema de gestión integral de seguridad para lograr cero accidentes, cero contaminaciones y un sitio de trabajo seguro y agradable. Previene riesgos que afectan la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente (WIKILEARNING @ 2007).

1.3.2 Pilar de mejoras enfocadas

Su objetivo es maximizar la efectividad global de equipos, procesos y plantas a través de un trabajo organizado en equipos funcionales e interfuncionales comprometidos en el proceso productivo. Se emplea una metodología específica y centra su atención en la eliminación de cualquier pérdida existente (CERO AVERIAS@ 2007).

1.3.3 Pilar de mantenimiento autónomo

Su propósito es involucrar al operador en el cuidado de los equipos a través de actividades de mantenimiento. Se necesita un alto grado de formación, conocimiento y preparación técnica respecto a las condiciones de operación de los equipos y conservación del sitio de trabajo seguro y agradable (CERO AVERIAS@ 2007).

1.3.4 Pilar de mantenimiento planeado

Su objetivo es eliminar los problemas de los equipos, por medio de acciones de mejora, prevención y predicción. Para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento es necesario contar con bases de información, obtención de conocimiento a partir de los datos, capacidad de programación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades (CERO AVERIAS@ 2007).

1.3.5 Pilar de educación y entrenamiento

Considera todas las acciones que se deben realizar para el desarrollo de habilidades que permitan lograr altos niveles de desempeño de las personas en su trabajo. Emplea técnicas utilizadas en mantenimiento autónomo, mejoras enfocadas y herramientas de calidad.

1.3.6 Pilar de gestión temprana

Su objetivo es realizar mejoras en la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos, buscando reducir los costos de mantenimiento durante su utilización. Al adquirir nuevos equipos se hace uso de su historial, identificando posibles mejoras en el diseño y reducir las causas de averías desde comienzo del ciclo de vida (ACTION GROUP@ 2007).

1.3.7 Pilar de mantenimiento de calidad

Su objetivo es el cuidado de las condiciones del producto resultante, mediante la reducción de la variabilidad, controlando las condiciones de los componentes y del equipo que influyen en la calidad del producto. Muchas veces se entiende que los equipos producen problemas cuando fallan y se detienen, sin embargo, se pueden presentar pérdidas debido al cambio de las características de calidad del producto final (ACTION GROUP@ 2007).

1.3.8 Pilar de mantenimiento en áreas administrativas

Su objetivo es apoyar el proceso productivo a través del suministro de información. Las áreas administrativas no producen un valor directo como producción, pero facilitan y ofrecen el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione eficientemente (ACTION GROUP@ 2007).

1.4 RELACIÓN DE LOS PILARES DEL *TPM* Y LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO

En este trabajo se trataran los pilares de mantenimiento autónomo, mantenimiento planeado y mejoras enfocadas.

1.5 PILAR DE MEJORAS ENFOCADA Y LOS CMMS

La mejora enfocada surge a diferencia del mejoramiento continuo ya que no se realizan todas las posibles mejoras en el trabajo de forma rutinaria. Las personas se quejan de no disponer de los recursos necesarios o no disponer de tiempo para realizarlas, por lo tanto los problemas difíciles permanecen sin solución y continúan las pérdidas y se ve más remota la mejora. Es importante que la mejora enfocada no desplace las actividades de mejora continua, especialmente las que surgen del mantenimiento autónomo (Suzuki, 1995, 45).

La mejora enfocada busca eliminar toda clase de pérdidas. El método adoptado por el *TPM* para identificar y cuantificar estas pérdidas se centra en examinar las entradas de producción, que son equipos, materiales, personas y métodos, como causas y se considera como pérdida cualquier deficiencia de estas entradas.

Los resultados se evalúan cuantitativamente por medio de las salidas y se evidencia por medio de indicadores (Suzuki, 1995, 47).

1.5.1 Indicadores de mejora de la productividad del personal

- Reducción del tiempo de trabajo manual (horas)
- Reducción del tiempo de lubricación y chequeo
- Reducción del tiempo de ajustes
- Reducción del tiempo de preparaciones y cambio de útiles

Para realizar éstos indicadores se requiere que en el *CMMS* se pueda ingresar información del tiempo real utilizado por operarios y mecánicos en tareas manuales de lubricación y chequeo, tiempo de preparaciones y ajustes que requieran órdenes de trabajo para mantenimiento y tiempos estándares parametrizados para tareas de mantenimiento autónomo, las tareas estándares deben tener una frecuencia fija, y deben estar registradas en los registros de

mantenimiento planeado y autónomo, algunas en las matrices de mantenimiento basado en tiempo y otras en los estándares de mantenimiento autónomo.

Ilustración 3. Formato para el reporte de tiempo del personal

REPORTE DE TIEMPO DEL PERSONAL PARA EL EQUIPO A019-001					
FECHA	ORDEN DE TRABAJO	CÓDIGO EMPLEADO	TIEMPO UTILIZADO	TIPO DE TAREA	TAREA
15/08/2007	O.T 00001	MEC001	2	Ajuste	1
18/08/2007	O.T 00002	MEC018	1,5	Cambio	1
22/08/2007	O.T 00003	MEC010	1	Lubricación	1
24/08/2007	O.T 00004	MEC009	2	Ajuste	1

Elaboración propia

1.5.2 Indicadores de mejoras de productividad del equipo

- Reducción de las averías súbitas
- Reducción de los fallos de proceso
- Reducción de pequeñas paradas, tiempos en vacío y pequeños ajustes
- Reducción de los tiempos de calentamiento
- Aumento de la disponibilidad
- Aumento de la tasa de rendimiento.

El *CMMS* debe ser capaz de almacenar la información de los diferentes tiempos de paro que afectan la productividad y que están relacionados con actividades que el departamento de mantenimiento debe ejecutar, debido a que la solución la realiza personal técnico calificado. Para llevar esto normalmente los *CMMS* tienen un módulo para registrar todas las órdenes de trabajo.

Si los resultados de la mejora enfocada son presentados de modo gráfico, se hace más fácil su asimilación y seguimiento. Es muy importante que el *CMMS* pueda realizar reportes, así sea sólo en un archivo plano, para luego convertirlos en informes gráficos con ayuda de cualquier programa de hojas de calculo y/o análisis estadístico.

Ilustración 4. Formato para el reporte de tiempo de paro del equipo

REPORTE DE TIEMPO DE PARO PARA EL EQUIPO A019-001					
FECHA	ORDEN DE TRABAJO	CÓDIGO COMPONENTE	TIEMPO DE PARO	TIPO DE TAREA	TAREA
15/08/2007	O.T 00001	A019-001-18	2,5	Ajuste	1
17/08/2007	O.T 00002	A019-001-01	2	Recambio	1
22/08/2007	O.T 00003	A019-001-02	1	Lubricación	1
24/08/2007	O.T 00004	A019-001-01	2,75	Ajuste	1

Elaboración propia

Tabla 1. Pérdidas principales y temas de mejora

Pérdida	Mejora Enfocada
Pérdida de fallos de equipos	Eliminar los fallos mejorando la construcción de los equipos. Información clave para almacenar en el <i>CMMS</i> .
Pérdidas de fallos de proceso	Reducir el trabajo manual
Pérdidas de tiempos en vacío y pequeñas paradas	Aumentar la capacidad de producción reduciendo disfunciones
Pérdidas de velocidad	Incrementar la tasa de rendimiento mejorando el montaje.
Pérdidas de defectos de proceso	Eliminar la contaminación con materias extrañas
Pérdidas de arranque y rendimiento	Reducir las pérdidas de producción normal mejorando el trabajo al arrancar el equipo
Pérdidas de energía	Reducir el consumo de energía en cualquier forma en que se maneje
Pérdidas de defectos de calidad	Eliminar las reclamos de los clientes
Pérdidas por fugas y derrames	Incrementar el rendimiento del producto
Pérdidas de trabajo manual	Automatizar los equipos

Suzuki, 1995, 48

De las 10 grandes pérdidas de la tabla anterior, el *CMMS* debe ser capaz de entregar información que se relacione con ellas de una forma clara, para que el personal de mantenimiento pueda orientar de la mejor forma una anomalía mientras se realiza el proceso de mejora enfocada. En algunos casos las realizar las recomendaciones ingresadas en el *CMMS* pueden hacer que la pérdidas desaparezcan.

Para que la mejora enfocada pueda ser puesta en práctica antes de empezar, los grupos de mejora deben prepararse de diferentes modos. Un tema a prepararse

es reunir fallos, problemas y pérdidas y llevar gráficos de su evolución en el tiempo.

Para el estudio de la relación del *TPM* y los *CMMS* es muy importante que el sistema sea capaz de soportar esta información, que no solo es de importancia para las mejoras enfocadas sino para la medición de la gestión de mantenimiento.

Otra actividad de la mejora enfocada es simplificar los equipos ya que muchas empresas tratando de evitar las pérdidas por averías han instalado unidades de reserva y otros equipos redundantes. Comúnmente estos equipos están parados largos periodos y se dejan degradar.

Por lo tanto en el *CMMS* deben estar todos los equipos y la relación entre ellos; éstos se deben poder agrupar por plantas, líneas, sub-líneas y grupos. Además, sería interesante registrar si el equipo es activo o suplente y registrar cual equipo lo sustituye. A todos los equipos se les debe determinar un modo de operación primario para realizar mantenimiento, pero a los equipos que sean suplentes se les debe determinar también una frecuencia calendario para impedir deterioros causados por corrosión, polvo, suciedad, etc.

Ilustración 5. Jeraquizacion de equipos



Elaboración propia

Ilustración 6. Formato de registro de identificación de plantas

IDENTIFICACIÓN DE PLANTAS	
Identificación de Planta	P001
Nombre	PRODUCTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN
Ciudad	Medellín
País	Colombia

Elaboración propia

Ilustración 7. Formato de registro de identificación de localizaciones

IDENTIFICACIÓN DE LOCALIZACIONES	
Identificación de Localización	L001
Nombre	BODEGA PRODUCTO TERMINADO
Planta	P001
Nombre Planta	PRODUCTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN
Teléfono	(574) 266254

Elaboración propia

Ilustración 8. Formato de registro de identificación de equipos

IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS	
Identificación del Equipo	A019-001
Nombre	MONTACARGA 01
Localización	L001
Nombre Localización	BODEGA PRODUCTO TERMINADO
Línea	ARENAS
Sub - Línea	PRODUCTO EN BIG-BAG
Función	ALMACENAJE DE ESTIBAS
Componentes	A019-001-01 - A019-001-02 - A019-001-03
Criticidad	B - MEDIA
Centro de costos	CST-001
Fabricante	IMP-002
	YALE
Modelo	GP080LJNGBE089
Numero de serie	C813V01521Y
Año de fabricación	2000
Identificación anterior	MTGA- 001
Identificación de activo	M001836
Departamento	LOGÍSTICA
Catálogo	MONTACARGAS YALE
Fecha instalación	2000
Unidades de operación	H - HORAS
Capacidad	1,5 TONELADAS
Equipos asociados	A019-002
Código de estado	ACTIVO
Especialistas	MECÁNICOS
Repuestos	R001-F01 - R001-F02- R001-F80
Tareas de mantenimiento	MEC01 - MEC02 - MEC03 - MEC05 - MEC08

Elaboración propia

Comúnmente la mejora enfocada requiere un alto nivel de tecnología, por lo tanto además de mejorar el nivel de la empresa ayuda a mejorar los estándares de ingeniería. El *TPM* ayuda a detectar desfases tecnológicos y de conocimiento. Entre más completo sea el registro del equipo, mejor es para analizar con que grado de tecnología se cuenta en el parque industrial (Suzuki, 1995, 52).

El *CMMS* debe tener la posibilidad de adicionar hojas de datos para poder agrupar los equipos por fabricante, tipo de tecnología, año de fabricación, año de instalación, etc. Estas hojas deben ser construidas por el usuario dependiendo el grado de detalle que se requiera.

Ilustración 9. Extracto del formato de registro de identificación de equipos

Fabricante	IMP-002
	YALE
Modelo	GP080LJNGBE089
Número de serie	C813V01521Y
Año de fabricación	2000
Identificación anterior	MTGA- 001
Identificación de activo	M001836
Departamento	LOGÍSTICA
Catálogo	MONTACARGAS YALE
Fecha instalación	2000

Elaboración propia

La mejora enfocada debe realizarse paso a paso, documentando el proceso visualmente conforme se procede.

1.5.3 Paso 0. Selección del tema de mejora.

- a. Seleccionar y registrar el tema.
- b. Formar el equipo de proyecto.
- c. Planificar actividades

Para el personal de mantenimiento es de gran importancia estar presente como personal activo dentro de los grupos de mejoras enfocadas, especialmente en la

fase de selección del tema de mejora, ya que posee un conocimiento técnico para asegurar el porque se debe hacer un proceso más complejo en vez de orientarlo hacia una mejora autónoma.

El departamento de mantenimiento debe tener en su *CMMS* la suficiente información con la cual respaldar estadísticamente que el tema a tratar es lo suficientemente crítico ya sea por defectos de repetición de fallos, extensos trabajos de mantenimiento, situaciones peligrosas o situaciones inseguras del equipo.

Para realizar un mejor registro de las anomalías que conducen a mejoras enfocadas, se debe evaluar el grado de dificultad, según criterios preestablecidos (Suzuki, 1995, 54).

Tabla 2. Criterios de evaluación de criticidad

Grado	Criterios de evaluación
A	1. Pérdidas y problemas que afectan muchas áreas
	2. Fuentes principales de derrames y fugas
	3. Problemas serios, urgentes que causan retrasos en entregas y reclamos de los clientes.
	4. Problemas complejos que requieren un alto nivel de tecnología
	5. Mejoras que costarán cierto valor predeterminado.
B	1. Pérdidas y problemas restringidos a un solo departamento, fuentes de contaminación de severidad media.
	2. Corrección de debilidades del equipo tales como resistencia estructural, construcción, materiales, etc.
	3. Mejoras que costarán cierto valor predeterminado.
C	1. Pérdidas que los operarios pueden eliminar con directrices y ayuda.
	2. Mejora los puntos inaccesibles que dificultan la operación de rutina, la inspección y la lubricación.
	3. Eliminar las fuentes de contaminación sin grandes modificaciones del equipo.

Suzuki, 1995, 55

Después de revisar la historia de servicio de los equipos en el *CMMS*, se debe poder justificar porque se presentan repetidas anomalías; sólo sí el grado de

dificultad es alto y se está trabajando en su solución o han fracasado otras alternativas. De no ser así, es un problema que se ha dejado trascender en el tiempo generando pérdidas acumuladas.

Las actividades de mejora se deben registrar y posteriormente se debe realizar el plan para ellas.

1.5.4 Paso 1. Comprender la situación

- a. Identificar procesos cuello de botella
- b. Medir fallos, defectos y otras pérdidas.
- c. Usar líneas de fondo para establecer objetivos

En este paso es donde el *CMMS* tiene gran importancia para poder contabilizar las diferentes fallas y defectos generados durante el periodo que se desee analizar. Es indispensable tener bien estratificado el sistema para poder determinar la máquina cuello de botella de una línea de producción. Para esto se requiere de nuevo el reporte del *CMMS* de tiempo de paro, que se muestran en la Ilustración 4 y el reporte de unidades de operación que se muestra en la Ilustración 10.

Ilustración 10. Formato reporte de unidades de operación

REPORTE DE UNIDADES DE OPERACIÓN PARA EL EQUIPO A019-001				
FECHA	UNIDADES OPERADAS	UNIDADES ACUMULADAS	TIEMPO PARO (DIA)	DISPONIBILIDAD
15/08/2007	5,5	2500	2,5	68,75
16/08/2007	6	2505,5	2	75
17/08/2007	7	2511,5	1	87,5
18/08/2007	5,25	2518,5	2,75	65,625

Elaboración propia

1.5.5 Paso 2. Descubrir y eliminar anomalías.

- a. Sacar a la luz todas las anomalías
- b. Restaurar el deterioro y corregir las pequeñas deficiencias
- c. Establecer las condiciones básicas del equipo.

Las principales pérdidas que generan deterioro o fallo, ocurren por no asegurar las condiciones básicas que garantizan el buen funcionamiento del equipo. Antes de aplicar técnicas analíticas complejas se debe eliminar todas las pequeñas deficiencias y los efectos del deterioro.

Es muy importante que cada vez que se realice una actividad de mantenimiento se registre en el *CMMS* la causa que generó el paro. Esta falla debe estar codificada, para evitar que fallas iguales sean registradas de forma diferente.

Las tarjetas de causa básica de fallo del mantenimiento autónomo se pueden convertir en registros de mantenimiento ya que muchas anomalías están registradas en estos formatos. En la Ilustración 11 se muestra un extracto de una orden de trabajo y registro de mantenimiento, donde el problema encontrado fue ingresado con un código único.

Ilustración 11. Extracto de una orden de trabajo y registro de mantenimiento.

REGISTRO No. O.T. 00002			
ORDEN DE TRABAJO Y REGISTRO DE MANTENIMIENTO			
EQUIPO	A019-001	LÍNEA	ARENAS
COMPONENTE	A019-001-01	SUB-LÍNEA	PRODUCTO EN BIG-BAG
FECHA SOLICITUD	24/08/2007	FECHA REQUERIDA	24/08/2007
PRIORIDAD	A	TIPO PARO	PARO-001
SOLICITA	OPE-001	DESCRIPCIÓN	PARO NO PROGRAMADO
RESPONSABLE	SUP-001		
CÓDIGO PROBLEMA	PRO-001		
DESCRIPCIÓN PROBLEMA	FALTA DE PRESIÓN EN CILINDRO DE LEVANTE		
PLAN TRABAJO	PLAN-001		
TIPO ACTIVIDAD	IMEC-004	MANTENIMIENTO DE AVERÍA	
CÓDIGO REPARACIÓN	REP-001		
DESCRIPCIÓN REPARACIÓN	REVISIÓN SELLO MECÁNICO DE REGULADOR DE PRESIÓN		
CUADRILLA	CUA-001		
OBSERVACIONES	Se encuentra regulador obstruido por sello mecánico deteriorado. Se limpia con líquido penetrante y se cambia el sello mecánico R001-F01. Queda funcionando bien.		
FECHA DE INICIO	24/08/2007	FECHA FIN	24/08/2007
HORA INICIO	08:00:00 a.m.	HORA FIN	10:75:00 a.m.
TIEMPO EJECUCIÓN	2	TIEMPO PARO	2,75

Elaboración propia

1.5.6 Paso 3. Analizar causas.

- a. Estratificar y analizar pérdidas
- b. Aplicar técnicas analíticas.
- c. Emplear tecnología específica, fabricar prototipos, conducir experimentos

Para analizar las causas hay que usar las herramientas analíticas apropiadas. Aquellas que involucren tecnología especial, es apropiado pedir la ayuda de los fabricantes del equipo.

Las soluciones deben ser registradas en la orden de trabajo y registro de mantenimiento. Ésta orden debe ser adicionada por el CMMS a la hoja de vida del equipo. Igualmente en el registro de identificación de equipos que se muestra en la Ilustración 8 debe poder referenciar planos, catálogos, tablas, descripciones básicas, mejoras, etc. Esto con el fin de ayudar a realizar futuras mejoras en otros equipos similares.

Para poder aplicar variadas técnicas analíticas, se requiere por lo menos un número de registros para que los datos sean realmente importantes y no sucesos aislados. Es muy importante que se registre la información referente al problema, la causa y la acción tomada para eliminar la causa raíz

Ilustración 12. Extracto del registro de mantenimiento

OBSERVACIONES	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA ¿Síntomas del equipo? ¿Cuál componente? ¿Qué difiere de su estado normal?
	CAUSA Y ACCIÓN TOMADA ¿Qué originó el problema? ¿Cómo lo arregló? ¿Qué solución le dio? ¿Generó algún pendiente?
	ACCIÓN TOMADA PARA ELIMINAR LA CAUSA RAÍZ Explique el plan para la modificación del componente.

Elaboración propia

1.5.7 Paso 4. Plan de mejora

- a. Diseñar propuestas de mejora y preparar planos.

- b. Comparar la eficacia y costos de las propuestas alternativas y compilar presupuestos.
- c. Considerar los efectos peligrosos y desventajas posibles.

Se deben formular todas las posibles alternativas en esta fase. No hay que limitar la participación de los miembros de ingeniería, fabricantes u otros expertos (Suzuki, 1995, 57).

De igual forma mucha información acerca de soluciones se encuentra almacenada en el *CMMS*, solo es cuestión de filtrar un reporte por modo de fallo del equipo y revisar las soluciones permanentes que se le dieron, o las posibles mejoras implementadas y que no dieron resultado.

1.5.8 Paso 5. Implantar mejora

- a. Implementar el plan de mejora
- b. Practicar la gestión temprana
- c. Facilitar instrucciones para el equipo mejorado, métodos de operación, etc.

Cada persona debe comprender y aceptar las mejoras implantadas. Cuando se tiene más de un equipo del mismo tipo, hay que empezar implantando la mejora en una unidad, y después extender la mejora a los demás (Suzuki, 1995, 58).

El *CMMS* debe generar reportes de equipos por tipo y no solo por ubicación. Todos los códigos para identificar equipos deben ser inteligentes⁵, para poder filtrar fácilmente las búsquedas. En la Ilustración 13 se aprecia que todos los equipos consultados con el prefijo A019 son montacargas.

⁵ Código diseñado de modo que su nombre hace referencia a varias características del objeto que representa.

Ilustración 13. Consulta de equipos en un CMMS

CONSULTA DE EQUIPOS				
Nombre				
ID Equipo	A019	EQUIPOS ENCONTRADOS		
Localización	TODO	ID Equipo	Nombre	Localización
Línea	TODO	A019-001	MONTACARGA 01	BODEGA PRODUCTO TERMINADO
Sub - Línea	TODO	A019-002	MONTACARGA 02	BODEGA PRODUCTO TERMINADO
Centro de costos	TODO	A019-003	MONTACARGA 03	BODEGA PRODUCTO PROCESO
Fabricante	TODO	A019-004	MONTACARGA 04	BODEGA PRODUCTO PROCESO
Modelo	TODO	A019-005	MONTACARGA 05	ALMACÉN NO FORMULADOS
Año de fabricación	TODO	A019-006	MONTACARGA 06	ALMACÉN FORMULADOS
Identificación anterior	TODO	A019-007	MONTACARGA 07	ALMACÉN FORMULADOS
Departamento	TODO	A019-008	MONTACARGA 08	PLANTA ARENAS
Fecha instalación	TODO			
Capacidad	TODO			
Código de estado	ACTIVO			

Elaboración propia

1.5.9 Paso 6. Chequear resultados

- a. Evaluar resultados en el tiempo conforme progresa el proyecto de mejora.
- b. Verificar si se ha logrado los objetivos
- c. Si no es así, empezar de nuevo en el paso 3 (análisis de causas)

Hay que comprobar los resultados desde la fase de implantación en adelante. El comité de mejoras debe proyectar un gráfico o cuadro para listar todos los proyectos de mejora, supervisar su progreso y asegurar la continuidad de las ganancias obtenidas en cada paso (Suzuki, 1995, 57).

El CMMS es una herramienta fundamental, ya que con la ayuda de este se pueden realizar informes de seguimiento del equipo mejorado. El sistema debe entregar información de disponibilidad de equipos, costos de mantenimiento, ya sean por materiales y mano de obra. Todo esto con la posibilidad de ser filtrado por fechas para realmente comparar los resultados de la mejora.

1.5.10 Paso 7. Consolidar beneficios

- a. Definir estándares de control para sostener resultados
- b. Formular estándares de trabajo y manuales
- c. Retroalimentar información al programa de prevención de mantenimiento.

Las mejoras pueden perderse fácilmente si no se realizan chequeos periódicos y estándares de mantenimiento. Después de mejorar los métodos de trabajo, es importante estandarizarlos para evitar que las personas vuelvan a los viejos hábitos.

El *CMMS* debe almacenar los nuevos estándares para el equipo, que este caso aplican los del pilar de mantenimiento planeado. El *CMMS* debe relacionar los equipos con manuales, lecciones de un punto y catálogos, pudiéndose hacer una búsqueda rápida de la información; de igual manera, debe permitir modificar y agregar componentes nuevos a los equipos, estableciendo frecuencias de inspección y de mantenimiento para estos componentes. Se deben poder eliminar los componentes o equipos que fueron descartados del proceso productivo. El registro de materiales y repuestos se debe poder modificar para el equipo.

Todas estas actividades deben mantener una historia en el sistema, para ver la evolución de las máquinas en el tiempo. El guardar esta información debe ser opcional y determinada por el usuario.

Ilustración 14. Formato para una nueva tarea de mantenimiento planeado

TAREA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Código Equipo	A019-001
Nombre del equipo	MONTACARGA 01 - PRODUCTO TERMINADO
Componente	A019-001-01
Nombre del componente	FILTRO DE AIRE
Número del servicio	MEC-001
Nombre del servicio	Mantenimiento Preventivo filtro de aire.
Prioridad	A
Frecuencia	100
Modo de Operación	H - Horas
Ultimo intervención	1000
Fecha ultima intervención	Agosto 18 de 2007
Tipo de Paro	R001 - REEMPLAZO DE REPUESTO
Tiempo de Paro (Horas)	0,5
Cuadrilla	CUA-05 MECÁNICOS MONTACARGAS
Repuestos	R001-F01
Información de respaldo	LUP 085 – MANUAL MONTACARGAS YALE
Descripción del servicio	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desenergizar el equipo 2. Desmontar tapa lateral 3. Desmontar filtro de Aire 4. Reemplazar Filtro. 5. Montar tapa lateral 6. Energizar el equipo 	

Elaboración propia

1.6 PILAR DE GESTIÓN TEMPRANA Y LOS CMMS

La gestión temprana es importante porque al momento de realizar una inversión considerable, se espera que ésta perdure por muchos años. Adicionalmente, después de cada operación de mantenimiento con parada, el re-arranque debe gestionarse con el mismo procedimiento para la marcha por primera vez. Sin una gestión temprana estricta, tales equipos entran en la fase de operación plagados de defectos ocultos (Suzuki, 1995, 199).

Las actividades de gestión temprana reducen los futuros costos de mantenimiento y el deterioro de nuevos equipos, teniendo en cuenta durante la planificación y construcción, los datos de mantenimiento de los equipos actuales y las nuevas tecnologías; proyectando así, equipos con elevada fiabilidad, mantenibilidad, economía, operabilidad y seguridad (Suzuki, 1995, 201).

Por esto la importancia que cobra un *CMMS* confiable, donde la información ingresada se realice de forma adecuada, para no tener gran cantidad de datos, pero ninguno de ellos valioso para futuros montajes, o corregir de raíz un problema. Por lo tanto la gestión del equipo consiste en gran parte de proyectos y de mantenimiento.

Las actividades de gestión temprana son: diseño, fabricación, instalación y operaciones de prueba y entrada en operación

1.6.1 Paso 1: Investigar y analizar la situación existente

- a. Dibujar en un gráfico el flujo del trabajo de la gestión temprana actual.
- b. Identificar problemas en el flujo
- c. Clarificar los mecanismos empleados para prevenir problemas identificados en cada fase de entrada en servicio. Se debe consultar toda la historia de servicio de equipos similares a los que se van a instalar. Además de los componentes o partes empleadas para la solución de problemas. Se recomienda que los componentes o partes de la máquina retirados o reemplazados por otros que tienen mejores prestaciones, permanezcan en la historia como consulta, para evitar caer en sistemas obsoletos.
- d. Establecer que problemas sucedieron durante la producción piloto y que acciones correctivas se tomaron.

Los problemas se deben registrar en el *CMMS*, para así poder consultar las soluciones en la puesta en marcha de otro sistema similar, o que presente problemas afines.

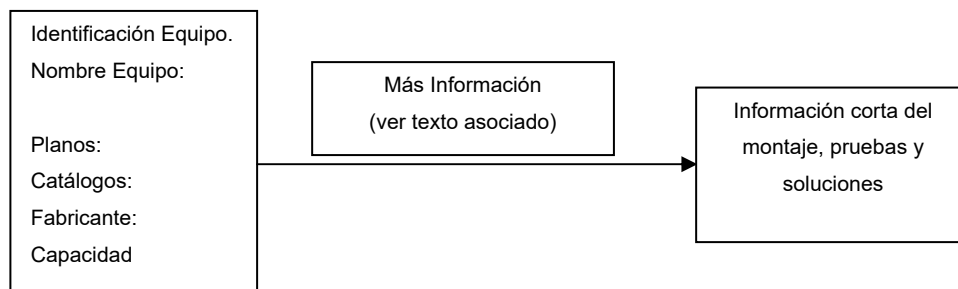
- e. Identificar cualquier retraso ocurrido durante la producción piloto
- f. Recopilar toda la información que guarde relación, esto con la finalidad de diseñar productos y equipos con altos niveles de operabilidad, facilidad de aseguramiento de la calidad, mantenibilidad, fiabilidad, seguridad y competitividad.

1.6.2 Paso 2: Establecer un sistema de gestión temprana.

- a. Investigar y esquematizar la estructura básica del sistema de gestión temprana requerido y definir su perfil de aplicación.
- b. Investigar y establecer un sistema para acumular y usar la información requerida para la gestión temprana.
- c. Diseñar o revisar los estándares e impresos necesarios para operar los sistemas.

Se debe identificar cual información es posible almacenar en el *CMMS* y cual no, ya que la información necesaria para la gestión temprana pueden ser muy extensa y variada, y normalmente estos sistemas guardan historial de mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos. Lo que se puede hacer es dentro de los hojas de adquisición del equipo que se almacena en el *CMMS*, referenciar los catálogos, módulos, planos y mejoras utilizadas en la gestión temprana.

Ilustración 15. Forma de enlazar la información a un equipo en el *CMMS*



Elaboración propia

1.7 PILAR DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO Y LOS CMMS

La misión del departamento de producción es producir rápidamente y con los menores costos posibles. Igualmente en sus funciones está detectar y tratar con prontitud las anormalidades del equipo, que es el objetivo de un buen mantenimiento. Por lo tanto el mantenimiento autónomo son actividades que realiza el área de producción encaminadas a mantener el óptimo funcionamiento de los equipos, logrando cumplir con los planes de producción (Suzuki, 1995, 87).

El departamento de producción debe abandonar la idea de “Yo opero, tu reparas”, y asumir la responsabilidad del equipo y evitar su deterioro. Solo así el departamento de mantenimiento puede aplicar las técnicas de mantenimiento especializado eficazmente. Igualmente el departamento de mantenimiento debe abandonar la mentalidad de solo hacer reparaciones, y debe concentrarse en medir y restaurar el deterioro, de modo que el equipo se opere con confianza (Suzuki, 1995, 89).

Las actividades de mantenimiento pensadas para obtener condiciones óptimas en el equipo y que maximizan su eficiencia global, se centran en mantener y en mejorar (Suzuki, 1995, 92).

Tabla 3. Actividades de mantenimiento principales y temas de mejora

Operación normal	Operación, ajustes y montajes correctos (Prevención de errores humanos)
Mantenimiento preventivo	Mantenimiento diario (Condiciones básicas del equipo, chequeos, pequeños servicios, Mantenimiento periódico, chequeos periódicos, inspección, revisión general periódicos y servicios periódicos
Mantenimiento predictivo	Verificación de condiciones, servicio a intervalos medios y largos
Mantenimiento de averías	Detección pronta de anormalidades, reparaciones de emergencia, prevención de repeticiones

Suzuki, 1995, 89

En todas las órdenes de trabajo registradas en el CMMS se puede ingresar el tipo de actividad realizada por mantenimiento.

Ilustración 16. Extracto de una orden de trabajo

		REGISTRO No. O.T. 00002
ORDEN DE TRABAJO Y REGISTRO DE MANTENIMIENTO		
RESPONSABLE	SUP-001	
CÓDIGO PROBLEMA	PRO-001	
DESCRIPCIÓN PROBLEMA	FALTA DE PRESIÓN EN CILINDRO DE LEVANTE	
PLAN TRABAJO	PLAN-001	
TIPO ACTIVIDAD	IMEC-004	MANTENIMIENTO DE AVERÍA
CÓDIGO REPARACIÓN	R001-F01	
DESCRIPCIÓN REPARACIÓN	REVISIÓN SELLO MECÁNICO DE REGULADOR DE PRESIÓN	
CUADRILLA	CUA 001	

Elaboración propia

La ayuda por parte del departamento de mantenimiento es indispensable para establecer el mantenimiento autónomo y hacerlo una parte eficaz del plan de mantenimiento. Las tareas más importantes son:

- Facilitar instrucciones en técnicas de inspección y ayudar a los operarios a preparar estándares de inspección.

El *CMMS* debe tener forma de almacenar las instrucciones que los operarios deben realizar para el mantenimiento autónomo, para que de esta forma no se produzca una redundancia de actividades con respecto al mantenimiento planeado. Deben tener frecuencia e insumos requeridos.

- Facilitar formación en técnicas de lubricación, estandarizar tipos de lubricantes y ayudar a los operarios a formular estándares de lubricación. (puntos de lubricación, tipos de lubricantes, intervalos, niveles de aceite, etc.)

En el *CMMS* debe estar el registro de las lubricaciones y los puntos o componentes a lubricar. Igualmente debe estar la frecuencia y el tipo de lubricantes que cada equipo necesita. Es usual que los cambios de aceite complejos los realice mantenimiento, por lo tanto se debe tener en los estándares de lubricación de mantenimiento autónomo que esta tarea la realiza mantenimiento.

- Tratar rápidamente el deterioro, las pequeñas deficiencias, y las deficiencias en las condiciones básicas del equipo.

El *CMMS* debe ser interactivo, de modo que no sea de uso exclusivo de mantenimiento sino de toda la empresa, que producción pueda realizar requisiciones de servicio directamente al sistema, sin necesidad de tenerla en papel, de esta forma mantenimiento puede llegar a la falla y a tramitar la solución lo más eficientemente.

Producción debe poder ver los comentarios de las reparaciones anteriores de los técnicos de mantenimiento para ellos en ciertos casos aplicar la solución. Es muy importante que el equipo cuente con un mapa de seguridad claro, para evitar accidentes.

- Organizar las actividades de rutina.

El sistema debe imprimir las órdenes de tareas de mantenimiento con anticipación para que estas queden registradas como tarea a realizar, si no se realiza se debe identificar con un código especial esta orden

- Investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de mantenimiento.
- Crear sistemas de registros de mantenimiento, datos para mantenimiento y resultados de mediciones.

El sistema no solo debe contar con módulos para ingresar información, sino también con módulos para realizar reportes para así realizar seguimiento a las acciones tomadas. Igualmente debe tener un modulo para ingresar valores de diferentes mediciones (vibración, temperatura, excentricidad, ruido, holguras, etc.) que puedan ser fácilmente seguidas con gráficas de control.

- Desarrollar y utilizar técnicas de análisis de fallos e implantar medidas para evitar la repetición de fallos serios.
- Aconsejar a los departamentos de diseño y desarrollo de equipos en las acciones de gestión temprana del equipo
- Control de repuestos, plantillas, herramientas y datos técnicos.

Este es uno de los puntos más importantes que debe tener un *CMMS*, un control de todos los repuestos, un listado de materiales utilizados para la construcción de elementos de máquinas, lubricantes, tortillería, herramientas y en general de todos los insumos de productos no formulados utilizados por producción y mantenimiento y que se utilizan para actividades de mantenimiento.

Estos elementos deben tener una codificación clara y deben poderse asociar a los equipos, para evitar confusiones en el momento de realizar un orden de compra.

Ilustración 17. Registro de repuestos

REGISTRO DE REPUESTOS	
INFORMACIÓN DEL ARTICULO	
CÓDIGO DE REPUESTO	R001-F01
DESCRIPCIÓN DEL REPUESTO	
LIQUIDO PENETRANTE, DESENGRASANTE	
ALMACÉN	ALM - 01
NACIONAL / IMPORTADO	NACIONAL
ESTADO	NUEVO
COSTO	30000
MONEDA	PESOS
STOCK RECOMENDADO	
STOCK MÁXIMO	5
STOCK MÍNIMO	5
UNIDAD DE ALMACENAMIENTO	UNIDAD
UNIDAD DE MEDIDA	UNIDAD
CANTIDAD INSTALADA	5

Elaboración propia

Ilustración 18. Registro de identificación de equipos

IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS	
Identificación del Equipo	A019-001
Nombre	MONTACARGA 01
Localización	L001
Repuestos	R001-F01 - R001-F02- R001-F80
Tareas de mantenimiento	MEC01 - MEC02 - MEC03 - MEC05 - MEC08

Elaboración propia

El enfoque paso a paso del *TPM* delimita claramente las actividades de cada fase. A continuación se describe los pasos del mantenimiento autónomo.

1.7.1 Paso 1. Realizar limpieza inicial

- Eliminar el polvo y la suciedad del equipo
- Descubrir las irregularidades tales como ligeros defectos, fuentes de contaminación, lugares inaccesibles y fuentes de defectos de calidad.
- Eliminar los elementos innecesarios y raramente usados y simplificar el equipo.

Es muy importante que las anomalías detectadas sean llevadas a las tarjetas “fugai”. Las tarjetas que deban ser realizadas por personal técnico, deben llegar a mantenimiento y ser procesadas en el sistema de información.

Las tarjetas rojas que sean procesadas por mantenimiento se ingresen en el sistema de información para que quede en la historia del equipo. Hay que parametrizar el *CMMS* para que en algún campo se ingrese el paso, la fecha. El número de control es vital para poder buscar esta tarjeta rápidamente en el sistema, se debe poder ingresar que persona encontró la anomalía y una descripción. Toda la gestión en el sistema debe estar relacionada con el equipo.

Ilustración 19. Tarjeta Fugai

El diagrama muestra una tarjeta rectangular con un círculo negro en la parte superior central. Debajo del círculo hay un campo de texto rectangular. A continuación, hay una fila de cinco botones pequeños cuadrados. Después de los botones, hay dos campos de texto rectangulares de tamaño similar. Abajo de estos, hay una serie de cinco líneas horizontales rectangulares, que parecen ser campos de texto o líneas de separación. Finalmente, en la parte inferior de la tarjeta, hay un campo de texto rectangular más grande que ocupa casi todo el ancho de la tarjeta.

Suzuki, 1995, 108

En este punto se ve como las lecciones de un punto, relacionadas el con mantenimiento específico de un equipo, pueden ser también registradas con un consecutivo en el número de control para así llevar un seguimiento y un control sobre estas. Igualmente deben estar relacionadas con un equipo

Ilustración 20. Formato de lección de un punto

Suzuki, 1995, 167

1.7.2 Paso 2. Eliminación de fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso

Elemento

Fecha de prepar

Reducir el tiempo dedicado a dejar en orden el equipo, eliminando las fuentes de polvo y suciedad, evitando la dispersión y mejorando las partes que sean de limpieza, chequeo, lubricación, apretado o manipulación difíciles.

Estas acciones si son realizadas por mantenimiento deben quedar registradas

1.7.3 Paso 3. Establecer estándares de limpieza, lubricación y ajuste.

- Formular estándares de trabajo que ayuden a mantener la limpieza, lubricación y ajuste.

- Mejorar la eficiencia del trabajo de inspección introduciendo controles visuales.

En el *CMMS* debe estar desglosado el equipo hasta por lo menos un tercer nivel de detalle, para así registrar mejoras y aspectos para posterior seguimiento. Se recomienda, Planta, línea, sub-línea, grupo, equipo, componente y parte.

Se recomienda utilizar como componente la definición de elemento de la máquina que es susceptible de mantenimiento y parte como repuesto no susceptible de mantenimiento, cuando se avería se cambia

Paso 4. Realizar inspección general del equipo.

- Facilitar formación sobre técnicas de inspección con base a manuales.
- Poner en condición óptima a elementos del equipo mediante la inspección general.
- Modificar el equipo para facilitar el chequeo. Hacer uso de los controles visuales.

En el momento de adquirir un equipo e ingresarlo a el sistema de mantenimiento, no es necesario pasar toda la información del catalogo, pero si es muy importante tener una ficha técnica clave y casillas donde ingresar el número de los planos y un consecutivo para los manuales e instructivos dados por los fabricantes, que serán de ayuda para realizar una formación clara e imparcial del operario.

Adicionalmente, mientras mantenimiento ayuda a desarrollar operarios competentes en procesos de mantenimiento, durante este paso los directivos y el departamento de producción e ingeniería deben cooperar preparando materiales de enseñanza para inspección general de procesos y realizando el programa de formación.

Se pueden determinar los siguientes manuales y enumerarlos con un código inteligente en el sistema (Pérez, 1992, 160).

01001 Manuales de operación y manipulación del proceso

02001 Manuales de ajustes y montaje del proceso

03001 Balances de material y calor

04001 Hojas de lecciones de ingeniería básica

05001 Hojas de problemas especiales

06001 Manuales de inspección periódica

- Impedir la duplicación u omisiones en la inspección de cada equipo, incorporando a la inspección periódica de cada equipo estándares provisionales de inspección, limpieza y reposición del proceso.

Se retoma el tema que todas las actividades que realiza el personal de mantenimiento y que están dentro de los estándares como responsables, deben estar en el sistema para evitar redundancia u omisión y deben estar registradas dentro del pilar del mantenimiento planeado

1.7.4 Paso 5. Realizar inspecciones generales de los equipos.

- Facilitar instrucción sobre los rendimientos de procesos, operaciones y ajustes. Adiestrar sobre manejo de anomalías con el fin de mejorar la fiabilidad operacional.

1.7.5 Paso 6. Mantenimiento autónomo sistemático.

- Instaurar el mantenimiento de calidad y de seguridad estableciendo procedimientos claros y estándares.
- Mejorar los procedimientos de preparación y reducir el trabajo en proceso.

- Establecer un sistema de auto-gestión para mejorar el flujo en el lugar de trabajo.

1.7.6 Paso 7. Práctica plena de la autogestión

- Desarrollar actividades de mejora y estandarizarlas de acuerdo con los objetivos y políticas, reducir costos eliminando el desperdicio en los lugares de trabajo.
- Mejorar continuamente los equipos llevando registros precisos de mantenimiento (*MTTR*⁶ y *MTBF*⁷) y analizando los datos sistemáticamente.

El *CMMS* es de gran ayuda, dado que para poder calcular muchos indicadores se deben tener tiempos operativos, no operativos, tiempos de paro, tiempos logísticos, tiempos de preparación, etc.

1.8 PILAR DE MANTENIMIENTO PLANEADO Y LOS *CMMS*

El objetivo es mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas con costos apropiados. La gestión del equipo está influenciada por características de los equipos, naturaleza de los procesos, fallos de las instalaciones y capacidad y funciones del personal de mantenimiento (Suzuki, 1995, 145).

Con respecto a las características de los equipos de producción, corresponden generalmente a los siguientes tipos.

⁶ Sigla en Ingles, Mean time to repair que en español significa: Tiempo medio para reparar

⁷ Sigla en Ingles, Mean time between failures, que en español significa: Tiempo medio entre fallas.

Tabla 4. Clasificación de equipos

Equipo	Características	Debilidades
Equipo estático	Tamaño grande y en aumento y uso de materiales nuevos	Diseño no perfectamente apropiado y diferentes condiciones de operación y problemas a menudo invisibles, hasta la aparición de la avería
Maquinaria rotativa	Mayor y más rápida y no hay equipo de reserva	Alta tasa de fallos tempranos y largos periodos de MTTR
Equipo de medición y control	Digitalización creciente	Cada vez más "cajas negras"

Suzuki, 1995, 146)

En un campo del *CMMS* se debe hacer la distinción del tipo de equipo. Algunos sistemas almacenan esta información en estado o condición del equipo. Ver parte inferior de la Ilustración 8.

La naturaleza de los procesos, hace que no solo los equipos presenten problemas por paradas, también tienen problemas de proceso tales como fugas, contaminación y derrames de polvo. Estas paradas súbitas deben ser prevenidas ya que ha menudo estos problemas son debido a una compleja combinación de causas (Suzuki, 1995, 147).

Los fallos del equipo y pérdidas de proceso pueden clasificarse en cinco amplias categorías.

- Fallos del equipo que generan paros.
- Problemas de calidad
- Capacidad reducidas
- Problemas de seguridad y medio ambiente.

A mantenimiento llegan fallos del equipo que causan paradas y fallas de equipos que producen reducciones de capacidad. En el *CMMS* se puede hacer esta clasificación en el momento de registrar la orden de trabajo.

Con respecto a las funciones del personal de mantenimiento, los módulos del *CMMS* referentes al manejo del personal que realiza las actividades de mantenimiento deben tener forma de diferenciar los tipos de trabajadores.

Es muy importante que los trabajos que realizan los contratistas queden registrados de forma correcta, hay que hacer un acompañamiento a la hora de llenar el informe manual, para pedir la información que se considere necesaria. En el *CMMS* se pueden crear empleados genéricos para los diferentes contratistas en el registro de empleados.

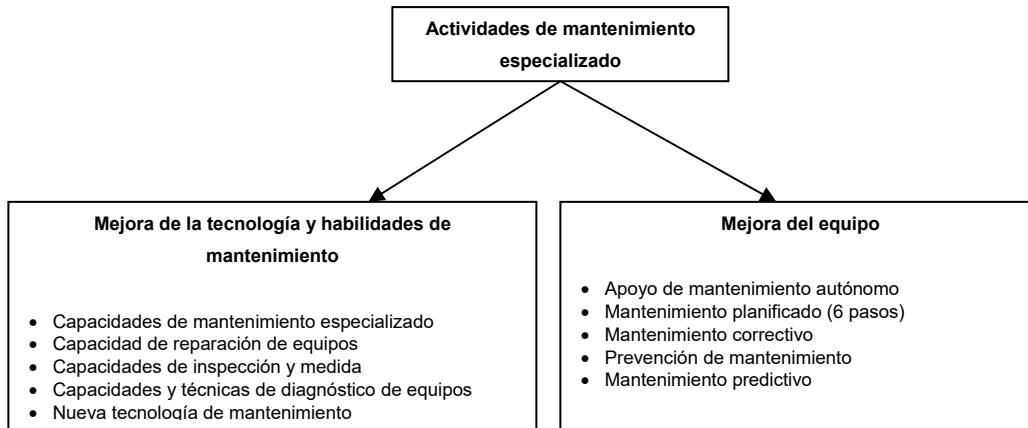
Ilustración 21. Formato de registro de empleados

REGISTRO DE EMPLEADOS	
CÓDIGO DE EMPLEADO	CON-012
NOMBRE	CONTRATISTA MECÁNICO M&M
DIRECCIÓN	Calle 5A No 86 - 42
TELÉFONO	
No DE IDENTIFICACIÓN	
NIVEL DE HABILIDAD	NIVEL-005
CENTRO DE COSTOS	CST-001
ESPECIALIDAD	ESP-001
CUADRILLA	
ESTADO	CONTRATISTA
SUPERVISOR	SUP-001
CÓDIGO TARIFA	TAR-002

Elaboración propia

Por otro lado las actividades de mantenimiento que deben planificarse, realizarse y evaluarse sistemáticamente son las que muestra la ilustración 22.

Ilustración 22. Actividades de mantenimiento especializado



Suzuki, 1995, 148

Una gestión de mantenimiento eficiente, combina óptimamente, el mantenimiento basado en tiempo, mantenimiento basado en condiciones y el mantenimiento de averías.

El mantenimiento basado en el tiempo consiste en inspeccionar, servir, limpiar el equipo y reemplazar piezas periódicamente para evitar averías súbitas y problemas de proceso. Es un concepto que debe formar parte del mantenimiento autónomo como planeado (Suzuki, 1995, 148).

Para un sistema de información es de vital importancia determinar los modos de operación de los equipos, en este caso el tiempo, ya que con base a este, el sistema podrá determinar si el equipo está próximo a ser intervenido. Por lo tanto hay que analizar si las frecuencias están gobernadas por tiempo de operación medido por un horómetro, o tiempo calendario. En el momento que se decida medir el tiempo operado con un horómetro, este debe estar conectado a un componente del equipo que refleje lo mejor posible las unidades de tiempo transcurridas, de no ser así, se debe pensar en un sistema de seguimiento computacional.

Ilustración 23. Maestro de modos de operación

MAESTRO DE MODOS DE OPERACIÓN	
UNIDAD	DESCRIPCIÓN
H	HORAS
M	MINUTOS
D	DÍAS
K	KILÓMETROS
U	UNIDADES
C	CICLOS
T	TONELADAS
KG	KILOS

Elaboración propia

Cuando no se tiene información histórica, no se cuenta con el apoyo en datos sobre comportamiento pasado que ayude a establecer el tiempo adecuado para realizar las acciones de mantenimiento preventivo; por lo tanto los tiempos son establecidos de acuerdo a la experiencia, recomendaciones del fabricante y otros criterios con poco fundamento técnico. Si la empresa tenía un *CMMS* bien estructurado y la información se ingresaba correctamente, estas frecuencias se determinan del estudio de la información ingresada en el

El mantenimiento basado en condición utiliza instrumentos de diagnóstico para supervisar y diagnosticar las condiciones de los equipos de forma continua o intermitente durante la operación. Se pone en marcha en función de las condiciones reales del equipo en vez que el transcurso de un lapso de tiempo. (Suzuki, 1995, 149).

De igual forma en el *CMMS* se debe ingresar valores rutinariamente de forma manual o automática, ya sea entradas de diferentes aparatos de diagnóstico, como medidores de temperatura, pistolas de ultrasonido, analizadores de vibraciones, etc. Para que de esta forma el sistema de aviso de anomalías y pueda programar el mantenimiento. En el *CMMS* se debe configurar el maestro de unidades de condición.

Ilustración 24. Maestro de unidades de condición

MAESTRO DE UNIDADES DE CONDICIÓN	
UNIDAD	DESCRIPCIÓN
GC	GRADOS CENTÍGRADOS
GK	GRADOS KELVIN
HZ	HERTZ
MM	MILÍMETROS
MC	MICRAS
PH	PH
PPM	PARTES POR MILLÓN

Elaboración propia

En el mantenimiento de averías se espera que el equipo falle para repararlo. Se utiliza el concepto de avería cuando el fallo no afecta significativamente las operaciones, la producción o costos de reparación (Suzuki, 1995, 149).

Todas las averías deben ser ingresadas al *CMMS* con la información detallada, para así realizar el seguimiento. Los datos deben ser, fecha de solicitud, fecha de ejecución, fecha de fin, tiempo de paro, tipo de paro, prioridad, solicitante, equipo, número de control, problema, solución, actividades realizadas, repuestos utilizados, persona que realiza el trabajo, fecha de trabajo tiempo empleado.

Toda esta información se registra en la orden de trabajo y registro de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo combina el mantenimiento basado en tiempo y mantenimiento basado en condiciones para mantener en funcionamiento de los equipos. Se ocupa también de los materiales estructurales y de prevenir la corrosión, la fatiga y otras formas de deterioro.

El mantenimiento preventivo debe ser configurado en el *CMMS* de modo que antes de que el equipo cumpla su frecuencia, éste de un aviso de pronto mantenimiento. El sistema debe hacer requisiciones de materiales automáticamente, programar el personal dependiendo de los tiempos estimados ingresados, tipos de actividades, tipo de especialista requerido. Asociado a esto

debe tener todas las actividades de mantenimiento correctivo que se decidieron hacer durante el preventivo, también tener la explicación de las actividades que los especialistas deben realizar.

El sistema debe programar el mantenimiento basado en la condición con anticipación justa para realizar la intervención, esto con el fin de coordinar y conseguir los recursos necesarios para esta actividad.

Ilustración 25. Reporte de estándares de mantenimiento preventivo

REPORTE DE FICHAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL EQUIPO A019-001						
TAREA	UNIDADES	FRECUENCIA	ULTIMO SERVICIO	PRÓXIMO SERVICIO	ULTIMO MEDIDOR	UNIDADES FALTANTES
MEC-001	HORAS	100	800	900	850	50
COR-002	CORRECTIVO	0	0	MP		
MEC-003	UNIDADES	2500	5000	7500	6500	1000
ELE-004	DÍAS	30	01/07/2007	31/07/2007	15/07/2007	16

Elaboración propia

El mantenimiento correctivo mejora el equipo y sus componentes de modo que pueda realizarse fiablemente el mantenimiento preventivo. Si el equipo tiene debilidades de diseño debe rediseñarse (Suzuki, 1995, 149).

Este es sin duda uno de los módulos más importantes del *CMMS*, ya que todas las correcciones deben ser pasadas al *CMMS* con la información detallada, para así realizar el seguimiento.

Siguiendo la metodología del *TPM* las actividades de mantenimiento planeado también se deben hacer paso a paso, donde el paso 3, se refiere específicamente a crear un sistema de información para el mantenimiento

Ilustración 26. Pasos para la creación de un sistema de mantenimiento planeado

Fase	1 Estabilizar los intervalos de fallos	2 Alargar la vida útil de los equipos	3 Restaurar periódicamente el deterioro	4 Predecir y ampliar la vida del equipo	
Mantenimiento Autónomo	Paso 1. Realizar limpieza inicial Paso 2. Mejorar las fuentes de contaminación y lugares inaccesibles Paso 3. Establecer estándares de limpieza y ajuste	Paso 4. Realizar la inspección general del equipo	Paso 5. Realizar la inspección general del proceso	Paso 6. Sistematizar el mantenimiento autónomo. Paso 7. Practica del auto control.	
Mantenimiento especializado	Paso 1. Evaluar el equipo y comprender la situación actual de partida				Paso 6. Evaluar el sistema de mantenimiento planeado
	Paso 2. Restaurar el deterioro y corregir las debilidades (apoyar el mantenimiento autónomo y prevenir recurrencias)		Implantar el mantenimiento correctivo		
		Paso 3. Crear un sistema de gestión de la información	Establecer el mantenimiento periódico		
			Paso 4. Crear un sistema de mantenimiento periódico		
				Paso 5. Crear un sistema de mantenimiento predictivo	

Suzuki, 1995, 160

1.8.1 Paso 1: Evaluar el equipo y comprender la situación actual.

- a. Preparar o actualizar los registros de los equipos
- b. Evaluar los equipos: establecer criterios de evaluación, priorizar y seleccionar equipos y componentes para PM
- c. Definir rangos de fallos
- d. Comprender la situación: medir el número, frecuencia, severidad de fallos y pequeñas paradas, costos de mantenimiento, tasa de mantenimiento de averías, etc. Se deben medir los datos ingresados en CMMS, no solo de fallos sino también, tiempos del personal, valor unitario de trabajo de un personal específico, y costo real de los repuestos.

Dentro de las primeras actividades que se deben hacer para empezar a ingresar información en el *CMMS* es tener identificados los equipos, los cuales deben tener un código claro. Se deben tener identificadas las localizaciones físicas de los equipos, las localizaciones de costos y centros de costos, los almacenes.

Los registros proporcionan datos en bruto para evaluar los equipos. Deben facilitar datos de los equipos de su diseño y el historial de la operación y mantenimiento.

Se debe establecer prioridades a los equipos, pueden ser, críticos (A), semicríticos (B) y no críticos (C), ya sean para la calidad, seguridad, operabilidad, mantenibilidad, equipos regulados por las leyes, etc.

Tabla 5. Posibles criterios para asignar criticidades de equipos

Atributo	Criterios de evaluación	Clase
Seguridad: Efecto del fallo sobre personas y el entorno	Un fallo expone a riesgo de explosión u otros peligros, el fallo del equipo causa una polución seria	A
	El fallo puede afecta adversamente el entorno	B
	Otros equipos	C
Calidad: Efecto del fallo sobre la calidad del producto	El fallo tiene gran efecto sobre la calidad. (el producto queda fuera de especificaciones)	A
	Un fallo produce variaciones de calidad que pueden corregirse por el operario de forma rápida	B
	Otros equipos	C
Operaciones: Efecto del fallo sobre la producción	Equipos con gran efecto sobre la producción, sin unidades de reserva cuyos fallos generan que los procesos previos y siguientes paren	A
	Un fallo causa solo una parada parcial	B
	Un fallo no tiene ningún efecto sobre la producción	C
Mantenimiento: Tiempo y costo de reparación	La reparación del equipo toma 4 o más horas, y cuesta más de cierto valor, o se presenta más de 3 veces por mes.	A
	La reparación toma menos de 4 horas y cuesta menos de cierto valor, o falla menos de tres veces por mes	B
	El costo de la reparación es inferior a cierto valor o puede dejarse sin reparar hasta que surja una oportunidad	C

Suzuki, 1995, 167

La criticidad del equipo debe ser registrada en la identificación de equipos.

Ilustración 27. Extracto de identificación de equipos

IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS	
Identificación del equipo	A019-001
Nombre	MONTACARGA 01
Localización	L001
Nombre localización	BODEGA PRODUCTO TERMINADO
Línea	ARENAS
Sub - Línea	PRODUCTO EN BIG-BAG
Función	ALMACENAJE DE ESTIBAS
Componentes	A019-001-01 - A019-001-02 - A019-001-03
Criticidad	B - MEDIA
Centro de costos	CST-001
Fabricante	IMP-002

Elaboración propia

1.8.2 Paso 2. Revertir el deterioro y corregir debilidades

- a. Establecer condiciones básicas, revertir el deterioro y abolir los entornos que causan deterioro acelerado
- b. Poner en práctica actividades de mejora enfocada para corregir debilidades y ampliar los periodos de vida.
- c. Tomar medidas para impedir la ocurrencia de fallos idénticos o similares
Introducir mejoras para reducir los fallos de proceso.

Se debe eliminar la repetición de fallos, por lo tanto se debe hacer análisis de fallos, en el equipo y equipos similares. Esto se encuentra en el *CMMS*.

1.8.3 Paso 3: Crear un sistema de gestión de información

- a. Crear un sistema de gestión de datos de fallos
- b. Crear un sistema de gestión del mantenimiento de equipos
 - Control de historiales de máquinas
 - Planificación de mantenimiento
 - Planificación de inspecciones.
- c. Crear un sistema de gestión de presupuestos de equipos.

d. Crear sistemas para controlar piezas de repuestos, planos, datos técnicos, etc.

Este es el paso más importante para identificar la información que necesita el departamento de mantenimiento para la implantación del *TPM* con relación a su sistema de información.

Gestionar manualmente la cantidad de información de mantenimiento es imposible. Por lo tanto se debe instalar un sistema informatizado de proceso de datos.

Así, se debe evaluar y mejorar el sistema de mantenimiento existente y decidir cuales son los datos necesarios antes de escoger el tipo de sistema; igualmente el grado de mecanización informático que se necesita, para si diseñar métodos de entrada de datos fáciles. En el mercado existen gran cantidad de *CMMS* por lo tanto es muy importante tener en cuenta esto para no incurrir en gastos innecesarios.

El proceso puede empezar con computadores personales. Y a medida que aumente el nivel de la gestión de datos, migrar a un sistema de gestión de datos centralizado en un servidor (Suzuki, 1995, 173).

Cuando las empresas optan por esta alternativa generan tres subsistemas, gestión de equipo, gestión de fallos y gestión de presupuesto

Después que una empresa informatiza todos sus subsistemas, debe clarificar las relaciones entre ellos y el *CMMS*.

No se puede esperar que los beneficios de la informatización se generen de forma inmediata, para hacer una transición suave, se debe asegurar que los datos conducen a la acción y utilizar los resultados de cualquier acción para revisar estándares, se debe empezar con un sistema que este a la par con un nivel de

control existente y mejorarlo sucesivamente y diseñar el sistema de modo que pueda utilizarse por el personal de mantenimiento y operarios eficazmente

Dentro de los subsistemas de la gestión informatizada, está el del presupuesto de mantenimiento, el cual asigna y totaliza el presupuesto de mantenimiento. Este subsistema debe generar informes que comparen el costo actual y el presupuesto para el periodo y periodos previos; información sobre planes de trabajo, costos, empleo de materiales previsto y *stocks* de materiales; listas de prioridades de trabajos que incluyan, tiempos de parada proyectados, costos, etc. Previsión de vida de equipo sobre las fechas en las que se prevé que el equipo termine su vida útil, gráficos que comparen las pérdidas de paradas previstas con los costos de mantenimiento que ayuden a medir la eficacia del mantenimiento (Suzuki, 1995, 177).

También se debe crear un subsistema para controlar las piezas de repuestos y materiales, esto para analizar por que se mantienen en *stock* de repuestos de larga duración y poder reducir la cantidad; tablas de uso de materiales para diferentes modelos de equipo y tablas que comparen pedidos y recepciones que muestren el estado de ambos conceptos (Suzuki, 1995, 179).

Además se debe crear un subsistema para controlar información técnica que esté relacionada con mantenimiento, como son planos, criterios de diseño, informes técnicos, diagramas de flujo, literatura, memorias de cálculo, criterios de diagnóstico de los equipos y datos de análisis estructurales (Suzuki, 1995, 179).

1.8.4 Paso 4. Crear un sistema de mantenimiento periódico

- a. Preparación del mantenimiento periódico (control de piezas de repuesto, instrumentos de medida, lubricantes, planos, datos técnicos, etc.).
- b. Preparar diagrama de flujo del sistema de mantenimiento periódico.

- c. Seleccionar equipos y componentes a mantener y formular un plan de mantenimiento.
- d. Preparar o actualizar estándares (Estándares de materiales, de trabajo, e inspección, de aceptación).
- e. Mejorar la eficiencia del mantenimiento con parada general y reforzar el control de trabajo sub-contratado.

El departamento de mantenimiento junto con el de compras debe realizar un listado de todas las partes de recambio críticas y que ameriten incluirlas en un programa de máximos y mínimos de inventario. Esto se debe determinar con la criticidad del paro por falta de los repuestos, el tiempo de consecución de la parte, tener en cuenta si es nacional o importada, el costo del repuesto, el número de máquinas que requieren el mismo repuesto, el espacio disponible para el almacenaje, etc.

Es muy importante que se realicen negociaciones con los proveedores para tener materiales en consignación, los cuales sean cargados a la empresa en el momento que sean utilizados. Este pequeño almacén se debe poder diferenciar en el *CMMS*, para siempre recurrir y hacer requisiciones de material primero a este, o si ya se tiene un *stock* antes de contrato agotar primero este material ocioso. Se deben estandarizar las piezas y homologar los repuestos para los diferentes proveedores. Lo ideal es tener un gran proveedor que realice un acompañamiento continuo. El *CMMS* debe poder almacenar los datos de los proveedores asociados a los repuestos.

En el *CMMS* se pueden ingresar dentro del listado de los empleados uno que se denomine contrista o ayudante externo, al cual se le pida registrar en las horas de registro el tiempo de mano de obra utilizado en determinada función.

1.8.5 Paso 5: Crear un sistema de mantenimiento predictivo

- a. Introducir técnicas de diagnóstico de equipos.
- b. Preparar diagrama de flujo del sistema de mantenimiento periódico.
- c. Seleccionar equipos y componentes para mantenimiento predictivo.
- d. Desarrollar equipos y tecnologías de diagnóstico.

Para el CMMS es muy importante saber a que unidades se les va a hacer seguimiento, el rango de datos para los cuales el sistema no reporta fallos, el valor máximo o mínimo con el cual el sistema debe hacer una advertencia al usuario. Lo ideal es que el sistema entregue reportes de todos estos datos para posteriormente realizar un análisis. En la Ilustración 23 se observa un maestro de unidades de operación y en la Ilustración 28 se observa el formato de tareas de mantenimiento predictivo.

Ilustración 28. Formato de una tarea de mantenimiento predictivo

TAREA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO	
Código equipo	A019-001
Nombre del equipo	MONTACARGA 01 - PRODUCTO TERMINADO
Componente	A019-001-08
Nombre del componente	DEPOSITO DE ACEITE CILINDROS HIDRÁULICOS
Número del servicio	MEC-006
Nombre del servicio	Mantenimiento predictivo - Cambio de aceite
Prioridad	A - ALTA
Condición	>50
Unidades de Condición	PPM - HIERRO
Condición	>15
Unidades de Condición	PPM - SILICIO
Condición	>10
Unidades de Condición	PPM - CROMO
Fecha ultima intervención	Julio 5 de 2007
Tipo de Paro	R018 - CAMBIO DE ACEITE
Tiempo de Paro (Horas)	0,5
Cuadrilla	CUA-05 MECÁNICOS MONTACARGAS
Repuestos	R001-F015
Información de respaldo	LUP 085 – MANUAL MONTACARGAS YALE
Descripción del servicio 1. Drenar el aceite usado. 2. Llenar con aceite nuevo 3. Verificar con la varilla que el nivel sea el adecuado 4. Disponer en los recintos adecuados el aceite usado	

1.8.6 Paso 6. Evaluar el sistema de mantenimiento planeado

- a. Evaluar el sistema de mantenimiento planeado
- b. Evaluar la mejora de la fiabilidad, número de fallos y pequeñas paradas, *MTBF*, frecuencias de fallos, etc.
- c. Evaluar la mejora de la mantenibilidad, tasa de mantenimiento periódico, tasa de mantenimiento predictivo, *MTTR*, etc.
- d. Evaluar los ahorros de costos, reducción de gastos de mantenimiento, mejora en la distribución de los fondos para mantenimiento

En este paso se deben realizar reportes con ayuda del *CMMS*, este tema se abordara en el capítulo de reportes e indicadores.

1.9 RESUMEN DEL CAPITULO

Los pilares del *TPM* que más relación tienen con los sistemas de información de mantenimiento son, mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, control inicial y mantenimiento planeado, ya que todos estos requieren información de reparaciones, análisis de fallos y relaciones de similitud entre diferentes equipos, que se encuentra almacenada en el *CMMS*.

Las lecciones de un punto, el mapa de seguridad, planos y demás información construida por los operarios y mecánicos, se puede relacionar con los equipos por medio de la codificación que tiene estos formatos.

Los registros de averías y tarjetas fugai realizadas por el personal de mantenimiento se pueden ingresar en el *CMMS* como una orden de trabajo o registro de mantenimiento.

Los mantenimientos basados en tiempo y en condición se pueden registrar en el *CMMS*, configurando adecuadamente las frecuencias de intervención, los repuestos y las unidades de operación necesarias.

El registro de elementos de los almacenes debe estar en el *CMMS* de modo que se pueda hacer seguimiento a los consumos y niveles de inventario.

Para la construcción de estándares de mantenimiento autónomo y planeado, la empresa se puede basar en la información registrada en el *CMMS*, como es tiempo de actividad, herramientas necesarias, personal requerido, método de control, etc.

2 ASPECTOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO QUE AFECTAN LA PARAMETRIZACIÓN EN BASE AL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

2.1 OBJETIVO

Determinar los aspectos del sistema de información de mantenimiento que afectan la parametrización en base al *TPM*.

2.2 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO

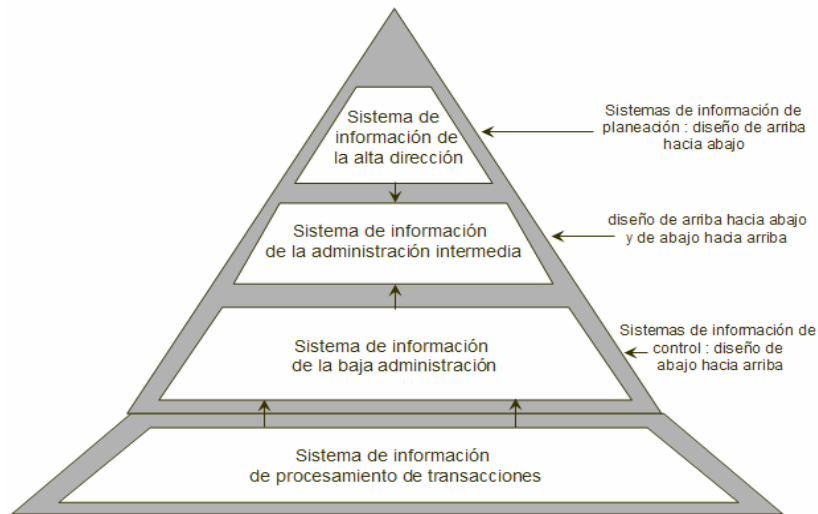
Crisis y éxitos de tipo administrativo, económico y comercial han obligado a las industrias a reflexionar y reaccionar sobre sus diferentes áreas, para hacerlas más eficientes, hasta el punto de crear un sistema empresarial en cada una de ellas (Pérez, 1992, 2).

Un sistema es conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas entre sí contribuyen a determinado objetivo. También se entiende como conjunto de reglas o principios sobre una materia, racionalmente enlazados entre sí.

Por lo tanto un Sistema de Información sólo tiene razón de ser si existe una función que lo justifique. En otras palabras, un Sistema de Información no tiene sentido sólo, por sí mismo (Pinilla, 2007, 4).

Un sistema de información compendia todos los procesos, procedimientos y recursos involucrados en mantener la organización en funcionamiento, con realimentación a través de su propia producción de información y a través de generación de información externa a ella, ejerciendo control de los parámetros vitales de la misma (Pinilla, 2007, 5).

Ilustración 29. Un sistema de información, estructura y niveles



Pinilla, 2007, 16

El sistema de información debe formalizarse y establecerse como columna vertebral de la organización, el cual es constituido por procesos y procedimientos; formatos, flujos y logística; controles y mecanismos de seguridad; estrategias, objetivos y políticas; datos e información y responsables.

Un sistema de información se justifica si ayuda a asegurar la calidad de los productos y servicios y mantener la empresa en los niveles adecuados de competencia.

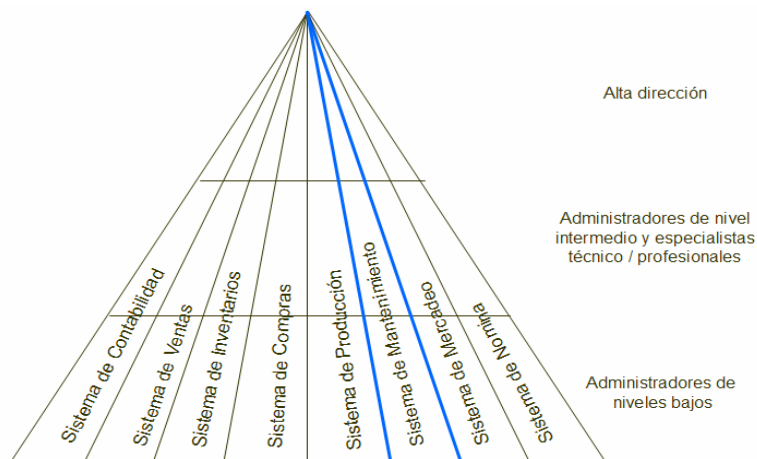
Ello requiere la aplicación de procesos de mantenimiento que, mediante el uso de herramientas informáticas faciliten la toma de decisiones, a través del suministro de información, sobre aspectos técnicos y económicos, planes de mantenimiento, control de trabajos, diagnóstico de condición de equipos y estadísticas de comportamiento y falla (SOPORTE Y CIA@ 2007).

Un sistema de información de mantenimiento más que un software, es una metodología de gestión y administración de mantenimiento, que permite a las empresas obtener resultados en cuanto a:

- Definición de procesos óptimos
- Normalización de procedimientos.
- Análisis de eventos.
- Conocimiento de los costos.
- Obtención de indicadores de gestión.

Los software de mantenimiento de alto nivel son aparentemente similares en contenido, siendo su diferencia la profundidad de la información de algunos registros y funciones, la capacidad de apoyo e innovación (SOPORTE Y CIA@ 2007).

Ilustración 30. Ubicación del CMMS en el contexto corporativo de información



Pinilla, 2007, 26

El componente principal de un software para la gestión de mantenimiento es que sea aplicable a cualquier tipo de empresa. Contar con módulos integrados para manejar almacenes, compras, facturas, y algunas aplicaciones para el manejo de

proyectos, herramientas, presupuestos, catálogos, planos, indicadores de gestión, emisión de reportes y control de autorizaciones (SOPORTE Y CIA@ 2007).

La función principal de dicho software es permitir la planeación y control del mantenimiento, pues debe servir como herramienta para llevar a cabo dichos procesos. El sistema debe trabajar con datos compartidos e interrelacionados, lo que permite que la información fluya entre distintas dependencias en tiempo real. Los datos ingresados y almacenados en la base de datos una sola vez deben estar disponibles para cualquier usuario que tenga acceso al sistema (SOPORTE Y CIA@ 2007).

Ilustración 31. Relaciones del *CMMS / ERP / EAM*



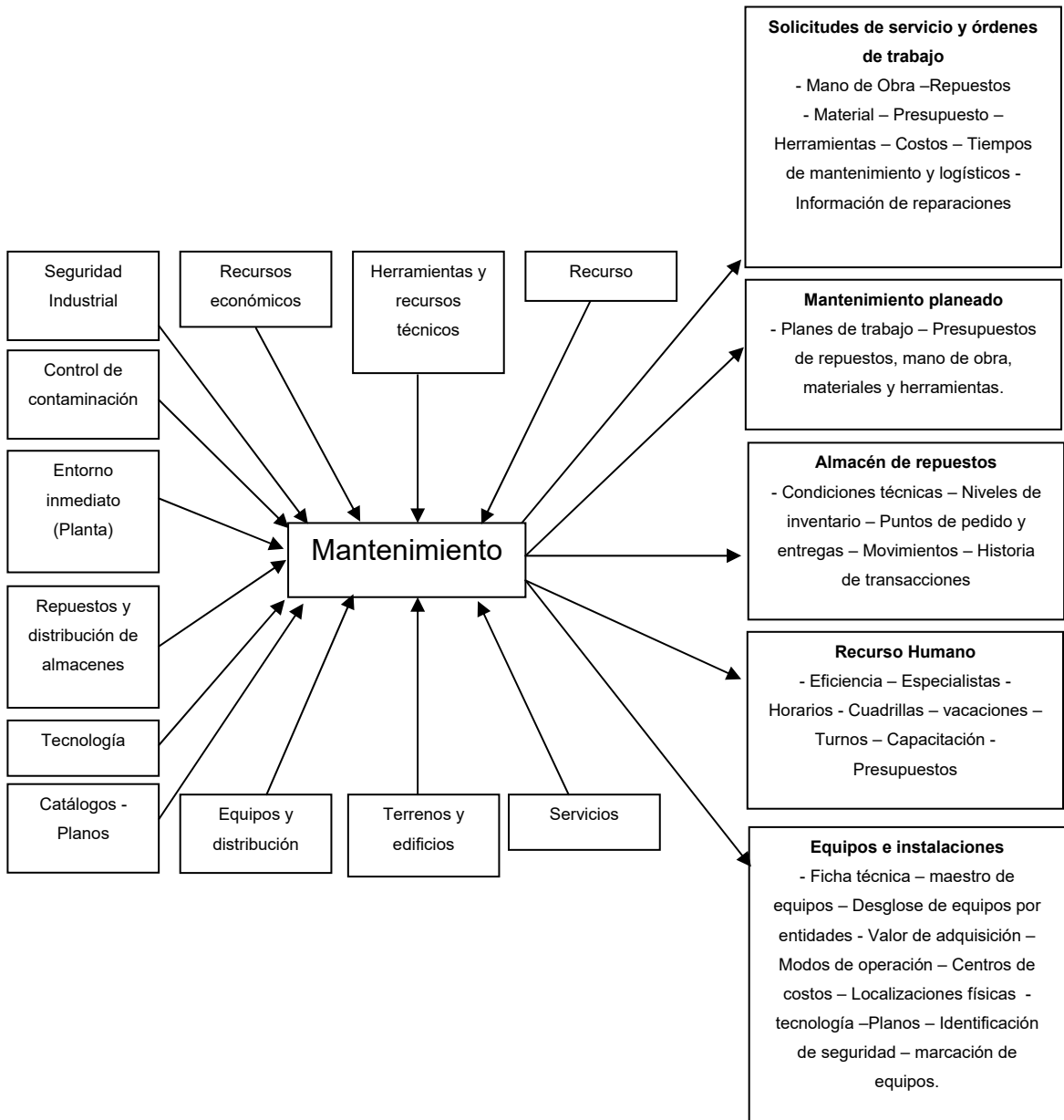
Pinilla, 2007, 27

2.3 ASPECTOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO QUE AFECTAN LA PARAMETRIZACIÓN EN BASE AL *TPM*.

El impacto de conceptos como Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (*RCM*, por sus siglas en inglés), Costeo Basado en Actividad (*ABC*, por sus siglas en inglés) y *TPM*, está borrando los linderos tradicionales entre organizaciones; al punto que se necesitan conceptos nuevos de función y de los procesos de negocios que la entrelazan (SOPORTE Y CIA@ 2007).

Para determinar los aspectos del sistema de información que son afectados por el *TPM*, se debe precisar los aportes de información más frecuentes en el área de mantenimiento, como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 32. Aportes de información frecuentes de mantenimiento



Pérez, 1992, 94

El sistema pretende facilitar el manejo y control de la información, agilizando y ordenando la captura, ingreso, modificación y consulta de esta, además de aumentar su integridad y confiabilidad, para que la administración tenga una buena base para la toma de decisiones y su gestión sea óptima

Por lo tanto un sistema de mantenimiento óptimo se debe basar en un modelo flexible que permita cubrir las áreas de solicitudes de servicio y órdenes de trabajo, mantenimiento planeado, almacén de repuestos, recurso humano y equipos e instalaciones. Muchos *CMMS* tienen módulos adicionales pero no están en el alcance de este proyecto, ya que no tienen relación directa con el *TPM*.

2.3.1 Caracterización de los campos de información de las solicitudes de servicio u órdenes de trabajo

Las solicitudes de servicio u órdenes de trabajo, son realizadas por el personal de la empresa incluido mantenimiento, en el último caso surgen de las inspecciones realizadas por el personal y los programas sistemáticos. Cada solicitud debe ser aprobada por un responsable del área solicitante y/o mantenimiento, El formato debe ser estándar y es similar en todas las empresas. Es la fuente de información para los registros históricos, es un documento que contiene información básica de tiempos, actividad, solicitantes, equipo, horas hombre, materiales, costos, entre otros (Pérez, 1992, 99).

El formato de la orden de trabajo, en muchos casos es básicamente el mismo que el de la solicitud de servicio, sin embargo los que utilizan ambos lo hacen para los grupos de mantenimiento (Pérez 1992, 99).

La orden de trabajo es el principal enlace entre el *CMMS* y el *TPM*, ya que es donde queda registrada la información de los trabajos realizados en reparaciones de averías y cierre de tarjetas fugai de mantenimiento.

Ilustración 33. Formato de una orden de trabajo y registro de mantenimiento.

		O/T – REQ No. 002365	
		REGISTRO No.	001232
ORDEN DE TRABAJO Y REGISTRO DE MANTENIMIENTO			
CÓDIGO EQUIPO	A019-001	LÍNEA	ARENAS
CÓDIGO COMPONENTE	A019-001-01	SUB-LÍNEA	PRODUCTO EN BIG-BAG
FECHA SOLICITUD	24/08/2007	FECHA REQUERIDA	24/08/2007
PRIORIDAD	A	TIPO PARO	PARO-001
SOLICITA	OPE-001	DESCRIPCIÓN	PARO NO PROGRAMADO
RESPONSABLE	SUP-001		
CÓDIGO PROBLEMA	PRO-001		
DESCRIPCIÓN PROBLEMA	FALTA DE PRESIÓN EN CILINDRO DE LEVANTE		
PLAN TRABAJO	PLAN-001		
TIPO ACTIVIDAD	IMEC-004	MANTENIMIENTO DE AVERÍA	
CÓDIGO REPARACIÓN	REP-001		
DESCRIPCIÓN REPARACIÓN	REVISIÓN SELLO MECÁNICO DE REGULADOR DE PRESIÓN		
CUADRILLA	CUA 001		
TIEMPO MANO OBRA			
FECHA	CÓDIGO EMPLEADO	TIEMPO UTILIZADO	TIPO DE TAREA
24/08/2007	MEC009	2	Ajuste
REPUESTOS			
FECHA	CÓDIGO REPUESTO	CANTIDAD	SOLICITA / ENTREGADO
24/08/2007	R001-F01	1	SUP-001/MEC-009
DESCRIPCIÓN SERVICIO Y/O ANÁLISIS DE FALLA	Se encuentra regulador, obstruido, se limpia con liquido penetrante y se deja funcionando bien.		
FECHA DE INICIO	24/08/2007	FECHA FIN	24/08/2007
HORA INICIO	08:00:00 a.m.	HORA FIN	10:75:00 a.m.
TIEMPO EJECUCIÓN	2	TIEMPO PARO	2,75

Elaboración propia

Es el enlace directo entre los trabajos realizados y la historia de reparaciones, en estas órdenes se pueden registrar información de análisis tales como 5W + 1H o 5 por qué por qué, que sirvan de referencia para futuras averías. Además se puede registrar la causa básica de fallo del equipo y adicionalmente enlazar los repuestos utilizados

La información necesaria para poder realizar informes y análisis por el departamento de mantenimiento es muy similar a la que se lleva en los registros de *TPM*, con respecto a las tarjetas y averías. Lo importante es que el *CMMS* brinde acceso fácil y rápido.

Los estándares de manteniendo planeado, mantenimiento basado en tiempo y en condición, en los sistemas de información, se deben almacenar como tareas de mantenimiento programados, estas tareas al momento de cumplir su frecuencia se convierten en órdenes de trabajo.

- Número de solicitud o registro: Es un consecutivo de varios dígitos; en caso de presentarse una solicitud de urgencia, se realiza la actividad y posteriormente se regulariza la documentación respectiva.
Es el código de enlace del *CMMS* y la información impresa. Se debe tener en cuenta que no es el número interno que el sistema asigna a la orden o solicitud de trabajo. En este número de solicitud se puede registrar el consecutivo de la tarjeta de averías o el número de la tarjeta fugai, esto buscando no tener parasistemas y más trabajo para las personas que almacenan la información. Es muy importante que en toda la organización los consecutivos de las tarjetas impresas sean coherentes ya que deben ser números únicos en el *CMMS*.
- Fechas de control o secuencia: Es un registro de la evolución del trabajo que consta de fecha y hora de la solicitud de servicio; fecha y hora de la iniciación del servicio; fecha y hora de finalización y entrega del trabajo.
De igual forma es común encontrar esta información en las tarjetas y formatos impresos. Estas fechas sirven para medir la gestión de cierre de tarjetas de mantenimiento en el periodo que se quiera analizar, además se pueden construir estadísticas de disminución de cantidad de tarjetas generadas y averías en los equipos.
- Tiempo de ejecución: Tiempo total en horas utilizado en el servicio.
Mantenimiento basado en tiempo o condición. En *TPM* este sería el tiempo estándar requerido para realizar la actividad.
- Tiempo de Paro: En caso de que se produzca un paro en la línea de producción se consigna en la casilla.

El tiempo de paro, es importante en *TPM* para construir el árbol de averías que incluye el tiempo de paro, además para construir el *benchmark*⁸ con que se medirá la gestión en el futuro, y lo más importante sirve para determinar las criticidades de los equipos y para que mantenimiento planeado construya el plan maestro de entrada de los equipos a *TPM*.

- Código equipo: Es un número que se ha asignado previamente y lo identifica dentro de un grupo en la planta, este es vital para la identificación adecuada del equipo y evitar confusiones.

Este código es la identificación única del equipo, se debe encontrar en cada tarjeta o registro de *TPM* donde se desee identificar una actividad específica realizada a un equipo

- Código del componente: Es el componente del equipo o línea de producción en el que se realizará el servicio de mantenimiento.

Aplica en *TPM* en gran parte, ya que se debe poder hacer un seguimiento de actividades con el mayor detalle posible.

- Código contable: Es un número de asignación contable para efectos de control. En algunos casos se puede obviar.

- Centro de costos: Centro de trabajo encargado de responder por el costo del servicio de mantenimiento.

Este centro de costos debe poder, a cierto plazo, analizar las mejoras en sus indicadores de costos debido a la implementación del *TPM*.

- Urgencia y prioridad: Se trata de determinar si es o no urgente la ejecución del servicio.

En *TPM* este dato se encuentra en formatos de tarjetas F y averías y sirve para que mantenimiento haga un seguimiento clasificándolo por prioridades.

- Fecha requerida: Es la fecha en que se programa para la entrega del equipo.

⁸ técnica utilizada para medir el rendimiento de un sistema o componente de un sistema, frecuentemente en comparación con el cual se refiere específicamente a la acción de ejecutar.

Producción y mantenimiento pueden llegar a acuerdos de cierre de tarjetas y determinar plazos de entregas para cerrar tarjetas. Con esta fecha se puede medir también la gestión de cierre de tarjetas por parte de mantenimiento.

- Tipo de actividad: Es el tipo de mantenimiento a realizar, entre estos se pueden encontrar, inspección, avería, manufactura, cambio, servicio, instalación o construcción.

Este campo se pueden crear categorías coherentes con *TPM*, como son cierre tarjetas, mejora,

- Código de reparación o intervención: Clave usada con el fin de identificar las fallas y servicios más frecuentes para evitar las descripciones vagas e imprecisas; con esto se logra una tendencia de intervenciones más comunes y se conoce con certeza la parte de una máquina afectada. Es una relación genérica de diversas partes de equipos que pueden llegar a mostrar ciertas similitudes en las diversas intervenciones.

Sirve de gran ayuda en *TPM* conocer en forma instantánea el árbol de pérdidas y determinar puntos críticos de la máquina, puntos críticos a intervenir, recurrencia de fallas, desperfectos de calidad asociados a problemas del equipo.

- Plan de trabajo: Es el código de la descripción secuencial de la actividad, especialmente si es repetitiva.
- Plano o esquema: Anexo necesario para facilitar la labor.

De gran importancia en *TPM*, no sólo se puede agregar información técnica, sino también datos de seguridad como son mapas de seguridad, puntos inseguros, fuentes de alimentación del sistema, entradas y salidas, etc.

- Tipo de Paro: Especifica si debido a la intervención mecánica, el equipo o la línea de producción perdió o no productividad.

En *TPM* está muy ligado al concepto eficiencia global del equipo, que es en cierto modo una relación entre las piezas buenas producidas y las que podía haber producido. Tiene en cuenta el tiempo no operativo del equipo,

por lo tanto es vital que esté operando el mayor tiempo posible, y para esto es crucial llevar un buen mantenimiento preventivo que elimine los tiempos muertos por avería (LEAN ADVISOR@ 2008).

- Responsable: Persona encargada del trabajo o control.
Esta persona debe aparecer en los registros de *TPM*.
- Descripción: El usuario mediante una breve explicación da a conocer el servicio que solicita o el servicio prestado.
Siguiendo la metodología de *TPM*, se debe expresar claramente el problema y no la solución.
- Oficio: mantenimiento se encarga de determinar que clase de oficio debe realizar el servicio.
- Tiempo mano de Obra: Es el tiempo de trabajo realizado por el personal de mantenimiento.
Sirve para construir estándares de mantenimiento autónomo y planeado
- Repuesto o material: Los repuestos y materiales necesarios en la intervención mecánica son registrados y asociados a la orden de servicio, primero para ser utilizados en el servicio de mantenimiento y segundo para realizar seguimiento de costos.
En *TPM* sirve para establecer dos grupos de repuestos y materiales ya sean almacenados en un almacén central con carácter permanente, y con un mínimo muy ajustado o almacenados en áreas o secciones con unidades de reserva, piezas de consumo y herramientas. Un objetivo seguido por el *TPM* es reducir el número de repuestos diferentes debido a la normalización, valor y cantidad (Lezana, 2008, 1).
- Observaciones y/o análisis de falla: Son los comentarios de la reparación.
Es el lugar donde se debe ingresar la situación encontrada, la solución del problema. En las tarjetas f, es común encontrar esta información detrás de la tarjeta. En los reportes de averías, es de gran importancia estos datos, ya que implica que intervención se realizó al equipo, y puede dar indicaciones para futuras averías.

Un *CMMS* debe cumplir unas condiciones básicas relacionadas con las órdenes de trabajo, estas condiciones son las que garantizan que la información importante para mantenimiento sea almacenada y no obviada.

Estos requisitos hacen que se deba modificar los formatos de *TPM*, para que éste no sea un sistema paralelo al del sistema de información. Debido a que los sistemas de mantenimiento son todos muy similares en su contenido y además siempre evolucionan buscando estar a la par de las últimas formas de gestionar las empresas, los cambios al implementar *TPM* tienden a ser muy pocos, lo importante es saber muy bien como parametrizar el sistema para que reciba toda la información.

- El sistema debe producir órdenes de trabajo correctivas y sistemáticas
- El sistema debe proveer la facilidad de modificar la información de las solicitudes de trabajo.
- Las órdenes de trabajo deben permitir dos estados: aprobada y no aprobada.
- El sistema debe actualizar automáticamente la hoja de vida de los equipos.
- El sistema debe comparar costos estimados y reales, permitiendo la entrada manual de los recursos utilizados en las órdenes de trabajo.
- El sistema debe permitir realizar consultas tales como: solicitudes de trabajo pendientes, órdenes de trabajo solicitadas por mantenimiento programado, solicitudes no aprobadas, costo de las órdenes y consultar las órdenes de trabajo por cualquier campo.
- El sistema debe asignar los costos laborales automáticamente, por centro de costos solicitante y ejecutante, clase de actividad, por componente intervenido, tipo de intervención y oficios.
- El sistema debe permitir manejar un presupuesto anual de toda la función de mantenimiento en la empresa.

- El sistema debe validar los datos a medida que sean introducidos y así garantizar integridad y veracidad (Pérez, 1992, 97).

2.3.2 Caracterización de los campos de información de la ficha de mantenimientos planeados.

Para poder realizar los mantenimientos basados en tiempo o en condición, se deben determinar unas tareas estándares, de modo que el sistema genere la necesidad de realizar una intervención de acuerdo a los parámetros de programación de mantenimiento. A continuación se explica solo los campos de la ficha, ya que la información del registro de mantenimiento planeado es muy similar al de una orden de trabajo.

Ilustración 34. Tarea de mantenimiento preventivo

TAREA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
CÓDIGO EQUIPO	A019-001
NOMBRE DEL EQUIPO	MONTACARGA 01 - PRODUCTO TERMINADO
COMPONENTE	A019-001-01
NOMBRE DEL COMPONENTE	FILTRO DE AIRE
CÓDIGO ACTIVIDAD	TAR-001
NOMBRE DEL SERVICIO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO FILTRO DE AIRE.
PRIORIDAD	A
FRECUENCIA	100 - ROTATIVAS
MODO DE OPERACIÓN	H - Horas
ULTIMO SERVICIO	1000
FECHA ULTIMA INTERVENCIÓN	Agosto 18 de 2007
TIPO DE PARO	R001 - REEMPLAZO DE REPUESTO
TIEMPO DE PARO (HORAS)	0,5
CUADRILLA	CUA-05 MECÁNICOS MONTACARGAS
REPUESTOS	R001-F01
INFORMACIÓN DE RESPALDO	LUP 085 – MANUAL MONTACARGAS YALE
DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desenergizar el equipo 2. Desmontar tapa lateral 3. Desmontar filtro de aire 4. Reemplazar filtro. 5. Montar tapa lateral 6. Energizar el equipo 	

Elaboración propia

- Código de equipo: Es el equipo al que se le realizará la actividad planeada. Este código es la identificación única del equipo, el código se debe encontrar en cada tarjeta o registro de *TPM* donde se desee identificar una actividad específica realizada a un equipo
- Código de actividad: Es un código alfa numérico inteligente y compuesto, con el cual se distingue el tipo de actividad o intervención
- Descripción: Es la designación de la actividad.
- Frecuencia: Es el periodo de tiempo con que realiza la tarea programada, este periodo de tiempo es el mismo utilizado en los estándares de mantenimiento basado en tiempo.
- Último servicio: Indica el número de unidades que fueron registradas en el equipo o la fecha de la última vez que se realizó esta tarea.
- Tipo de programación: Indica si la tarea se realiza cada vez que el equipo necesita la intervención o si es periódica, si es periódica se debe especificar si ésta rota dependiendo de la última intervención o si por el contrario es fija con relación a las unidades o la fecha del último servicio.
- Código de intervención: Se asocia con la parte del equipo intervenido.
- Oficio que lo realiza: Se determina dependiendo de la actividad a realizar.
- Tiempo de paro: Es el tiempo que se estima parará el equipo.
- .Horas hombre estimadas: Se debe determinar el tiempo necesario para cumplir con la actividad, además el número de personas y si se requiere o no una cuadrilla.
- Solicitante: Persona o departamento que solicita el servicio.
- Materiales y repuestos: Se determina dependiendo de la actividad a realizar, incluyendo la cantidad, así como la unidad de medida correspondiente, además el código con el que se encuentra el almacén.
- Descripción del servicio: Se explica las actividades que se realizaran en la intervención de mantenimiento.

El sistema debe cumplir con los siguientes requisitos.

- El sistema debe permitir mantener un archivo de las actividades a realizar en los equipos, con una descripción detallada de las tareas a ser ejecutadas en cada actividad.
- El sistema debe permitir modificar la información concerniente a las actividades.
- El sistema debe generar automáticamente un plan de mantenimiento por fechas y por cada equipo.
- El sistema debe permitir modificar el plan de trabajo con opciones tales como: cambio de frecuencia de una actividad, nueva generación del plan y nuevos equipos.
- El sistema debe permitir suspender la entrada de fechas de iniciación de las actividades y proveer la opción de continuar.
- El sistema debe permitir la consulta del plan de mantenimiento por periodos, máquinas y actividades.
- Presupuesto y comparación de cumplimiento (Pérez, 1992, 97).

2.3.3 Caracterización de los campos de información del registro de equipos.

El registro de un equipo es una ficha u hoja que tiene la información general del equipo tratando de describirlo completamente, la información general que se consigna es la siguiente:

Ilustración 35. Identificación de equipos

IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS	
IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO	A019-001
NOMBRE	MONTACARGA 01
LOCALIZACIÓN	L001
NOMBRE LOCALIZACIÓN	BODEGA PRODUCTO TERMINADO
LÍNEA	ARENAS
SUB - LÍNEA	PRODUCTO EN BIG-BAG
FUNCIÓN	ALMACENAJE DE ESTIBAS
COMPONENTES	A019-001-01 - A019-001-02 - A019-001-03
CRITICIDAD	A - ALTA
CENTRO DE COSTOS	CST-001
FABRICANTE	IMP-002
	YALE
MODELO	GP080LJNGBE089
NUMERO DE SERIE	C813V01521Y
AÑO DE FABRICACIÓN	2000
IDENTIFICACIÓN ANTERIOR	MTGA- 001
IDENTIFICACIÓN DE ACTIVO	M001836
DEPARTAMENTO	LOGÍSTICA
CATALOGO	MONTACARGAS YALE
FECHA INSTALACIÓN	18/01/2000
UNIDADES DE OPERACIÓN	H - HORAS
CAPACIDAD	1,5 TONELADAS
EQUIPOS ASOCIADOS	A019-002
CÓDIGO DE ESTADO	ACTIVO
ESPECIALISTAS	MECÁNICOS
REPUESTOS	R001-F01 - R001-F02 - R001-F80
TAREAS DE MANTENIMIENTO	MEC01 - MEC02 - MEC03 - MEC05 - MEC08

Elaboración propia

- **Identificación del equipo:** Es el número o código que se le ha asignado a la máquina, lo identifica y lo hace único en la planta. Todos los equipos de una compañía deben tener una identificación de equipo diferente. La identificación también se puede utilizar para representar edificios, números de proyectos de acuerdo a las necesidades de la organización (EAM, 2008).
- **Nombre:** Descripción breve del equipo. Esta descripción se mostrará o se imprimirá en casi todos los lugares del sistema donde se utilice el equipo. Se recomienda establecer ciertos pasos para ingresar la información.
- **Localización:** Representa la ubicación física donde se encuentra el equipo. Lo localización ingresada ya debe existir en el sistema de información.

- Función: Trabajo que ejecuta y que justifica su presencia como recurso
- Centro de costos: Lugar donde se encuentra el equipo asociado contablemente.
- Fabricante: Código que se le asigna a cada fabricante. En muchos sistemas este fabricante debe existir con anterioridad.
- Modelo: Según el fabricante, lo identifica dentro de un grupo.
- Número de serie: Por lo general los equipos traen sus números de serie de fábrica. Este número es único
- Año de fabricación: En este campo se ingresa el año de fabricación del equipo.
- Identificación anterior: Es el código con que se identificaba el equipo anteriormente.
- Identificación de activo: Este código se utiliza en caso de que el equipo tenga asignado algún código de activo fijo para efectos contables.
- Departamento: Aquí se ingresa el departamento al que pertenece el equipo
- Catálogo o plano: Número del dibujo donde se encuentra información técnica del equipo o cualquier otra que tenga sentido para la compañía.
- Fechas de instalación y recepción. Fecha en que se instala el equipo.
- Unidades de operación: Es la forma de medir los rendimientos del equipo. Estos modos de operación se utilizan para realizar seguimiento de los equipos para mantenimiento preventivos.
- Capacidad: Capacidad del equipo,
- Equipos asociados: En este campo se ingresan los equipos que funcionan al mismo tiempo. Gracias a esta asociación se pueden imprimir listas de equipos asociados y se puede generar programas de mantenimiento preventivo.
- Código de estado: Es un código que representa el estado actual de un equipo. El código de estado se debe haber creado con anticipación
- Especialistas: Indica los especialistas encargados del equipo

- Repuestos: Información de los repuestos que requiere la máquina
- Tares de mantenimiento: Datos de las actividades sistemáticas que se deben realizar al equipo.

El sistema debe cumplir con los siguientes requisitos.

- El sistema debe mantener y almacenar un registro con toda la información del equipo.
- El sistema debe almacenar y mantener la información de los componentes emergentes que son necesarios para el funcionamiento de los equipos.
- El sistema debe permitir que un equipo se le asocien los repuestos del almacén necesarios para realizar su labor de mantenimiento.
- El sistema debe permitir que a un equipo se le asocien las actividades de mantenimiento necesarias para que este se mantenga en condiciones óptimas.
- El sistema debe permitir mantener información de aquellos equipos que por una u otra razón son retirados de la planta y se consideran obsoletos.
- El sistema debe suministrar información acerca de todas las actividades de mantenimiento que se le han realizado a un equipo, es decir, proporcionar la hoja de vida del equipo.
- El sistema debe permitir consultar y reportar toda la información referente y/o relacionada con el equipo, validando los campos que ingrese el usuario.
- El sistema debe evaluar automáticamente repuestos y actividades con grupos de igual marca y modelo.
- El sistema debe permitir verificar los repuestos instalados en la planta (Pérez, 1992, 98).

2.3.4 Caracterización de los campos de información de repuestos

Los repuestos que se consideren vitales para garantizar la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos, se asocian, según la información del fabricante, experiencia y catálogos.

Ilustración 36. Formato de registro de repuestos

REGISTRO DE REPUESTOS	
INFORMACIÓN DEL ARTICULO	
CÓDIGO DE REPUESTO	R001-F01
DESCRIPCIÓN DEL REPUESTO	
LIQUIDO PENETRANTE, DESENGRASANTE	
ALMACÉN	ALM - 01
NACIONAL / IMPORTADO	NACIONAL
ESTADO	NUEVO
COSTO	30000
MONEDA	PESOS
STOCK RECOMENDADO	
STOCK MÁXIMO	5
STOCK MÍNIMO	5
UNIDAD DE ALMACENAMIENTO	UNIDAD
UNIDAD DE MEDIDA	UNIDAD
CANTIDAD INSTALADA	5

Elaboración propia

- Código del repuesto: Es un número que se ha asignado para identificar un repuesto, éste es vital para la identificación adecuada del repuesto. El código debe ser único e igualmente debe ser determinado con una codificación inteligente.
- Descripción: Descripción breve del repuesto, esta descripción debe permitir distinguir entre repuestos similares.
- Almacén: Lugar donde está almacenado el repuesto.
- Origen: Indica el origen del repuesto, se utiliza normalmente para describir si es nacional o importado, ya que las políticas de adquisición de repuestos nacionales e importados son muy diferentes.

- Estado: Indica en que forma se consigue el repuesto: nuevo, usado, remanufacturado o reconstruido.
- Cantidad instalada: Cantidad de repuestos que se encuentran almacenados.
- *Stock* recomendado: Es un valor que se determina luego de verificar la cantidad de repuestos por equipo en toda la planta y que dice el número de estos que se deben mantener almacenados. Este *stock* se construye con políticas de máximos y mínimos.
- Unidad de almacenamiento: Indica en que unidad serán guardados en el almacén.
- Unidad de medida: Indica en que forma se compra el repuesto.

El sistema debe cumplir con los siguientes requisitos.

- El sistema debe permitir llevar la información concerniente a los repuestos necesarios para realizar actividades de mantenimiento, facilitándole al usuario manipularlos y modificarlos.
- El sistema debe permitir por medio de códigos clasificar repuestos.
- El sistema debe manejar un inventario permanente.
- El sistema debe estimar el valor promedio de los inventarios.
- El sistema debe producir diferentes reportes tales como: productos por debajo del punto mínimo, entradas, salidas, existencias, consumos promedio, faltantes y consumos de los últimos meses.
- El sistema debe proporcionar la ubicación del artículo para la búsqueda rápida.
- El sistema debe proporcionar listas de artículos en procesos de compra y existencias críticas (Pérez, 1992, 98).

2.3.5 Caracterización de los campos de información de mano de obra.

El sistema debe permitir llevar un registro de los empleados de la organización dedicados a la labor de mantenimiento.

Ilustración 37. Formato de registro de empleados

REGISTRO DE EMPLEADOS	
CÓDIGO DE EMPLEADO	MEC-009
NOMBRE	WALTER ALBERTO WILCHES A.
DIRECCIÓN	CRA 151# 44S-43 - Envigado
TELÉFONO	795133
No DE IDENTIFICACIÓN	61024223
NIVEL DE HABILIDAD	NIVEL-005
CENTRO DE COSTOS	CST-001
ESPECIALIDAD	ESP-001
CUADRILLA	CUA-005
ESTADO	ACTIVO
SUPERVISOR	SUP-001
CÓDIGO TARIFA	TAR-002

Elaboración propia

- Código de empleado: Es la forma como el empleado se identificará en el sistema. Este código debe ser único.
- Nombre: Nombre del empleado
- Dirección y teléfono: Información básica para localizar el empleado.
- Tarjeta de identificación: Es el código con que está relacionado el empleado en la empresa. En muchas organizaciones este código es el mismo del código de empleado del sistema de información.
- Nivel de habilidad: Es el nivel en el que se encuentra el empleado en los diferentes roles que desarrolla.
- Centro de costos: Centro de trabajo encargado de responder por el costo de la mano de obra.
- Especialidad: En este campo se ingresa la especialidad del empleado. Sirve para filtrar en otras secciones del sistema de información.

- Cuadrilla: Este campo indica la cuadrilla a la que pertenece el empleado.
- Estado: Indica la situación ante la empresa en la que se encuentra el empleado.
- Supervisor: Persona encargada de supervisar los trabajos de este empleado.
- Código de Tarifa: Es la tarifa unitaria del costo de la mano de obra.

El sistema debe cumplir con los siguientes requisitos.

- Cada uno de los empleados debe tener asignado un oficio en el se desempeña.
- El sistema debe permitir registrar para cada empleado el total de horas trabajadas y sus respectivos costos para poder presupuestar y costear las solicitudes y órdenes de trabajo respectivamente.
- El sistema debe permitir acceder y consultar toda la información referente a la mano de obra que realiza la labor de mantenimiento.

2.4 RESUMEN DEL CAPITULO

Los *CMMS* son muy similares, lo más importante de un *CMMS* es que se pueda aplicar a cualquier industria. Por lo tanto el estudio de las variables que se ven afectadas por el *TPM* son muy generales.

Los módulos más importantes que tiene un *CMMS* son: manejo de activos físicos, manejo de almacenes y sus artículos, manejo del personal, órdenes de trabajo, mantenimientos planeados y la relación entre todos ellos en las historias de servicio de los equipos.

3 CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES Y REPORTES DE TPM A PARTIR DEL CMMS

3.1 OBJETIVO

Realizar el esquema con las actividades necesarias para la construcción de reportes o cubos de información, que sirvan de guía para la elaboración de gráficas, indicadores y reportes necesarios del *TPM*.

3.2 INTRODUCCIÓN

El análisis de datos en las empresas es una práctica cotidiana, la llegada de herramientas tecnológicas para el soporte a la toma de decisiones ha facilitado esta tarea a los niveles intermedios y estratégicos de la organización, así es como nace el concepto de Inteligencia de Negocios (*BI* por sus siglas en inglés *Business Intelligence*). Ha contribuido a aumentar la necesidad de convertir los datos en información para tomar acción dentro de la empresa, por tanto, se concluye, que en una organización inteligente el análisis de datos juega un rol central para que éstas sean altamente competitivas (GOPAC@ 2008).

La inteligencia de negocios se ha venido desarrollando en gran escala desde mediados de los 90's, y es un excelente complemento a la implementación de sistemas integrales (GOPAC@ 2008).

Muchos sistemas transaccionales no están diseñados para la explotación de información o la toma de decisiones, ya que, técnicamente, el diseño de sus estructuras de datos están desarrolladas para soportar el registro de transacciones. Este "pequeño detalle" no es muy "publicitado" por los fabricantes, y lo que han hecho es integrar supuestos módulos adicionales (GOPAC@ 2008).

BI es una alternativa tecnológica y de administración de negocios, que cubre los aspectos del manejo de información para la toma de decisiones, desde su extracción en los sistemas, depuración, transformación, diseño de estructuras de datos o modelos especiales para el almacenamiento de datos, hasta la explotación de la información mediante herramientas comerciales de fácil uso para los usuarios. A continuación se detalla cada uno de los elementos

- Extracción: Procesos automatizados cuyo objetivo es el de obtener los datos necesarios para la toma de decisiones de la fuente oficial dentro de la organización, sistema transaccional, Microsoft Excel, etc.
- Depuración: Detección y arreglo mediante reglas de negocio de las inconsistencias de información extraída.
- Transformación: Aplicación de reglas para transformar los datos almacenados de las fuentes oficiales en información para toma de decisiones, aplicación de cálculos y fórmulas para indicadores.
- Diseño de estructuras: Diseño y creación de bases de datos especiales para el almacenamiento de la información de toma de decisiones.
- Herramientas de Explotación: Éstas son sistemas que ayudan al usuario a la exploración de los datos y generación de vistas de información. Se dividen en reportadores, Sistemas de Análisis Multidimensional, Sistemas de Apoyo a la Toma de decisiones y Sistemas de información ejecutiva (GOPAC@ 2008).

Todos estos elementos se consideraran en el momento de querer utilizar la información que está almacenada en el *CMMS* para generar indicadores y reportes que generan valor a la gestión de mantenimiento. Por lo tanto se revisarán los indicadores que se utilizan generalmente en *TPM* y que tienen relación con mantenimiento.

3.3 INDICADORES DE *TPM*

Hay un dicho que dice "usted no puede mejorar lo que usted no puede medir", esto implica tener un indicador que mida el desempeño de la empresa. Por esto el *TPM* utiliza un indicador llamado Efectividad Global del Equipo (EGE), para medir la productividad y realizar los diagnósticos al nivel de equipo (Ramírez, 2006, 12).

Ecuación 1. Calculo del EGE

$$\text{EGE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$$

OEE@, 2005

El cálculo del EGE es fundamental dentro del *TPM*, EGE responde elásticamente a las acciones realizadas tanto de mantenimiento autónomo, como de otros pilares del *TPM*, una buena medida inicial del EGE ayuda a identificar las áreas críticas donde se podría iniciar una experiencia piloto *TPM* y para conocer claramente el impacto de las seis grandes pérdidas. (Ramírez, 2006, 13)

TPM usa este indicador (EGE) para conocer claramente el impacto de las seis grandes pérdidas y medir la salud total del equipo (JIPM, 1996, 30).

Pérdidas que afectan la disponibilidad.

- Pérdidas por fallas. Son causadas por defectos en los equipos que requieren de alguna clase de reparación. Estas pérdidas consisten de tiempos muertos y los costos de los repuestos y mano de obra requerida para la reparación. La magnitud de la falla se mide por el tiempo muerto causado (MONOGRAFIAS@ 2005).
- Pérdidas de cambio de modelo y de ajuste. Son causadas por cambios en las condiciones de operación, como el empezar una corrida de producción, el empezar un nuevo turno de trabajadores. Estas pérdidas consisten en

tiempo muerto, cambio de moldes o herramientas, calentamiento y ajustes de las máquinas. Su magnitud se mide por el tiempo muerto (MONOGRAFIAS@ 2005).

El tiempo de preparación es el período en el cual, se ajustan los parámetros necesarios para el cambio de referencia. Este tiempo puede incluir limpieza, ajuste de variables en máquina para garantizar la calidad del producto siguiente, montaje de herramientas y dispositivos, y búsqueda de personas (THE PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM, 1999, 14-20).

Pérdidas que afectan la eficiencia

- Pérdidas debido a paros menores. Son causadas por interrupciones a las máquinas, bloqueos o tiempo de espera. En general no se pueden registrar estas pérdidas rectamente, por lo que se utiliza el porcentaje de utilización (100% menos el porcentaje de utilización), en este tipo de pérdida no se daña el equipo (MONOGRAFIAS@ 2005).

Se definen como paros menores, todas aquellas situaciones que interrumpen el flujo normal de producción, sin hacer realmente que la máquina pare. Esta clase de pérdidas ocurren más frecuentemente en líneas automatizadas, y pueden llegar a tener tanta importancia, que hacen imposible que un equipo automatizado opere sin la supervisión de alguien (Escobar, 2002, 22).

- Pérdidas de velocidad reducida. Son causadas por reducción de la velocidad de operación (MONOGRAFIAS@ 2005).

Pérdidas que afectan la calidad

- Pérdidas por defectos de calidad y reprocesos. Son productos que están fuera de las especificaciones o defectuosos, son producidos durante operaciones normales; estos productos tienen que ser reprocesados o reciclados. Las pérdidas consisten en el trabajo requerido para componer el defecto o el costo del material desperdiciado (MONOGRAFIAS@ 2005).
- Pérdidas de rendimiento (puesta en marcha). Son causadas por materiales desperdiciados o sin utilizar y son ejemplificadas por la cantidad de materiales regresados, tirados o de desecho (MONOGRAFIAS@ 2005).

En la mayoría de los procesos antes de obtener productos de calidad es necesario que algunas variables se estabilicen según el estándar de operación, mientras esto sucede se pierden unidades que cuentan y aumentan desperdicio.

Debido que para calcular el EGE, se requiere de información que no se almacena en el *CMMS*, éste proyecto se centra en los diferentes indicadores que llevan a aumentar la disponibilidad de los equipos, lo cual es importante para aumentar la eficiencia global de los equipos.

Para tener más información de cómo calcular el EGE, se puede remitir al proyecto de grado “Guía para la medición de la efectividad global del equipo (EGE) y la efectividad global de la planta (EGP) en la industria” realizado por el Andrés Ramírez y presentado en la Universidad EAFIT en el año 2006.

3.4 INDICADORES DE MANTENIMIENTO QUE AYUDAN A AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS

Cuando las personas no ven como puede ayudar el *TPM* a su empresa, su implantación pierde fuerza y orientación, por tanto, es esencial monitorear permanentemente su eficacia para mantener los esfuerzos en la ruta debida, esto se logra por medio de indicadores. (Morales, 2004, 63).

Se realizará un análisis a los indicadores que afecta directamente al departamento de mantenimiento y están relacionados con el *CMMS*.

Los indicadores técnicos que están relacionados con la calidad de gestión del mantenimiento permiten ver el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos, además miden la calidad de los trabajos y el grado de cumplimiento de los planes de mantenimiento (Morales, 2004, 70).

Hay que aclarar que para determinar correctamente los indicadores de mantenimiento es conveniente tener una cantidad mínima de datos que respalden los resultados, por lo tanto es muy importante la oportuna y correcta recolección e introducción de información en el sistema de información.

Para revisar la forma de construir los indicadores de *TPM* que están relacionados con mantenimiento, se mostrarán a continuación las ilustraciones de maestros y registro que tiene relación con los indicadores

Ilustración 38. Reporte de tiempos de paro.

REPORTE DE TIEMPO DE PARO PARA EL EQUIPO A019-001					
FECHA	ORDEN DE TRABAJO	CÓDIGO COMPONENTE	TIEMPO PARO	TIPO DE TAREA	TAREA
15/08/2007	O.T. 00001	A019-001-18	2,5	Ajuste	1
17/08/2007	O.T. 00002	A019-001-01	2	Recambio	1
22/08/2007	O.T. 00003	A019-001-02	1	Lubricación	1
24/08/2007	O.T. 00004	A019-001-01	2,75	Ajuste	1
30/08/2007	O.T. 00004	A019-001-01	10	Avería	1
05/09/2007	O.T. 00004	A019-001-01	1,25	Ajuste	1
07/09/2007	O.T. 00004	A019-001-01	3	Avería	1

Elaboración propia

Ilustración 39. Reporte de unidades de operación.

REPORTE DE UNIDADES DE OPERACIÓN PARA EL EQUIPO A019-001			
FECHA	UNIDADES OPERADAS	UNIDADES ACUMULADAS	TIEMPO PARO
15/08/2007	5,5	2500	2,5
16/08/2007	6	2506	
17/08/2007	7	2513	2
18/08/2007	5,25	2518,25	
19/08/2007	6	2524,25	
20/08/2007	6,5	2530,75	
21/08/2007	8	2538,75	
22/08/2007	5	2543,75	1
23/08/2007	6	2549,75	
24/08/2007	4	2553,75	2,75
25/08/2007	6	2559,75	
26/08/2007	6,5	2566,25	
27/08/2007	7	2573,25	
28/08/2007	6,5	2579,75	
29/08/2007	5	2584,75	
30/08/2007	0	2584,75	10
31/08/2007	6	2590,75	
01/09/2007	6,5	2597,25	
02/09/2007	7,5	2604,75	
03/09/2007	6,5	2611,25	
04/09/2007	6	2617,25	
05/09/2007	5,5	2622,75	1,25
06/09/2007	6,5	2629,25	
07/09/2007	4	2633,25	3
08/09/2007	6	2639,25	
09/09/2007	6,5	2645,75	

Elaboración propia

3.4.1 Gravedad de fallos

Mide la gravedad de los fallos, relacionándola con la duración del tiempo de fallo. Estos fallos también pueden clasificarse por categorías. Este indicador es muy importante ya que se pueden tener pocos paros pero estos ser muy graves y ocasionar una eficiencia pobre del equipo. La meta de este objetivo es el 15% o menos y se recomienda medir mensualmente.

Ecuación 2. Gravedad de fallos

$$\text{Gravedad de fallos} = \frac{\text{Tiempo total de paradas debidas a fallos}}{\text{Tiempo total de carga}} \times 100$$

Morales, 2004, 70

- La extracción de datos del *CMMS* como son tiempo total de paro y tiempo total de carga salen del reporte de tiempos de paro y del reporte de unidades de operación.
- En este caso la depuración y arreglo de la información se realiza por equipo y por fecha. Esta depuración se puede hacer también por plantas, líneas sublíneas o tomar todos los equipos de la empresa para el cálculo del indicador y comparar luego entre los diferentes procesos.

Ilustración 40. Depuración de las tablas para el indicador gravedad de fallos.

FECHA	UNIDADES OPERADAS	TIEMPO PARO	TIPO DE TAREA
15/08/2007	5,5	2.5	Ajuste
16/08/2007	6		
17/08/2007	7	2	Recambio
18/08/2007	5,25		

Elaboración propia

- Transformar los datos almacenados en las fuentes oficiales y aplicación de cálculos y fórmulas para indicadores.

Ilustración 41. Transformación de datos para el indicador de gravedad de fallos

FECHA	UNIDADES OPERADAS	UNIDADES OPERADAS ACUMULADAS	TIPO DE TAREA	TIEMPO DE PARO	TIEMPO DE PARO ACUMULADO	TASA DE GRAVEDAD DE FALLOS
15/08/2007	5.5	5.5	Ajuste	2.5	2.5	45,45%
16/08/2007	6	11.5			2.5	21,74%
17/08/2007	7	18.5	Recambio	2	4.5	24,32%
18/08/2007	5.25	23.75			4.5	18,95%

Elaboración propia

- Diseño de estructuras especiales para el almacenamiento de la información de toma de decisiones.

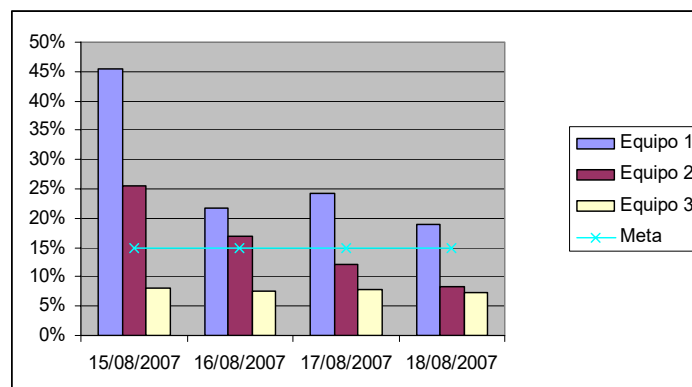
Ilustración 42. Tabla final con los datos para el indicador de gravedad de fallos

FECHA	TIPO DE TAREA	TASA DE GRAVEDAD DE FALLOS
15/08/2007	Ajuste	45,45%
16/08/2007		21,74%
17/08/2007	Recambio	24,32%
18/08/2007		18,95%

Elaboración propia

- Para la exploración de la información se debe aclarar que en la tabla anterior se ven los resultados para un solo equipo en un periodo de tiempo, para tener una visión global y que ayude a la gestión se deben poder comparar este indicador entre diferentes equipos y plantas.

Ilustración 43. Evolución de la gravedad de fallos en el tiempo



Elaboración propia

3.4.2 Relación de mantenimiento planeado versus mantenimiento de emergencia

Representa la relación entre intervenciones no planeadas o de emergencia y todas las actividades de mantenimiento. Un buen mantenimiento es cuando el personal de mantenimiento decide que equipo necesita una intervención y no los propios equipos por fallas inesperadas. La meta de este indicador es 90% o más.

Ecuación 3. Relación entre mantenimiento planeado y de emergencia

$$\text{Tasa de ME} = \frac{\text{Número de trabajos de Emergencia}}{\text{Tiempo total de Trabajos (Planeados y Emergencia)}} \times 100$$

Morales, 2004, 70

- La extracción del tiempo total trabajado sale del reporte de tiempos de paro.
- La depuración y arreglo de la información quedaría igual a la del indicador de gravedad de fallos.
- Transformar los datos almacenados en las fuentes oficiales y aplicación de cálculos y fórmulas para indicadores.

Ilustración 44. Transformación de datos para el indicador de relación entre mantenimiento planeado y de emergencia

FECHA	TIEMPO PARO	TIPO DE TAREA	TIPO DE PARO	TIEMPO PLANEADO ACUMULADO	TIEMPO EMERGENCIA ACUMULADO	TASA ME
15/08/2007	2,5	Ajuste	PM	2,5	0	0%
17/08/2007	2	Recambio	EM	2,5	2	44%
22/08/2007	1	Lubricación	PM	3,5	2	36%
24/08/2007	2,75	Ajuste	PM	6,25	2	24%

Elaboración propia

- Diseño de estructuras especiales para el almacenamiento de la información de toma de decisiones.

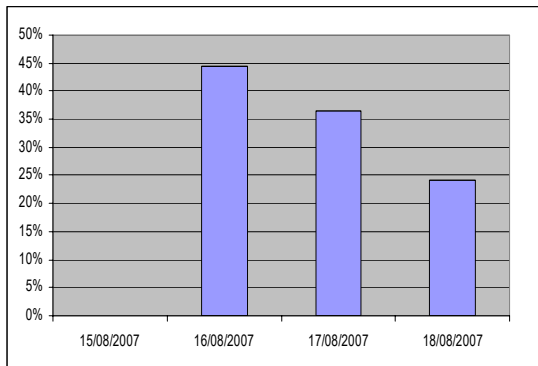
Ilustración 45. Tabla final con los datos para el indicador de relación entre mantenimiento planeado y de emergencia

FECHA	TIPO DE TAREA	TIPO PARO	TASA ME
15/08/2007	Ajuste	PM	0%
16/08/2007	Recambio	EM	44%
17/08/2007	Lubricación	PM	36%
18/08/2007	Ajuste	PM	24%

Elaboración propia

- La exploración se puede hacer por equipo, por planta o como este configurada la jerarquización de equipos en el CMMS.

Ilustración 46. Evolución de la relación de mantenimiento planeado y de emergencia.



Elaboración propia

3.4.3 Número de paradas por averías

Tendencia en el número de paradas debidas a averías. El objetivo de este indicador es llegar a cero.

Ecuación 4. Número de paros

$$\text{Número de paradas} = \text{Número de paradas por averías}$$

Morales, 2004, 70

- La extracción, depuración y transformación de datos del *CMMS* es la misma del indicador de gravedad de paros.
- Diseño de estructuras para el almacenamiento de la información

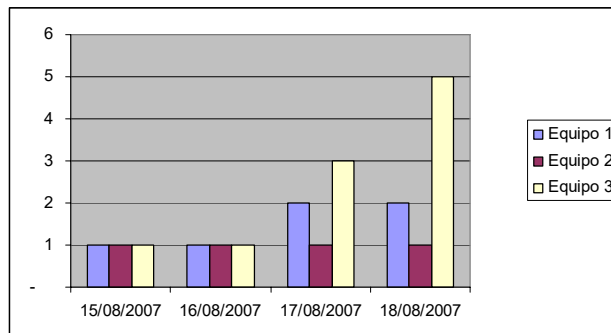
Ilustración 47. Tabla final con los datos para el indicador de número de paros

FECHA	TIPO DE TAREA	CUENTA FALLOS ACUMULADOS
15/08/2007	Ajuste	1
16/08/2007		1
17/08/2007	Recambio	2
18/08/2007		2

Elaboración propia

- Las herramientas de exploración se deben diseñar para comparar resultados que ayuden a determinar que equipos son los críticos del proceso.

Ilustración 48. Evolución del número de paros acumulado por equipo.



Elaboración propia

3.4.4 Tiempo medio entre fallos

El tiempo medio entre fallos indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo; es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada del evento "fallo". Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del equipo. Para determinar el valor de este indicador se deberá utilizar la data primaria histórica almacenada en los sistemas de información.

Ecuación 5. Tiempo medio entre fallos

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operaciones}}{\text{Número total de fallos}}$$

Morales, 2004, 70

3.4.5 Tiempo medio para reparar

Es el tiempo medio requerido para reparar una falla y devolver el equipo a su condición natural de funcionamiento, en la cual este puede desarrollar la función que ha sido diseñado para realizar (BGR@ 2008).

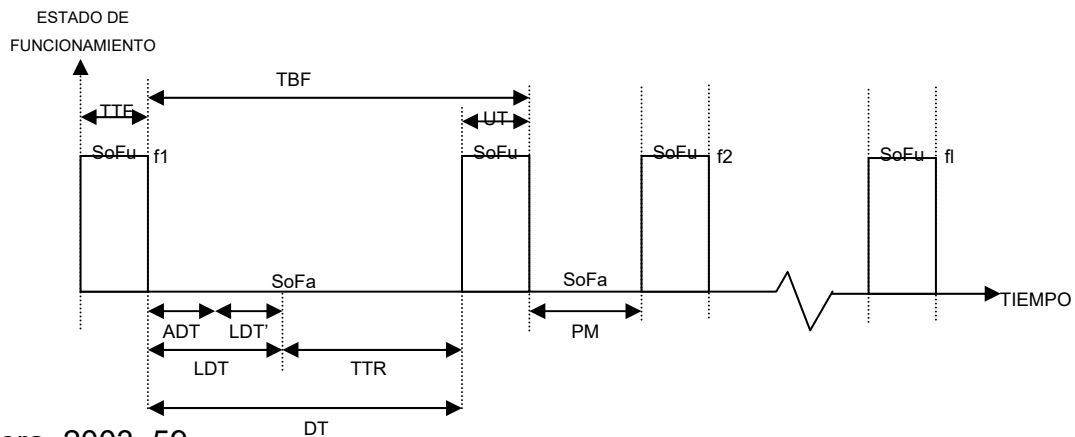
Ecuación 6. Tiempo medio para reparar

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de las reparaciones}}{\text{Número total de fallos}}$$

Morales, 2004, 71

Para determinar los indicadores *MTTR* y *MTBF* se debe analizar los tiempos utilizados en las actividades propias y exógenas del mantenimiento. En la siguiente ilustración se aprecia los tiempos de fallas, de funcionamiento y demás que impiden la funcionalidad o no del sistema o equipo (Mora, 2003, 59).

Ilustración 49. Tiempos de fallas, de funcionamiento y demás que impiden la funcionalidad o no del sistema o equipo



Mora, 2003, 59

Donde

- *TTF*: léase en inglés *Time To Failure* o en español tiempo hasta fallar (se usa en equipos que solo fallan una vez, no reparables).
- *m*: número de fallas ocurridas en el tiempo que se revisa, desde f_1 hasta f_l .
- *TTR*: léase en inglés *Time To Repair* o en español tiempo neto que demora la reparación neta, sin incluir demoras ni tiempos logísticos, ni tiempos invertidos en suministros de repuestos o recursos humanos.
- *TBF*: léase en inglés *Time Between Failures* o en español tiempo entre fallas.
- *UT*: léase en inglés *Up Time* o en español tiempo útil en el que el equipo funciona correctamente.
- *DT*: léase en inglés *Down Time* o en español tiempo no operativo.
- *ADT*: léase en inglés *Administrative Delay Time* = retrasos administrativos exógenos a la actividad propia de reparación.
- *LDT'*: léase en inglés *Logistics Delay Time* o en español retrasos logísticos por la obtención de insumos para la reparación.
- $LDT = ADT + LDT'$: léase en inglés *Logistics Down Time* o en español tiempo total logístico que demora la acción propia de reparación o mantenimiento. Son todos los tiempos exógenos que retrasan el tiempo activo.
- *PM*: léase en inglés *Planned Maintenances* o en español mantenimientos planeados, pueden ser preventivos o predictivos.
- *SoFa*: léase en inglés *State of Failure* o en español estado de falla, el equipo no funciona correctamente
- *SoFu*: léase en inglés *State of Functioning* o en español estado de funcionamiento correcto.

3.4.6 Cálculo del indicador de tiempo medio entre fallos desde el CMMS

Ecuación 7. Tiempo medio entre fallos

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{m}$$

Mora, 2003, 59

- La extracción de datos del CMMS para el tiempo entre fallos y el número de fallos sale de la tabla de tiempos de paro y del reporte de unidades de operación, de las ilustraciones 38 y 39 respectivamente.
- La depuración y arreglo de la información se realiza por tipo de paro y las fechas.

Ilustración 50. Tabla depurada para el cálculo del *MTBF*

FECHA	UNIDADES OPERADAS	TIEMPO PARO
15/08/2007	5,5	2,5
16/08/2007	6	
17/08/2007	7	2
18/08/2007	5,25	
19/08/2007	6	
20/08/2007	6,5	
21/08/2007	8	
22/08/2007	5	1
23/08/2007	6	
24/08/2007	4	2,75
25/08/2007	6	
26/08/2007	6,5	
27/08/2007	7	
28/08/2007	6,5	
29/08/2007	5	
30/08/2007	0	10
31/08/2007	6	
01/09/2007	6,5	
02/09/2007	7,5	
03/09/2007	6,5	
04/09/2007	6	
05/09/2007	5,5	1,25
06/09/2007	6,5	
07/09/2007	4	3
08/09/2007	6	
09/09/2007	6,5	

Elaboración propia

- Transformar los datos almacenados en las fuentes oficiales y aplicación de cálculos y fórmulas para indicadores.

Ilustración 51. Transformación de datos para el MTBF

FECHA	UNIDADES OPERADAS	TIEMPO PARO	TBF ACUMULADO	MTBF POR PERIODO
15/08/2007	5,5	2,5	N/A	
16/08/2007	6		8,5	8,50
17/08/2007	7	2	9	
18/08/2007	5,25		14,25	
19/08/2007	6		20,25	
20/08/2007	6,5		26,75	
21/08/2007	8		34,75	34,75
22/08/2007	5	1	6	
23/08/2007	6		12	12,00
24/08/2007	4	2,75	6,75	
25/08/2007	6		12,75	
26/08/2007	6,5		19,25	
27/08/2007	7		26,25	
28/08/2007	6,5		32,75	
29/08/2007	5		37,75	37,75
30/08/2007	0	10	10	
31/08/2007	6		16	
01/09/2007	6,5		22,5	
02/09/2007	7,5		30	
03/09/2007	6,5		36,5	
04/09/2007	6		42,5	42,50
05/09/2007	5,5	1,25	6,75	
06/09/2007	6,5		13,25	13,25
07/09/2007	4	3	7	
08/09/2007	6		13	
09/09/2007	6,5		19,5	19,50

Elaboración propia

- Diseño de estructuras para el almacenamiento de la información.

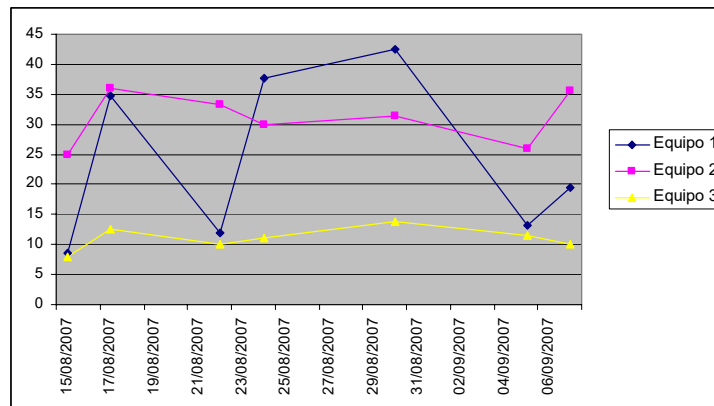
Ilustración 52. Tabla final para almacenar los resultados del *MTBF*

FECHA INICIO PERIODO	FECHA FIN PERIODO	MTBF POR PERIODO
15/08/2007	16/08/2007	8,50
17/08/2007	21/08/2007	34,75
22/08/2007	23/08/2007	12,00
24/08/2007	29/08/2007	37,75
30/08/2007	04/09/2007	42,50
05/09/2007	06/09/2007	13,25
07/09/2007	09/09/2007	19,50

Elaboración propia

- Lo importante de las herramientas de exploración es que se puedan hacer comparaciones entre equipos y plantas y sirvan de base para tomar decisiones como cual equipo tiene frecuencias menores para fallar y por lo tanto se le debe hacer un programa de mantenimiento mas intenso, hacer cambios drásticos en su diseño, modo de operar, o simplemente dar de baja este activo y ser reemplazado por uno que brinde mejores prestaciones.

Ilustración 53. Evolución del *MTBF* en el tiempo



Elaboración propia

3.4.7 Cálculo del indicador de tiempo medio para reparar desde el *CMMS*

Ecuación 8. Tiempo promedio para reparar

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{m}$$

Mora, 2003, 59

El tiempo de reparación o ejecución es diferente al tiempo de paro ya que no siempre se comienza la tarea de mantenimiento inmediatamente se presenta la avería, este tiempo es calculado por el sistema cuando se ingresa fecha de inicio y

fin con sus respectivas horas. Estos datos se encuentran en las órdenes de trabajo y registro de mantenimiento

Ilustración 54. Extracto de una orden de trabajo y registro de mantenimiento

OBSERVACIONES	Se encuentra regulador, obstruido, se limpia con liquido penetrante y se deja funcionando bien.		
FECHA DE INICIO	24/08/2007	FECHA FIN	24/08/2007
HORA INICIO	08:00:00 a.m.	HORA FIN	10:75:00 a.m.
TIEMPO EJECUCIÓN	2	TIEMPO PARO	2,75

Elaboración propia

- La extracción de datos del *CMMS* se realiza del reporte de tiempos de reparación

Ilustración 55. Reporte de tiempos de reparación

REPORTE TIEMPO DE REPARACIÓN PARA EL EQUIPO A019-001					
FECHA	ORDEN DE TRABAJO	CÓDIGO COMPONENTE	TIEMPO REPARACIÓN	TIPO DE TAREA	TAREA
15/08/2007	O.T. 00001	A019-001-18	2	Ajuste	1
17/08/2007	O.T. 00002	A019-001-01	2	Recambio	1
22/08/2007	O.T. 00003	A019-001-02	0,5	Lubricación	1
24/08/2007	O.T. 00004	A019-001-01	2	Ajuste	1
30/08/2007	O.T. 00004	A019-001-01	8	Avería	1
05/09/2007	O.T. 00004	A019-001-01	1	Ajuste	1
07/09/2007	O.T. 00004	A019-001-01	3	Avería	1

Elaboración propia

- La depuración y arreglo de la información se realiza por tiempo de reparación.

Ilustración 56. Depuración de las tablas para el cálculo del *MTRR*.

FECHA	TIEMPO REPARACIÓN
15/08/2007	2
17/08/2007	2
22/08/2007	0,5
24/08/2007	2
30/08/2007	8
05/09/2007	1
07/09/2007	3

Elaboración propia

- Transformar los datos almacenados en las fuentes oficiales y aplicación de cálculos y fórmulas para indicadores.

Ilustración 57. Transformación de datos para el cálculo del *MTTR*

FECHA	TIEMPO REPARACIÓN	NUMERO PAROS ACUMULADO	TTR ACUMULADO	MTTR POR PERIODO
15/08/2007	2	1	2	2
17/08/2007	2	2	4	2
22/08/2007	0,5	3	4,5	1,5
24/08/2007	2	4	6,5	1,63
30/08/2007	8	5	14,5	2,9
05/09/2007	1	6	15,5	2,58
07/09/2007	3	7	18,5	2,64

Elaboración propia

- Diseño de estructuras para el almacenamiento de la información

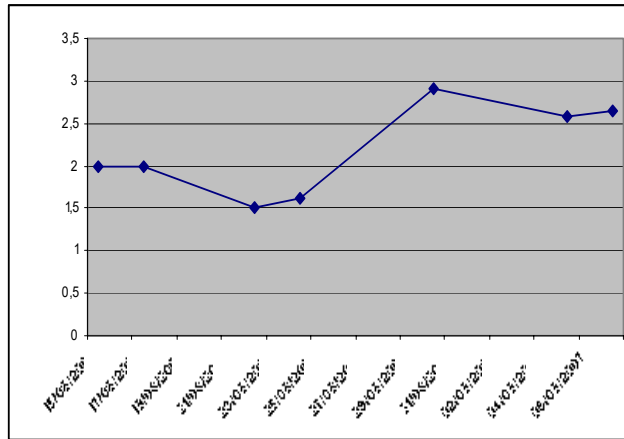
Ilustración 58. Tablas para almacenar resultados del *MTTR*

FECHA	MTTR POR PERIODO
15/08/2007	2
17/08/2007	2
22/08/2007	1,5
24/08/2007	1,63
30/08/2007	2,9
05/09/2007	2,58
07/09/2007	2,64

Elaboración propia

- La exploración de la información se realizó para un solo equipo. Igualmente se puede hacer de acuerdo a la jerarquización de equipos según este parametrizado el CMMS.

Ilustración 59. Evolucion de la *MTTR* en el tiempo.



Elaboración propia

3.4.8 Cumplimiento del programa de mantenimiento programado

Indica en que proporción se está ejecutando las actividades planeadas.

Ecuación 9. Cumplimiento del programa de mantenimiento programado

$$\text{Cumplimiento del programa} = \frac{\text{Tareas PM terminadas}}{\text{Tareas PM planificadas}} \times 100$$

Morales, 2004, 71

- Extracción de datos del *CMMS* se realiza de la ficha de actividades planeadas.

Ilustración 60. Ficha de actividades planeadas

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PLANEADAS - EQUIPO A019-001					
TAREA	UNIDADES	FRECUENCIA	O/T	ESTADO	FECHA
ELE-004	Días	30	O/T 000124	Finalizada	15/08/2007
MEC-001	Horas	100	O.T 000123	Pendiente	25/08/2007
MEC-003	Unidades	2500	O/T 000124	Finalizada	28/08/2007

Elaboración propia

- La depuración y arreglo de la información se realiza por tiempo de reparación.

Ilustración 61. Depuración de datos para el indicador de cumplimiento de actividades planeadas

TAREA	ESTADO	FECHA
ELE-004	Pendiente	15/08/2007
MEC-001	Finalizada	25/08/2007
MEC-003	Finalizada	28/08/2007

Elaboración propia

- Transformar los datos almacenados en las fuentes oficiales y aplicación de cálculos y fórmulas para indicadores.

Ilustración 62. Tabla de cálculo de cumplimiento de actividades planeadas

TAREA	ESTADO	FECHA	ACTIVIDADES REALIZADAS ACUMULADAS	TOTAL ACTIVIDADES	CUMPLIMIENTO
ELE-004	PENDIENTE	15/08/2007	1	1	100%
MEC-001	FINALIZADA	25/08/2007	1	2	50%
MEC-003	FINALIZADA	28/08/2007	2	3	67%

Elaboración propia

- Diseño de estructuras para el almacenamiento de la información

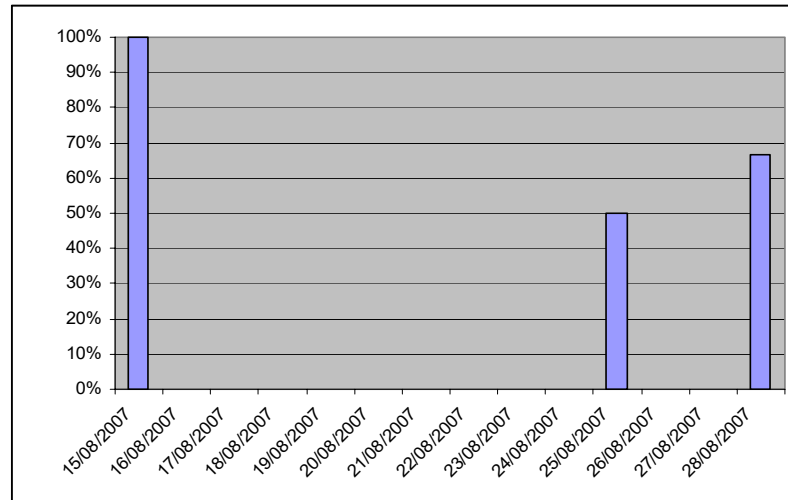
Ilustración 63. Resultados del indicador de cumplimiento de actividades

FECHA	CUMPLIMIENTO
15/08/2007	100%
25/08/2007	50%
28/08/2007	67%

Elaboración propia

- Herramientas de Exploración

Ilustración 64. Evolución del cumplimiento de actividades planeadas



Elaboración propia

3.4.9 Tasa de Costos de Mantenimiento

Indica la proporción de los costos de mantenimiento con respecto al total de los costos.

Ecuación 10. Tasa de costos de mantenimiento

$$\text{Tasa de costos de mantenimiento} = \frac{\text{Costo Total de Mantenimiento}}{\text{Costos Totales de Producción}} \times 100$$

Morales, 2004, 72

Los principales costos de mantenimiento se registran en la orden de servicio y ellos son el valor de la mano de obra invertida, ya sea por personal de mantenimiento o contratista y los repuestos.

Ilustración 65. Reporte de tiempos de paro.

TIEMPO MANO OBRA			
FECHA	CÓDIGO EMPLEADO	TIEMPO UTILIZADO	TIPO DE TAREA
24/08/2007	MEC009	2	Ajuste
REPUESTOS			
FECHA	CÓDIGO REPUESTO	CANTIDAD	SOLICITA / ENTREGADO
24/08/2007	R001-F01	1	SUP-001/MEC-009

Elaboración propia

- La extracción de datos se realiza por medio de las tablas de reporte de tiempo del personal, maestro de tarifas de mano de obra, reporte de repuestos consumidos por equipo y del registro de repuestos.

Ilustración 66. Reporte de tiempo del personal.

REPORTES DE TIEMPO DEL PERSONAL PARA EL EQUIPO A019-001					
FECHA	ORDEN DE TRABAJO	CÓDIGO EMPLEADO	TIEMPO UTILIZADO	TIPO DE TAREA	CÓDIGO PROBLEMA
15/08/2007	O.T 00001	MEC001	2	Ajuste	PRO-015
18/08/2007	O.T 00002	MEC018	1,5	Cambio	PRO-099
22/08/2007	O.T 00003	MEC010	1	Lubricación	PRO-012
24/08/2007	O.T 00004	MEC009	2	Ajuste	PRO-001

Elaboración propia

Ilustración 67. Registro de repuestos

REGISTRO DE REPUESTOS	
INFORMACIÓN DEL ARTICULO	
CÓDIGO DE REPUESTO	R001-F01
DESCRIPCIÓN DEL REPUESTO	
LIQUIDO PENETRANTE, DESENGRASANTE	
ALMACÉN	ALM - 01
NACIONAL / IMPORTADO	NACIONAL
ESTADO	NUEVO
COSTO	30000
MONEDA	PESOS
STOCK RECOMENDADO	
STOCK MÁXIMO	5
STOCK MÍNIMO	5
UNIDAD DE ALMACENAMIENTO	UNIDAD
UNIDAD DE MEDIDA	UNIDAD
CANTIDAD INSTALADA	5

Elaboración propia

Ilustración 68. Reporte de repuestos consumidos por equipo

REPORTE REPUESTOS CONSUMIDOS PARA EL EQUIPO A019-001				
FECHA	ORDEN DE TRABAJO	CÓDIGO REPUESTO	CANTIDAD	CÓDIGO PROBLEMA
15/08/2007	O.T 00001	R001-F01	2	PRO-015
18/08/2007	O.T 00002	R002-F01	1,5	PRO-099
22/08/2007	O.T 00003	R001-F02	1	PRO-012
24/08/2007	O.T 00004	R001-F01	1	PRO-001

Elaboración propia

Ilustración 69. Registro de empleados

REGISTRO DE EMPLEADOS	
CÓDIGO DE EMPLEADO	MEC-009
NOMBRE	WALTER ALBERTO WILCHES A.
DIRECCIÓN	CRA 151# 44S-43 - Envigado
TELÉFONO	795133
No DE IDENTIFICACIÓN	61024223
NIVEL DE HABILIDAD	NIVEL-005
CENTRO DE COSTOS	CST-001
ESPECIALIDAD	ESP-001
CUADRILLA	CUA-005
ESTADO	ACTIVO
SUPERVISOR	SUP-001
CÓDIGO TARIFA	TAR-002

Elaboración propia

Ilustración 70. Reporte de tiempos de paro.

MAESTRO DE TARIFAS DE MANO DE OBRA		
UNIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR
TAR-001	APRENDIZ	2500
TAR-002	AYUDANTE MECÁNICO	3000
TAR-003	TÉCNICO MECÁNICO	3500
TAR-004	TECNÓLOGO MECÁNICO	4500
TAR-005	TÉCNICO ELECTRICISTA	3500
TAR-006	CONTRATISTA MECÁNICO	2500
TAR-007	CONTRATISTA ELÉCTRICO	2500

Elaboración propia

- Para la depuración y arreglo de la información se necesita las tablas de registro de órdenes de trabajo, equipo, código del repuesto y código de tarifa de mano de obra, el primer enlace se realiza por medio de la orden de trabajo, que une el reporte de personal con el reporte de mano de obra.

Teniendo una nueva tabla, el sistema debe buscar el registro de repuestos y enlazarlo a esta tabla al igual que el maestro de tarifas.

Ilustración 71. Depuración de datos para indicador de costos

ORDEN DE TRABAJO	FECHA	CÓDIGO REPUESTO	CANTIDAD	COSTO ARTICULO	CÓDIGO EMPLEADO	TIEMPO UTILIZADO	COSTO MANO DE OBRA
O.T 00001	15/08/2007	R001-F01	2	30000	MEC001	2	3500
O.T 00002	18/08/2007	R002-F01	1,5	45000	MEC018	1,5	3500
O.T 00003	22/08/2007	R001-F02	1	60000	MEC010	1	3500
O.T 00004	24/08/2007	R001-F01	1	30000	MEC009	2	3500

Elaboración propia

- Transformar los datos almacenados en las fuentes oficiales y aplicación de cálculos y fórmulas para indicadores.

Ilustración 72. Cálculo de costos de mantenimiento

ORDEN DE TRABAJO	FECHA	CÓDIGO REPUESTO	COSTO TOTAL REPUESTOS	COSTO TOTAL ACUMULADO A LA FECHA	CÓDIGO EMPLEADO	COSTO TOTAL MANO DE OBRA	COSTO TOTAL MANO DE OBRA ACUMULAD	COSTO TOTAL	COSTO TOTAL ACUMULAD
O.T 00001	15/08/2007	R001-F01	60000	60000	MEC001	7000	7000	67000	67000
O.T 00002	18/08/2007	R002-F01	67500	127500	MEC018	5250	12250	72750	139750
O.T 00003	22/08/2007	R001-F02	60000	187500	AYU010	3000	15250	63000	202750
O.T 00004	24/08/2007	R001-F01	30000	217500	CON001	7000	22250	37000	239750

- Diseño de estructuras para el almacenamiento de la información

Ilustración 73. Tabla con los resultados de los costos de mantenimiento

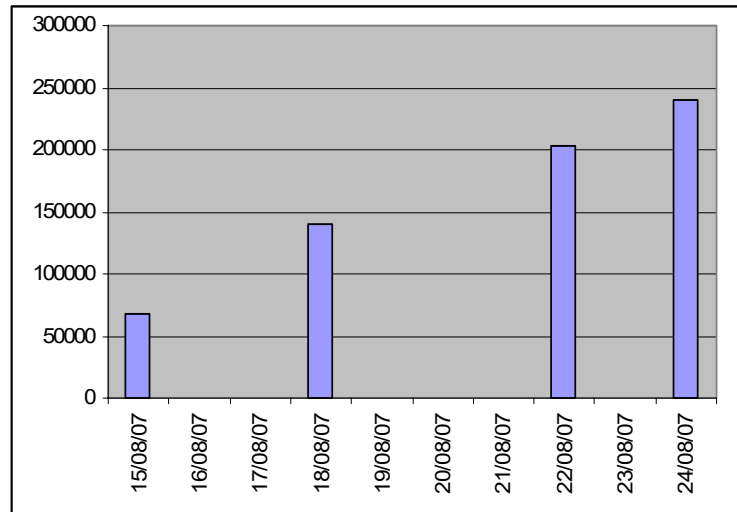
FECHA	CÓDIGO REPUESTO	COSTO TOTAL REPUESTOS	COSTO TOTAL REPUESTOS ACUMULADO	CÓDIGO EMPLEADO	COSTO TOTAL MANO DE OBRA	COSTO TOTAL MANO DE OBRA ACUMULADO	COSTO TOTAL	COSTO TOTAL ACUMULADO
15/08/2007	R001-F01	60000	60000	MEC001	7000	7000	67000	67000
18/08/2007	R002-F01	67500	127500	MEC018	5250	12250	72750	139750
22/08/2007	R001-F02	60000	187500	AYU010	3000	15250	63000	202750
24/08/2007	R001-F01	30000	217500	CON001	7000	22250	37000	239750

Elaboración propia

- Herramientas de Exploración

Hay muchas formas de ver un reporte de costos de mantenimiento en este caso se muestra los resultados para los costos acumulados para un periodo de tiempo.

Ilustración 74. Evolución de los costos acumulados de mantenimiento.



Elaboración propia

3.4.10 Costos de inventario de repuestos

Indica la cantidad de dinero que se tiene en repuestos almacenados y que están destinados para realizar intervenciones de mantenimiento.

Se puede medir por valor del stock disponible o por la tendencia en la reducción de los repuestos almacenados.

Ecuación 11. Costos de inventarios de repuestos

$$\text{Reduccion de inventario de Repuestos} = \frac{\text{Inventario Periodo Previo}}{\text{Inventario Periodo Actual}}$$

Morales, 2004, 72

- La extracción de datos se debe hacer del registro de artículos disponibles en un almacén específico o en la totalidad de almacenes, los artículos disponibles se deben relacionar con los registros de repuestos.

Ilustración 75. Reporte de artículos del almacén.

CONSULTA DE ARTÍCULOS DEL ALMACÉN					
Código Repuesto	TODO	ARTÍCULOS ENCONTRADOS			
Almacén	TODO	Código Repuesto	Nombre	Cantidad	Unidad
Nacional / Importado	TODO	R001-F01	LIQUIDO PENETRANTE, DESENGRASANTE	5	GL
Estado	TODO	R001-F02	ACEITE KUTWELL 40	10	GL
Costo	TODO	R001-F03	ACEITE NUTO H 46	12	GL
Moneda	TODO	R001-F04	ACEITE SPARTAN EP 220	12	GL
Modelo	TODO	R001-F05	ACEITE UNIFLO 20W-50	4	GL
		R001-F06	ACEITE ESSOLUBE XT-5 15W-40	5	GL
		R001-F07	ACEITE SHC 630	10	GL
		R001-F08	ACEITE ATF	8	GL
		R001-F09	ACEITE GEAR 80W-90	3	GL

Elaboración propia

Ilustración 76. Registro de repuestos

REGISTRO DE REPUESTOS	
INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO	
CÓDIGO DE REPUESTO	R001-F01
DESCRIPCIÓN DEL REPUESTO	
LIQUIDO PENETRANTE, DESENGRASANTE	
ALMACÉN	ALM - 01
NACIONAL / IMPORTADO	NACIONAL
ESTADO	NUEVO
COSTO	30000
MONEDA	PESOS
STOCK RECOMENDADO	
STOCK MÁXIMO	5
STOCK MÍNIMO	5
UNIDAD DE ALMACENAMIENTO	UNIDAD
UNIDAD DE MEDIDA	UNIDAD
CANTIDAD INSTALADA	5

Elaboración propia

- La depuración de la información se realiza uniendo en el registro de artículos disponibles en el almacén, el costo unitario de cada uno. Esta unión se puede realizar por medio del código único del repuesto.

Ilustración 77. Depuración de datos del indicador de reducción de artículos del almacén

CÓDIGO REPUESTO	DESCRIPCIÓN DE REPUESTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO
R001-F01	LIQUIDO PENETRANTE, DESENGRASANTE	5	GL	30000
R001-F02	ACEITE KUTWELL 40	10	GL	60000
R001-F03	ACEITE NUTO H 46	12	GL	50000
R001-F04	ACEITE SPARTAN EP 220	12	GL	65000
R001-F05	ACEITE UNIFLO 20W-50	4	GL	45000
R001-F06	ACEITE ESSOLUBE XT-5 15W-40	5	GL	65000
R001-F07	ACEITE SHC 630	10	GL	80000
R001-F08	ACEITE ATF	8	GL	70000
R001-F09	ACEITE GEAR 80W-90	3	GL	75000

Elaboración propia

- La transformación de la información se realiza para determinar los valores de los costos de inventario por artículo ya acumulados.

Ilustración 78. Tabla con cálculos de los costos de artículos en el almacén

CÓDIGO REPUESTO	DESCRIPCIÓN DE REPUESTO	CANTIDAD	COSTO	COSTO TOTAL	COSTO TOTAL ACUMULADO
R001-F01	LIQUIDO PENETRANTE, DESENGRASANTE	5	30000	150000	150000
R001-F02	ACEITE KUTWELL 40	10	60000	600000	750000
R001-F03	ACEITE NUTO H 46	12	50000	600000	1350000
R001-F04	ACEITE SPARTAN EP 220	12	65000	780000	2130000
R001-F05	ACEITE UNIFLO 20W-50	4	45000	180000	2310000
R001-F06	ACEITE ESSOLUBE XT-5 15W-40	5	65000	325000	2635000
R001-F07	ACEITE SHC 630	10	80000	800000	3435000
R001-F08	ACEITE ATF	8	70000	560000	3995000
R001-F09	ACEITE GEAR 80W-90	3	75000	225000	4220000

Elaboración propia

- La nueva tabla para almacenar la información es la siguiente.

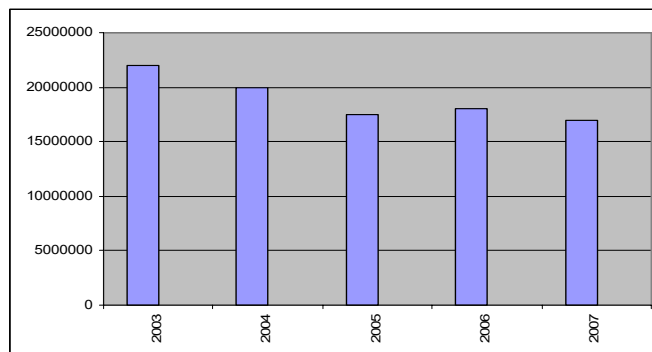
Ilustración 79. Tabla de resultados de costos de artículos en el almacén

CÓDIGO REPUESTO	COSTO TOTAL	COSTO TOTAL ACUMULADO
R001-F01	150000	150000
R001-F02	600000	750000
R001-F03	600000	1350000
R001-F04	780000	2130000
R001-F05	180000	2310000
R001-F06	325000	2635000
R001-F07	800000	3435000
R001-F08	560000	3995000
R001-F09	225000	4220000

Elaboración propia

- Las consultas se realizan para diferentes periodos de tiempo.

Ilustración 80. Evolución de la reducción de costos de artículos en el almacén



Elaboración propia

3.5 RESUMEN DEL CAPITULO

Los indicadores de *TPM* de mantenimiento y los *CMMS*, permiten evaluar el comportamiento de instalaciones y equipos en forma efectiva, logrando así implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar la labor de mantenimiento.

Los indicadores de *TPM* de mantenimiento se pueden obtener con la ayuda del *CMMS*, pero es muy importante que éste tenga herramientas para análisis y exploración de la información y no solo herramientas transaccionales.

Muchos *CMMS* están diseñados tan solo para el registro de transacciones y no para la exploración de información y la toma de decisiones. Por lo que se deben generar módulos adicionales que midan la gestión del *TPM* y departamento de mantenimiento.

4 APLICACIÓN DE LAS RELACIONES ENTRE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO Y EL TPM EN SUMICOL S.A.

4.1 OBJETIVO

Aplicar las relaciones entre los sistemas de información de mantenimiento y el *TPM* en el área de mantenimiento de SUMICOL S.A.

4.2 INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de este proyecto es poder implementar las relaciones entre el *TPM* y los sistemas de información de mantenimiento en un sistema de información real, donde se identifiquen los lugares donde se debe ingresar la información y que esta fluya coherentemente con los objetivos que se buscan con el *TPM*.

Par lograr esto se revisarán los diferentes maestros del sistema de información, verificando su capacidad para almacenar los datos necesarios, se ubicarán campos para almacenar la información que el departamento de mantenimiento maneja y que son utilizados en *TPM*.

4.3 APLICACIÓN DE CONCEPTOS DEL *TPM*

Como se ha visto en capítulos anteriores, el punto base para poder relacionar el *TPM* y los *CMMS* es el registro de mantenimiento, ya que este relaciona muchos de los maestros del sistema de información. Los otros maestros y registros se verán por separado.

Ilustración 81. Registro de mantenimiento del equipo utilizado en *TPM*

Clasificación Avería							
CATEGORÍAS		REGISTRO DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO		REGISTRO No.			
1. ME - Mtto. Emergencia				FECHA (DD/MM/AA)		TURNO ()	
2. MA - Mtto. Avería							
3. MP - Mtto. Planeado							
4. MC - Mtto. Correctivo							
LOCALIZACIÓN		MAQUINA		SECCIÓN	SUPERVISOR	ELABORADO POR	
LÍNEA							
FECHA DEL MTTO		/ /	BM REPETIDO (EM) SI/NO (CUANDO) / /				
TIEMPO PERDIDO		min.	HORA DE PARADA:				
TIEMPO DE INTERVENCIÓN		min.	HORA DE INTERVENCIÓN:				
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA		(¿Síntoma del equipo, alarma? ¿Cuál componente? ¿Qué parte del componente? ¿Cómo difiere de su estado normal?)					
ATENCIÓN: FAVOR MARCAR LA PARTE DEFECTUOSA CON EL NUMERO DE REGISTRO PARA SU POSTERIOR ANÁLISIS. NO BOTARLA A LA BASURA							
CAUSA Y ACCIÓN TOMADA		¿Qué originó el problema? ¿Cómo lo arregló? ¿Qué solución le dio? ¿Generó algún pendiente?					
		ESTÁNDAR DE MP	() SEMANAL () MENSUAL () ANUAL () INSPECCIÓN GENERAL				
ACCIÓN TOMADA PARA ELIMINAR LA CAUSA RAÍZ		NECESIDAD DE MODIFICAR EL COMPONENTE	(Explique el plan para la modificación del componente)				
INFORMACIÓN RETROALIMENTADA		ESTÁNDAR DE MA					
		INFORMACIÓN DE MP					
INFORMACIÓN RETROALIMENTADA		COSTO DEL REPUESTO					
		HORAS MANO DE OBRA INTERNA	hr.	HORAS MANO DE OBRA CONTRATADA			
1) ¿Se le ha realizado una limpieza, ajuste y lubricación adecuada?						SI/NO	
2) ¿La parte se rompió bajo correctas condiciones de operación?						SI/NO	
3) ¿Se repuso la parte correcta?						SI/NO	
4) ¿La parte rota ha sido modificada?						SI/NO	
5) ¿La parte se rompió debido a un error humano?						SI/NO	

CORONA@ 2008

Ilustración 82. Registro de mantenimiento utilizado en el CMMS

WSC30201 **Planificación R/T - O/T** **12/05/08**
 Nro de R/T-O/T: 00000 00 Código de estado:
 ID equipo: ID adicional:
 ID componente: ID intercambio:
 Fecha requerida: 000000 Prioridad Fecha solicitud: 120508
 Desc corta problema: Solicitante: ID departamento:
 Texto: N

Localzcn equipo:
 Descripción equipo:
 Descripción componente:

Planificador: Supervisor: Tipo trabajo:
 Centro costos: ID referencia: Cod repar.:
 Inicio planif.: 000000 Fin planificado: 000000 Fech.venc.: 000000
 Clase de paro: Aprobacion: Tipo aprobacion Est. aprobacion:

Impr R/T-O/T ahora? N (Y/N) Dividir O/T por espta prim?: N (Y/N)
 R/T-O/T previa: 00000 00 Retener encabezado O/T: N (Y/N)
 F2=Acepta F3=Sale F4=Solici F5=Encab. F6=Ptes. F7=Tarea F8=Sig.
 F20=Programar a MP L015328 NO F22=Completa F23=Cancel F24=Mas tecla

20/024

EAM, 2008

Ilustración 83. Complemento del registro de mantenimiento utilizado en el CMMS

-- Encabezado -- WSC22001

ID referencia: Nro orden taller:
 Planificador: Cod reparacion:
 Supervisor: Tipo trabajo:
 Cuadrilla: Clase paro:
 Responsable: ID equipo de reemplazo:
 ID departamento: Tiempo de tarea:
 Centro costos:
 Secuencia de tarea: Fecha requerida:
 Inicio planificado: Inicio real:
 Fecha de fin planif.: Fin real:
 Tiempo est. paro: Tiempo real paro:
 Fecha de vencimiento: Estado de equipo:
 Nro de permiso: Fecha disponibilidad: 0
 Iniciales: Hora disponible:
 Localzcn equipo: 7 810000 MANTENIMIENTO GENERAL

EAM, 2008

De las gráficas anteriores se identificarán los campos en el CMMS utilizado en SUMICOL S.A. donde se podría almacenar la información del registro de averías.

Tabla 6. Relación de campos del registro de averías de *TPM* y el *CMMS*

INFORMACIÓN DEL REGISTRO DE AVERÍAS DE TPM	CAMPOS DONDE ALMACENAR LA INFORMACIÓN EN EL CMMS
Clasificación de averías	Clase de paro
Categorías	Prioridad
Registro No.	Nro. Orden de Taller
Localización	Localización
Máquina	ID Equipo
Línea	Grupo Equipo
Fecha (DD/MM/AA)	Fecha solicitud
Fecha del Mtto	Inicio Real
Tiempo perdido	Tiempo real de paro
Tiempo de intervención	Tiempo de tarea
Sección	ID departamento
Supervisor	Supervisor
Elaborado por	Solicitante
Descripción del problemas	Comentarios
Causa y acción tomada	Comentarios
Estándar de MP	Planificador
Necesidad de modificar el componente	Comentarios
Costo del repuesto	Partes – asociado al costo del articulo
Mano de obra interna	Tiempo empleado cargado a empleado interno
Mano de obra contratada	Tiempo empleado cargado a contratista

Elaboración propia

Igualmente para poder utilizar todos los campos se tienen que cambiar los maestros que se muestran en las siguientes ilustraciones

Ilustración 84. Maestro de clases de paro del *CMMS*

WSC20802 [Codigos de ordenes de trabajo](#)
[Mostrar](#)

Tipo: Clases de Paro

Cod.:	Descripcion:
DNA	DETERIORO NATURAL
DFO	DETERIORO FORZADO
EHU	ERROR HUMANO
SCA	SOBRE CARGA
PDD	PUNTO DEBIL DEL DISEÑO

EAM, 2008

Ilustración 85. Maestro de prioridades del CMMS

WSC20802 [Codigos de ordenes de trabajo](#)
[Mostrar](#)

Tipo: Prioridades O/T - R/T

Cod.:	Descripcion:
MA	MANTENIMIENTO AVERIA
MC	MANTENIMIENTO CORRECTIVO
ME	MANTENIMIENTO EMERGENCIA
PM	MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EAM, 2008

Ilustración 86. Maestro de códigos de planificador del CMMS

WSC20802 [Codigos de ordenes de trabajo](#)
[Mostrar](#)

Tipo: Codigos de Planificador

Cod.:	Descripcion:
999	999
SEM	ESTANDAR MP SEMANAL
MEN	ESTANDAR MP MENSUAL
ANU	ESTANDAR MP ANUAL
IGE	ESTANDAR MP INSPECCION GENERAL

EAM, 2008

Ilustración 87. Maestro de códigos de supervisor del CMMS

WSC20802 [Codigos de ordenes de trabajo](#)
[Mostrar](#)

Tipo: Codigos de Supervisor

Cod.:	Descripcion:
SMM	SUPERVISOR MTO MECANICO
SME	SUPERVISOR MTO ELECTRICO
SPR	SUPERVISOR PRODUCCION

EAM, 2008

En la siguiente gráfica se muestra el lugar donde almacenar todo lo correspondiente a la causa y acción tomada por el personal de mantenimiento.

Ilustración 88. Comentarios de reparación

```

Informacion de control: Ingreso de Texto/Actualizacion ESS21601
Coments repar 0/T
Etiqu. texto: 0.T5608100 801
Descripcion: COMENTARIOS REPARACION
Secuencia: 1
    
```

EAM, 2008

Ilustración 89. Registro del tiempo de los empleados

```

-----
ID empleado: _____ Horas: 0,00 Fecha 0/00/00 Espta _____ Tarif _____
                                0,00          0/00/00
Introducir Opciones, Enter 1=Cargo man ob 2=Revis
-----
    
```

EAM, 2008

En las siguientes ilustraciones se mostrará las relaciones de las localizaciones, las líneas y los equipos en el CMMS.

Ilustración 90. Maestro de localizaciones del CMMS

```

ESS21003      Mant. Maestro de Localizaciones

Compañia: 7 ID localzcn: _____
ID direccion: L07_____
Nombre: _____ Dir. etiqueta: _____
Direccion: _____
                _____
                _____
                _____
Cod. postal: _____ Cod estado: ____ Codigo pais: __
Atencion: _____
Titulo: _____
Telefono: _____ Fax: _____
Comprador: _____
Impuesto/Exento: 1. ____ 2. ____ 3. ____
    
```

EAM, 2008

Ilustración 91. Registro de equipos del CMMS

```

MST20403                               Identificacion de equipos
                                         Informacion de referencia
ID compa|ia: 7
ID equipo: _____
ID localzcn equipo: _____
-----
Descripcion basica: _____
Descripcion adicional: _____
Nro serie: _____
Modelo: _____
Fabricante: _____
A|o de fabricacion: _____
ID anterior: _____
ID adicional: _____
ID de grupo: _____
ID activo: _____
Pal Cve 1,2: _____
ID departamento: _____
Centro costo: _____
ID cliente: _____
Num compa|ia activo: _____
Num activo: _____
    
```

EAM, 2008

En las siguientes ilustraciones se muestran las relaciones necesarias para las tareas de mantenimiento preventivo. Lo primero es determinar los modos de operación con que trabaja el equipo. Esta información se encuentra en una hoja posterior del registro de equipos.

Ilustración 92. Información complementaria del registro de equipos del CMMS

```

MST20404                               Identificacion de equipos
                                         Informacion de referencia
ID compa|ia: 7
ID equipo: _____ S
-----
Cia costo/Loc.: 7 _____
Codigo de costo: _____
Modo operacion primario: _
Modo operacion secundario: _
ID lista equipos asociados: _____
ID Unid operacion asociadas: _____
Fecha disponible: _____
Hora: _____ (HHMMSS)
Cod. condicion: _____
Cod. estado: _____
Espta control: _____
ID calibracion: _____
Nro plano: _____
Equipo critico: N (Y/N)
    
```

EAM, 2008

Ilustración 93. Maestro de modos de operación del CMMS

Perfil del sistema
Modos unidades de operacion

Crear/Modificar modos de unidades de operacion:

Modo:	Descripcion:
H	HORAS TRABAJAD.
U	UNIDADES
C	CICLOS
I	TONELADAS
G	GALONES
L	LITROS

EAM, 2008

Ilustración 94. Formato para el registro de tareas de mantenimiento preventivo

```

PMC20201          Tareas de Mantenimiento Preventivo ADI          6/05/08
                  -- Mantenimiento linea tarea --

      ID compa|ia: 7          SUMINISTROS DE COLOMBIA
ID Maquina/Ruta: 999-111    EQUIPO DE PRUEBAS EAM 111
      Tarea: 001

-----
Descr basica servic: _____
Descr adic servicio: _____
      Cod prioridad: _____
Secuencia de tarea: 000
      Tiempo de tarea: _____
      ID componente: _____
      N/R/S: _____          Equipo critico: N
Planificador: _____          ID departamento: _____

-- Frecuencia de tarea --          PMC21201
Modo de operacion: Frecuencia  Ult. servicio:
HORAS TRABAJAD.          _____

C
      Dias calendario: _____ 000000 (Fecha ult servicio)
Program. Fija/Rotativa: R (F/R) 000000 (Ult. fecha program.)
F2=      Sig. fecha servic: 000000 MP/Estan p (P/S)
F14
F2=Acepta F12=Regresa F13=Consulta
    
```

EAM, 2008

Ilustración 95. Instrucciones de tareas planeadas

```

20201          Tareas de Mantenimiento Preventivo ADI          6/05
                  -- Mantenimiento linea tarea --

      ID compa|ia: 7          SUMINISTROS DE COLOMBIA
ID Maquina/Ruta: 999-111    EQUIPO DE PRUEBAS EAM 111
      Tarea: 001

Informacion de control: Ingreso de Texto/Actualizacion ESS21601
                              Instrucciones tarea
Etiq. texto: 999-111 001
Descripcion: _____
      Secuencia: 1
_____
_____
_____
    
```

EAM, 2008

Ilustración 96. Ficha de actividades de mantenimiento planeado

```

PMC502                                Estado actual de mantenimiento

Compañia: 7      ID Maquina/Ruta: 540-001
Posiciona a: _____ 3812,00 HORAS TRABAJAD.
CA: Tarea: Descripcion: Ultimo: Real: Frecuencia:
- 101 MTTO 1000 HRS MOLINO 1 3804,50 7,50 1000,00
Comp: N/R/S: Prio: PM
R 25/07/07
    
```

EAM, 2008

En las siguientes ilustraciones se muestra la información del CMMS relacionada con el manejo de artículos del almacén y su relación con los equipos.

Ilustración 97. Extracto del registro de artículos

```

PPS21601                                Partes                                ADI 6/05/08
                                Informacion de referencia

Localzcn: ID parte: NURM: ID control:
07 58 _____ N

Descripcion parte: _____
ID fabricante: _____
Parte alterna: _____ Fab alt: _____
Repisa: _____
Cod. stock: _____
Pal Cve 1,2: _____
Tipo inv: _____
Valor ABC: _____
Cod. impuesto: _____
Compr: _____
Cod agrupacion: _____
Unidad peso: _____ Cod.: _____
Fecha ultimo uso: _____
Nro plano: _____ Texto: N
Cod. peligro: _____ Garantia: N
    
```

EAM, 2008

Ilustración 98. Lista de repuestos asociados a un equipo

```

ESS27003                                Mant. archivo lista de materiales      ADI 6/05/08
                                Ingreso de lista de partes

Cia ID equipo: Comp.: Kit: Descripcion: Descr adicional:
07 999-111 _____ EQUIPO DE PRUEBAS EAM 111

Comp. Kit: ID parte ID control: Descripcion:
    
```

EAM, 2008

4.4 RESUMEN DEL CAPITULO

El *CMMS* utilizado en SUMICOL S.A. soporta las transacciones de información necesarias para que las actividades de los pilares que tienen relación con mantenimiento funcionen correctamente.

Los principales maestros que se deben modificar en un *CMMS* son todos los que están relacionados con el registro de órdenes de trabajo y registro de mantenimiento, ya que estos registros son los que forman la relación más directa entre el *TPM* y los *CMMS*.

El *CMMS* utilizado por SUMICOL S.A. presenta problemas con el módulo de mantenimiento basado en condición. Ya que este se encuentra en un estado muy insipiente para cumplir con los requisitos de *TPM*.

La parametrización del mantenimiento basado en tiempo y los repuestos necesarios para este, funcionan correctamente en el *CMMS* de SUMICOL S.A.

5 CONCLUSIONES

El *TPM* y los *CMMS* son herramientas que mejoran la competitividad industrial; se relacionan entre si, ya que para gestionar gran cantidad de información del *TPM* que maneja el departamento de mantenimiento se utilizan los *CMMS*. Esta información representa aspectos técnicos y económicos, planes de mantenimiento, control de trabajos, diagnóstico de condición de equipos y estadísticas de comportamiento y falla. Lo importante de esta herramienta informática es que debe estar enfocada a la toma de decisiones, y no solo al almacenamiento de información. Entonces un *CMMS* más que un software, es una metodología de gestión y administración de mantenimiento que cuenta con módulos para ingresar información utilizada en *TPM*, y algunos con módulos de reportes que sirven para realizar seguimiento a las acciones tomadas que ayudan a mejorar la eficiencia global de los equipos. Si el *CMMS* no está diseñado para la exploración de información o la toma de decisiones, se deben diseñar estructuras especiales que lo complementen.

El *TPM* se apoyan en el registro y conservación de la experiencia adquirida por los trabajadores en el cuidado y conservación de los equipos, entonces cada reparación e inspección de un equipo se constituye en un proceso de generación de conocimiento. Por lo tanto el *CMMS* es una herramienta que sirve para respaldar diferentes pilares del *TPM*, ya que en él se puede almacenar información como tarjetas de causa básica de falla, tarjetas *fugai* de personal especializado, estadísticas de fallo, información asociada al equipo, como son números de planos, consecutivo de manuales, instructivos del fabricante, y consecutivos de lecciones de un punto; todo esto utilizado en mantenimiento autónomo. También en el *CMMS* se pueden agregar o eliminar componentes, controlar repuestos, listado de herramientas e insumos y configurar el sistema de mantenimiento basado en el tiempo, reservando materiales automáticamente,

programando el personal dependiendo de los tiempos estimados, tipos de actividades y tipo de especialista requerido; todo esto del pilar de mantenimiento planeado. También el *CMMS* es una herramienta para los pilares de gestión temprana y mejoras enfocadas, ya que se tiene información para evitar problemas en futuros equipos y también para ver la evolución en el tiempo del resultado de mejoras aplicadas.

Los *CMMS* son aplicables a cualquier tipo de empresa, por lo tanto el *CMMS* debe tener forma de relacionarse con el *TPM*. Lo importante de ésta interacción es que la gestión sea la más beneficiada y no una de las dos metodologías. Por lo tanto los *CMMS* deben contar con módulos flexibles para manejar repuestos, actividades de mantenimientos de averías, tareas de mantenimientos planeados, activos de la empresa, información de costos e información de empleados. Entonces, el primer paso para relacionar el *CMMS* y el *TPM*, es analizar el formato de registro de órdenes de trabajo, el registro de mantenimientos planeados y los diferentes maestros del *CMMS*, ya que por medio de estos registros se almacena la información de los trabajos realizados en reparaciones de averías, cierre de tarjetas *fugai* de mantenimiento y mantenimientos planeados. En estos formatos se puede registrar información de análisis, tales como 5W + 1H o 5 por qué por qué. También por medio de estos registros queda almacenada la información del tiempo de mano de obra, Donde se cargan los repuestos gastados y los tiempos de paro por fallo.

En el *CMMS* utilizado por SUMICOL S.A. es posible almacenar la información del *TPM* relacionada con el *CMMS*, Las diferentes tablas de maestros del *CMMS* tienen la posibilidad de modificarse de modo que la caracterización de los campos funcione con el *TPM*. Se encontró forma funcional de ingresar el registro de averías y tarjetas *fugai* en el *CMMS*, La parametrización del mantenimiento basado en el tiempo y los repuestos necesarios para éste funcionan correctamente. En general el sistema tiene buena proyección a trabajar con la

metodología *TPM* pero presenta problemas con los módulos de mantenimiento basado en condición y no tiene módulos para realizar reportes y extracción de la información.

Por último, El *TPM* requiere en su totalidad de un sistema de información mucho más completo del que aquí se presenta como son los *CMMS*. Este proyecto sólo tomo en consideración 4 pilares y en un indicador del EGE (Disponibilidad). Ya que se centró en el departamento de mantenimiento. Por lo tanto para tener una integralidad en la relación del *TPM* y los sistemas de información de la compañía se debe buscar relacionar la información del *TPM* con otros tipos de sistemas más completos y que tienen un cubrimiento sobre más áreas de la compañía.

5.1 PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES PARA OTROS PROYECTOS

Hacer un estudio de diferentes *CMMS* y determinar cuales son los mejores para trabajar con la metodología *TPM*.

Diseñar un sistema para generar reportes e indicadores de forma automática en SUMICOL S.A., de acuerdo a las necesidades de *TPM*.

Analizar la relación entre el *TPM* y los módulos de ingreso automático de información que poseen algunos *CMMS*.

Realizar un estudio que relacione el *TPM* con los *ERP*.

6 BIBLIOGRAFÍA

Escobar R, Juan David. Disminución de las seis grandes pérdidas descritas en el TPM, que afectan la efectividad en una planta de producción Flexográfica. Proyecto de grado para optar por el título de ingeniero de producción. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia: 2002

JIPM. TPM For Every Operator. Editorial Productivity, Inc. Portland, United States of America: 1996. ISBN: 1563270803.

Lezana G, Emilio. TPM en la industria química. Ingeniería química. Medellín, Colombia: Octubre 1998.

Mora G, Luís A. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicio. Editorial AMG. Medellín, Colombia: 2006. ISBN: 958-33-8218-3

Morales Z, Juan F. Estudio sobre el estado de situación de la implementación del TPM en Chile. Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial. Santiago de Chile, Chile. 2004.

Parrado A, Paola A; Sánchez B, Juliana. Estructuración e implementación del pilar de mejora enfocada en Tetra Pak Colombia. Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C., Colombia: 2004.

Pérez J, Carlos M. Tendencias en el desarrollo de CMMS, Soporte y Cia Ltda. Medellín, Colombia: 2006

Pérez J, Carlos M. Gerencia de mantenimiento y sistemas de información. Soporte y Cia Ltda. Medellín, Colombia: 1992. ISBN: 95498-0-2

Pinilla C, Pablo. Presentación Power Point de la asignatura Sistemas de información en mantenimiento. Especialización en mantenimiento industrial. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia: 2007.

Rey Sacristán, Francisco. Manual de mantenimiento integral en la empresa. Madrid, España: 2001. Editorial Fundación Confemetal. ISBN: 978-84-95428-18-9

THE PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM. OEE For Operators. Editorial Productivity, Inc. Portland, United States of America 1999. ISBN: 1563272210.

7 CIBERGRAFÍA

ACTION GROUP, 2007. [En línea]. [Los Pilares del TPM (Una estrategia de implementación Lean)] [Revisión del hipervínculo Octubre de 2007]. Disponible en Internet:

http://www.actiongroup.com.ar/implementar_tpm.htm

CERO AVERIAS, 2007. [En línea]. [Conceptos básicos de TPM] [Revisión del hipervínculo Agosto de 2007]. Disponible en Internet:

<http://www.ceroaverias.com/centroTPM/index33.htm>

CERO AVERIAS, 2007. [En línea]. [TPM aspectos generales] [Revisión del hipervínculo Agosto de 2007]. Disponible en Internet:

<http://www.ceroaverias.com/centroTPM/definiciontpm.htm>

CERO AVERIAS, 2007. [En línea]. [Historia de TPM] [Revisión del hipervínculo Agosto de 2007]. Disponible en Internet:

<http://www.ceroaverias.com/centroTPM/historiadeltpm.htm>

CERO AVERIAS, 2007. [En línea]. [Pilar Mejoras Enfocadas (Kobetsu Kaizen)] [Revisión del hipervínculo Agosto de 2007]. Disponible en Internet:

<http://www.ceroaverias.com/centroTPM/mejorasenfocadas.htm>

CERO AVERIAS, 2007. [En línea]. [Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen)] [Revisión del hipervínculo Agosto de 2007]. Disponible en Internet:

<http://www.ceroaverias.com/centroTPM/mantenimientoautonomotpm.htm>

CERO AVERIAS, 2007. [En línea]. [Pilar Mantenimiento planificado (Keikaku Hozen)] [Revisión del hipervínculo Agosto de 2007]. Disponible en Internet:

<http://www.ceroaverias.com/centroTPM/mantenimientoplanificado.htm>

CLUB DE MANTENIMIENTO, 2008. [En línea]. [Consideraciones sobre CMMS] [Revisión del hipervínculo Abril de 2008]. Disponible en Internet:

http://www.clubdemantenimiento.com.ar/?seccion=articulos_publicados/38_cmms&derecha=no

CONGESTION, 2007. [En línea]. [Los sistemas GMAC (CMMS) y la toma de decisiones en el mantenimiento.] [Revisión del hipervínculo Septiembre de 2007]. Disponible en Internet:

www.confabilidad.net/art_05/CMMS/cmms1.pdf

CORONA, 2007. [En línea]. [Misión y Visión SUMICOL S.A.] [Revisión del hipervínculo Julio de 2007]. Disponible en Internet:

<http://www.pegacor.com/emp00.html>

EAM, 2008. [En línea]. [Gestión de activos de empresa “EAM” SSA] [Sistema de información de mantenimiento].

GOPAC SI, 2008. [En línea]. [¿Qué es inteligencia de negocios?] [Revisión del hipervínculo Marzo de 2008]. Disponible en Internet:
<http://www.gopac.com.mx/v3/gopacbi/quees.asp>

GOPAC SI, 2008. [En línea]. [Inteligencia de negocios y los ERP's] [Revisión del hipervínculo Marzo de 2008]. Disponible en Internet:
<http://www.gopac.com.mx/v3/gopacbi/erps.asp>

GPI ASESORES, 2008. [En línea]. [Que es TPM] [Revisión del hipervínculo Abril de 2008]. Disponible en Internet:
www.gpi-asesores.com/TPM.aspx

JIPM, 2007. [En línea]. [Instituto japonés de mantenimiento de plantas] [Revisión del hipervínculo mayo de 2008]. Disponible en Internet:
<http://www.jipm.or.jp/en/>

LEAN ADVISORS, 2007. [En línea]. [Mantenimiento Total Preventivo] [Revisión del hipervínculo Agosto de 2007]. Disponible en Internet:
<http://www.leanadvisors.com/es/workshop.cfm?CourseID=22>

MONOGRAFIAS, 2008. [En línea]. [Conceptos básicos de TPM] [Revisión del hipervínculo Agosto de 2007]. Disponible en Internet:
<http://www.monografias.com/trabajos14/manufact-esbelta/manufactesbelta2.shtml#mantenim>

OEE, 2008. [En línea]. [EGE] [Revisión del hipervínculo Mayo de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.oee.com/?overture>

SOPORTE Y CIA LTDA, 2007. [En línea]. [Tendencias en el desarrollo de CMMS] [Revisión del hipervínculo Julio de 2007]. Disponible en Internet:
www.rcm2-soporte.com/documentos/2006/SOP-Tendencias-de-los-CMMS-Enero2006.pdf

WIKILEARNING, 2007. [En línea]. [Manufactura Esbelta - Mantenimiento Productivo Total (TPM)] [Revisión del hipervínculo Agosto de 2007]. Disponible en Internet:
http://www.wikilearning.com/monografia/manufactura_esbelta-mantenimiento_productivo_total_tpm_i/12502-9