

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ingeniería Metalúrgica

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

**IMPLEMENTACIÓN DEL TPM EN LA UNIDAD
DE EQUIPO MECÁNICO DEL PROYECTO
ESPECIAL TACNA**

TESIS

Presentado por:

Bach. JUAN NORBERTO VIZCARRA CHAMBI

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO

TACNA - PERÚ

2010

AGRADECIMIENTO A:

FACULTAD DE INGENIERÍA METALÚRGICA

Por formarnos con:

Actitud, inventiva y emprendedores para ser profesionales.

PROYECTO ESPECIAL TACNA

Por darme muchas oportunidades y realizar mi tema de Tesis, gracias...

ASESOR

Ing. Miguel Zavaleta, Jefe de la U.E.M. Municipalidad Provincial de Tacna, por su apoyo incondicional.

ESTE TRABAJO ESTA DEDICADO:

A mis padres y hermanos Victoria y Nolberto.

Que siempre me apoyaron económicamente e hicieron posible concluir mis estudios y me enseñaron la importancia del trabajo.

A mi esposa e hijo Magaly y Cristhiam.

Que me dan apoyo emocional para seguir adelante.

A mis compañeros de la Maestría Gerencia en Mantenimiento

Por compartir sus experiencias adquiridas en las empresas como: PETROPERÚ, DOE RUN, PLUSPETROL, REPSOL YPF, SHOUGANG, y darme consejos para completar esta Tesis y para la vida.

A mi amigo

Ing. Lucas Héctor Miranda Ortiz, Jefe Equipos Biomédicos del Hospital San José en Lima, por su atención dedicada y aporte de información de TPM.

GLOSARIO - TÉRMINOS IMPORTANTES.

1. Indicadores de Mantenimiento de clase mundial.

Son medidas tomadas con precisión, sirve para la toma de decisiones con ello se evita una percepción errónea de la performance.

2. Confiabilidad.

Es la seguridad de disponibilidad de una máquina o equipo durante un periodo de tiempo; asimismo, el aumento de disponibilidad permite evitar sobrecostos por paradas imprevistas.

3. Mantenibilidad.

Es la probabilidad de que una máquina o equipo sea reparado en el menor tiempo posible, empleando procedimientos estándares.

4. Solución fundamental.

Para solucionar un problema subyacente es costoso afrontarlo, así que la gente “desplaza la carga” del problema a otras soluciones fáciles que parecen muy eficaces pero sólo aplacan los síntomas y dejan intacto el problema subyacente. El problema subyacente empeora, inadvertido porque los síntomas aparentemente desaparecen.

Entonces la solución fundamental es para la causa demora más tiempo, pero puede conducir a una mejora duradera.

ABREVIATURAS UTILIZADAS.

1. **TPM** Mantenimiento productivo total.
2. **UEM** Unidad de equipo Mecánico.
3. **PET** Proyecto Especial Tacna.
4. **H-M** Horas máquina.
5. **MTBF (Meat Time Between Failures)**, tiempo medio entre fallos.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.

DEDICATORIA.

GLOSARIO – TÉRMINOS IMPORTANTES.

ABREVIATURAS UTILIZADAS.

RESUMEN .

	Pág.
INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.	2
1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.	2
1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA.	4
1.4 OBJETIVOS.	4
1.4.1 Objetivo general.	4
1.4.2 Objetivos específicos.	4
1.5 Hipótesis.	5
1.6 Limitantes y alcances de la investigación.	5

1.7 Justificación de la investigación.	5
1.8 Organigrama de la institución.	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.	
2.1 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.	9
2.1.1 Desarrollo de un programa de mantenimiento autónomo.	10
2.1.1.1 Objetivos del mantenimiento autónomo.	10
2.1.1.2 Clasificación y asignación de tareas de mantenimiento autónomo.	10
2.1.1.3 Actividades de la Unidad de Equipo Mecánico.	11
2.1.1.4 Apoyo al mantenimiento autónomo.	12
2.1.2 Establecimiento de las condiciones básicas del equipo.	13
2.1.2.1 Deterioro del equipo.	13
2.1.2.2 Condiciones óptimas.	14
2.1.2.3 Importancia de la limpieza.	15
2.1.2.4 Puntos claves para la limpieza.	16
2.1.2.5 Puntos claves para la inspección.	17
2.1.2.6 Limpieza diaria.	18
2.1.3 Implantación del mantenimiento autónomo paso a paso.	19
2.1.3.1 Limpieza inicial.	20

2.1.3.2 Eliminar fuentes de contaminación y puntos inaccesibles.	26
2.1.3.3 Estándares de limpieza e inspección.	30
2.1.3.4 Inspección general del equipo.	30
2.1.3.5 La práctica de la formación en inspección general.	35
2.1.3.6 Inspección general del proceso.	38
2.1.3.7 Preparación para la inspección general.	41
2.1.3.8 Sistematizar el mantenimiento autónomo.	43
2.1.4 Auditorías del mantenimiento autónomo.	48
2.2 MANTENIMIENTO PLANIFICADO.	51
2.2.1 Creación de un sistema de mantenimiento planificado.	51
2.2.1.1 Logro de cero averías.	51
2.2.1.2 Las seis medidas para el cero averías.	52
2.2.1.3 Las cuatro fases del cero averías.	52
2.2.2 Implantación de las actividades de mantenimiento planificado paso a paso.	53
2.2.2.1 Restaurar el deterioro y corregir debilidades.	53
2.2.2.2 Crear sistema de gestión de información.	55
• Sistema de gestión de datos de fallos.	56
• Gran sistema de gestión informatizada del mantenimiento.	58

• Gestión informatizada del presupuesto de mantenimiento.	59
2.2.2.3 Crear un sistema de mantenimiento periódico.	61
2.2.2.4 Formulación de estándares de mantenimiento periódico.	63
• Reducción de los costes de mantenimiento con parada.	64
2.2.3 Auditorías del mantenimiento periódico.	64
2.3 MEJORA DE LA EFECTIVIDAD DE MAQUINARIA Y SISTEMAS.	66
2.3.1 Dificultades inherentes para maximizar la eficiencia del equipo.	66
2.3.2 Seis grandes pérdidas.	66
2.3.2.1 Pérdidas por averías.	67
2.3.2.2 Pérdidas por preparación y ajustes.	68
2.3.2.3 Inactividad y pérdida por paradas menores.	68
2.3.2.4 Pérdidas de velocidad reducida.	69
2.3.2.5 Pérdidas de puesta en marcha.	69
2.3.3 Medición de la efectividad global de equipo.	70
2.3.4 Fallas crónicas y fallas esporádicas.	72
2.3.4.1 Características de fallas crónicas.	73
2.3.4.2 Origen de las fallas crónicas.	73
2.3.4.3 Reducción de las pérdidas crónicas.	74

2.3.4.4 Acciones contra averías.	74
2.3.4.5 Prevenir errores humanos: mala operación.	75
2.4 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO.	76
2.4.1 Formación y entrenamiento en TPM.	78
2.4.1.1 Filosofía básica de la formación y entrenamiento.	78
2.4.1.2 ¿Qué es capacidad?	79
2.4.1.3 Cuatro niveles de capacidad.	80
2.4.2 Operarios competentes en equipo.	81
2.4.2.1 Profesional de mantenimiento competente en equipos.	83
2.4.2.2 Importancia del autodesarrollo.	84
2.4.3 Pasos para impulsar las capacidades de operación y mantenimiento.	85
2.4.4 Rol de la Alta Dirección.	92
2.5 GESTIÓN TEMPRANA DE MAQUINARIA E INSTALACIONES.	94
2.5.1 Diseño MP.	95
2.5.2 Sistema de gestión temprana del equipo.	95
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.	
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.	98
3.2 POBLACIÓN.	98

3.3 MUESTRA DE INVESTIGACIÓN.	98
3.3.1 Método para evaluar maquinaria piloto.	99
3.3.1.1 Criterios para evaluar características de maquinaria piloto.	100
3.3.1.2 Diagrama de flujo para seleccionar maquinaria piloto.	101
3.3.1.3 Evaluación por sistemas de Maquinaria Pesada.	102
3.4 SELECCIÓN Y DEFINICIÓN DE VARIABLES.	103
3.5 RECOLECCIÓN DE DATOS DEL PERSONAL.	104
3.5.1 Procesamiento de los datos por categorías.	106
3.6 Recolección de datos mensuales del equipo piloto.	112
3.6.1 Resumen Estadístico para Confiabilidad.	113
3.6.2 Análisis de regresión múltiple.	115
3.6.3 Resumen Estadístico para Mantenibilidad.	118
3.6.4 Análisis de Regresión Múltiple.	120
CAPÍTULO IV: IMPLEMENTACIÓN DEL TPM.	
4.1 MEJORA EN LA APLICACION DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.	123
4.1.1 Acciones de limpieza y lubricación.	123
4.1.1.1 Uso de las tarjetas de señalización.	124
4.1.2 Acciones para neutralizar las fuentes de contaminación.	125

4.1.3 Acciones para estandarizar el procedimiento de limpieza y lubricación.	126
4.1.3.1 Los estándares impuestos desde arriba nunca se cumplen.	126
4.1.3.2 Los estándares auto-establecidos se cumplen siempre.	127
4.1.3.3 Guía para preparar estándares.	128
4.1.3.4 Líneas de lubricación.	129
4.1.4 Acciones de capacitación y entrenamiento al personal.	129
4.1.5 Acciones para inspección general a las máquinas.	130
4.1.6 Acciones para la organización y orden.	132
4.1.6.1 Supervisor de mantenimiento.	132
4.1.6.2 Funciones del Supervisor.	133
4.1.6.3 Atribuciones.	133
4.1.6.4 Perfil académico.	133
4.1.7 Acciones para la práctica de la autogestión.	134
4.1.7.1 MTBF.	134
4.1.7.2 Incrementar el MTBF.	135
4.2 MEJORAS PARA MANTENIMIENTO PLANIFICADO.	136
4.2.1 Acciones para revertir el deterioro y corregir debilidades.	136
4.2.1.1 Grupo de auxilio mecánico o fiabilización.	137

4.2.2 Acciones para crear un sistema de gestión de información.	141
4.2.2.1 Sistema para control de piezas de repuestos.	142
4.2.2.2 Sistema para control de combustible.	143
4.2.3 Acciones para un sistema de mantenimiento periódico.	144
4.2.3.1 Elaborar un historial por cada maquinaria.	144
4.2.3.2 Hoja de servicio.	146
4.2.3.3 Distribución del personal de mantenimiento planificado.	147
4.2.4 Acciones para crear un sistema de mantenimiento predictivo.	147
4.2.5 Acciones para evaluar el sistema de mantenimiento planificado.	148
4.2.5.1 Gestión de la seguridad.	148
4.2.5.2 Conclusión del mantenimiento con parada.	148
4.3 MEJORAS PARA CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO.	150
4.3.1 Grupos pequeños.	150
4.3.2 Promoción de las actividades de grupos pequeños.	150
4.3.3 Lluvia de ideas. (Brainstorming).	152
4.3.4 Desarrollar operarios competentes en equipos.	155
4.4 MEJORA DE LA EFECTIVIDAD DE MAQUINARIA Y SISTEMAS.	157
4.4.1 Acciones de tiempos muertos y paradas menores.	157

4.4.2 Acciones para reducción de pérdidas crónicas.	159
4.5 Cronograma de implementación del TPM.	160
4.6 Organización del TPM.	161
4.6.1 Comité equipo de gestión.	161
4.6.2 Equipo de trabajo.	161
5.1 RESULTADOS.	162
5.1.1 Resultado de la evaluación y selección maquinaria piloto.	162
5.2 RESULTADOS DE LA RECOLECCION DE DATOS DEL PERSONAL DE LA UEM.	163
5.3 RESULTADOS CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL TPM.	164
5.3.1 Resumen Estadístico para Confiabilidad.	165
5.3.2 Análisis de regresión múltiple.	167
5.3.3 Resumen Estadístico para Mantenibilidad.	170
5.3.4 Análisis de Regresión Múltiple.	172
5.3.5 Periodo para incrementar la eficiencia global dela maquinaria.	175
6.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.	176
6.1.1 Categoría organización.	176
6.1.2 Categoría planeamiento.	176
6.1.3 Categoría personal.	177

6.1.4 Categoría abastecimiento.	178
6.1.5 Categoría ejecución.	178
6.1.6 Categoría supervisión.	179
7.1 ANÁLISIS DE COSTOS.	179
7.1.1 Análisis de retorno de la inversión.	179
7.1.2 Costo de la implementación TPM en la UEM del PET.	181
7.1.3 Evaluación del valor actual neto.	184
7.1.4 Evaluación tasa interna de retorno.	185

CONCLUSIONES.

RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFÍA.

PLANOS.

ANEXOS.

RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo mejorar la eficiencia global de la maquinaria del Proyecto Especial Tacna así como elevar los índices de mantenimiento confiabilidad y mantenibilidad con la reducción de los indicadores de mantenimiento preventivo y correctivo, personal de mantenimiento mecánico, consumo de combustible y lubricantes, consumo de energías, número de accidentes.

Para lograr el objetivo planteado, primero se evaluó y seleccionó la maquinaria piloto, recolectando los datos de la Unidad de Equipo Mecánico, que fueron procesados y analizados mediante el radar de mantenimiento, esto debido a la ausencia de una estrategia de mantenimiento, también por el alto riesgo de accidentes en unidades que se movilizan a las zonas de trabajo.

Los resultados se expresan en los gráficos obtenidos a través de los datos recolectados del personal de la Unidad de Equipo Mecánico del Proyecto Especial Tacna, los mismos que se muestran en la última parte del trabajo.

Finalmente, se expone los beneficios de la implementación del mantenimiento productivo total (TPM) y se formulan sugerencias para elevar la productividad en la unidad de equipo mecánico del Proyecto Especial Tacna.

INTRODUCCIÓN.

Buscando estrategias para mejorar la Unidad de Equipo Mecánico del Proyecto Especial Tacna (PET), intervine en una Maestría dirigida a representantes de las Areas de Mantenimiento y Producción de empresas como: PETROPERÚ, DOE RUN, PLUSPETROL, REPSOL, SHOUGANG, y otros, donde pude ampliar mis conocimientos sobre implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), lo cual se proyecta plasmar en el Proyecto Especial Tacna.

Mucho se habla de reparación, donde se puede seguir los lineamientos del fabricante o recomendaciones de especialistas; pero poco se conoce sobre gestión de mantenimiento, integrando el binomio hombre-máquina a las condiciones del lugar de trabajo y las costumbres del personal, específicamente en la zona alto andina con climas severos y carreteras accidentadas, donde se realizan las obras.

Este trabajo contiene lo expuesto en forma minuciosa, en 4 capítulos, donde puse el máximo esfuerzo, experiencia y conocimiento, espero que sea un aporte para la gestión de maquinaria en la Unidad de Equipo Mecánico del Proyecto Especial Tacna y también para toda empresa.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

El estado situacional precario que presentan algunas unidades móviles del PET es preocupante, ya que en ocasiones quedan paralizadas en las zonas altas, donde no se cuenta con el personal mecánico ni equipos que permitan repararlas inmediatamente, exponiendo al personal a soportar bajas temperaturas en riesgo de su integridad física y otras situaciones que podríamos lamentar.

Estos inconvenientes también causan retrasos en la programación de avance de obra.

Como es de conocimiento, las características climatológicas y geográficas de la zona altoandina donde se realizan casi todas las obras, son severas y accidentadas, para lo cual se requiere contar con unidades de operación óptimas.

1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

Desde hace varios años ha estado creciendo el interés por el TPM fuera del Japón. En los Estados Unidos, son muchas las empresas que tienen practica

programas tanto en el sector de manufactura, como en el de procesos, por ejemplo Alcoa, AT & T, Dupont; Exxon, Kodak, Ford, Harley Davidson, Nippondenso, Procter & Gamble, Tennessee Eastman, Timken, Yamaha Motor Manufacturing, por citar algunas. Desde 1990, el JIPM y Productivity, Inc. Copatrocinan una conferencia anual sobre TPM. Cada año, son muchas las corporaciones que comparten sus experiencias sobre TPM.

En Europa, el TPM esta en practica en Volvo Cars Europe en Bélgica, National Steel Corporation y Renault en Francia, así como en varias empresas que tienen participación japonesa. También los fabricantes de automóviles italianos están tomando interés sobre el TPM. Lo mismo podemos decir de Finlandia, Noruega y Suecia. Finlandia ha establecido su propio premio TPM similar al modelo Japonés.

También esta creciendo el interés en América del Sur y Central, como lo evidencian los muchos seminarios que tienen lugar en Brasil y el primer congreso internacional sobre TPM que ha tenido lugar en Monterrey, México (Junio, 1993), patrocinado por Productivity de México.

En china Popular, Corea del Sur, y varios países del Sureste Asiático, empresas con participación japonesa y otras están participando activamente en cursos y conferencias sobre TPM e introduciéndolo en sus instalaciones.

El sostenido interés por el TPM fuera del Japón lo evidencia también el aumento en el número de grupos que visitan Japón para estudiar TPM.

1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA.

¿En cuanto incrementa la eficiencia global de la maquinaria mediante la Implementación del TPM en la Unidad de Equipo Mecánico del Proyecto Especial Tacna?

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivo general.

Implementar el TPM en la Unidad de Equipo Mecánico del Proyecto Especial de Tacna.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Construir un marco teórico referencial que reúna los diferentes conceptos, definiciones y estrategias de un mantenimiento de tal manera que brinde un criterio que soporte la propuesta de la investigación sobre Mantenimiento Productivo Total en la Unidad de Equipo Mecánico.
- Implementar y desarrollar el procedimiento general para el mejoramiento de la gestión del mantenimiento aplicando TPM en la Unidad de Equipo Mecánico.

- Aplicar modernos sistemas de software, a todo nivel, que permita incrementar la productividad de la empresa.
- Mejorar los siguientes índices de mantenimiento: Confiabilidad y Mantenibilidad.
- Capacitar a trabajadores adecuadamente.
- Racionalizar el uso de recursos energéticos.

1.5 HIPÓTESIS.

Mediante la implementación del Mantenimiento Productivo Total, a la Unidad de Equipo Mecánico del Proyecto Especial Tacna, se incrementara la eficiencia global de la maquinaria

1.6 LIMITANTES Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.

La gestión es global, pero luego de la evaluación y selección la maquinaria piloto será de 07 unidades que son el cuello de botella, posteriormente, se ampliará horizontalmente a toda la maquinaria y Unidad.

1.7 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.

La ausencia de una estrategia de mantenimiento para el mejoramiento de la gestión en la Unidad de Equipo Mecánico del Proyecto Especial Tacna, que permita elevar la eficiencia global de la maquinaria.

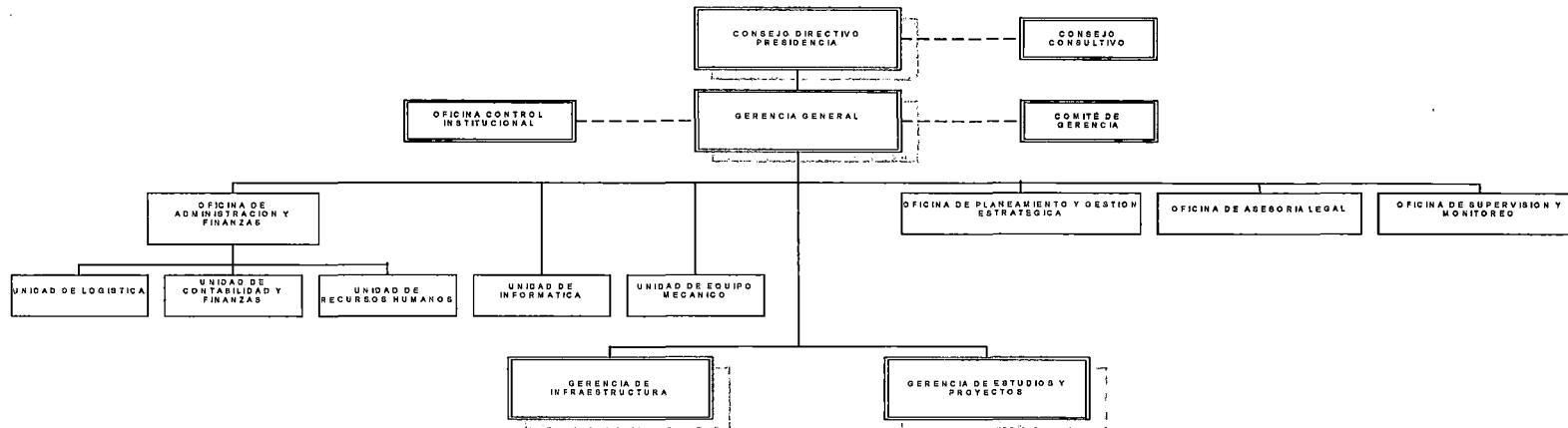
En la actualidad no tiene Implantado e Implementado el TPM, ninguna empresa en Tacna.

1.8 ORGANIGRAMA.

El organigrama actual abarca la Presidencia, Vicepresidencia, seguida de Gerencias así sucesivamente; considerando las áreas y oficinas que participan activamente en la implementación del TPM.

En las gráficas correspondientes, Figuras 1 y 2, se ha considerado con letra azul, los cargos o puestos que participan activamente en el mantenimiento productivo total (TPM) y con letra verde los cargos adicionales que se consideran como mejora necesaria.

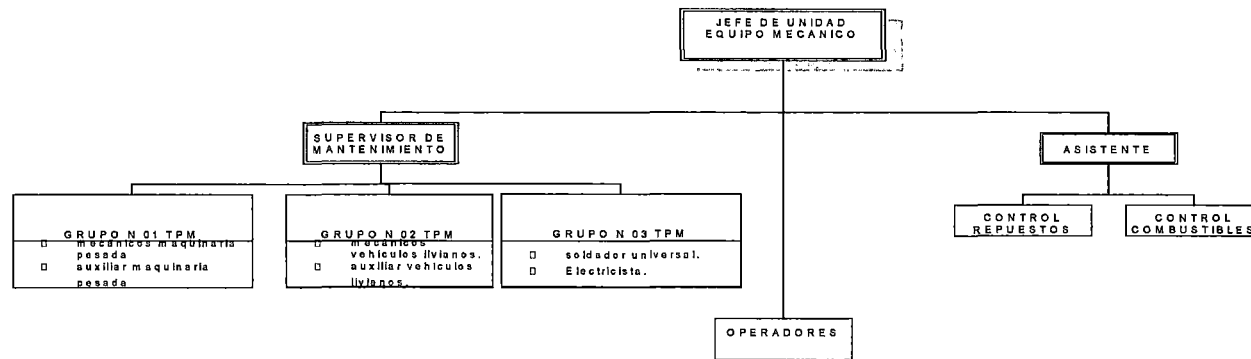
ORGANIGRAMA DEL PROYECTO ESPECIAL TACNA



Fuente: Proyecto Especial Tacna.

Figura 1. Organigrama del Proyecto Especial Tacna.

ORGANIGRAMA DE LA UNIDAD DE EQUIPO MECANICO



Fuente: Proyecto Especial Tacna.

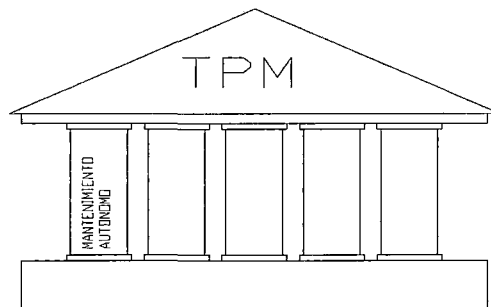
Figura 2. Organigrama de la Unidad de Equipo Mecánico del Proyecto Especial Tacna

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Mantenimiento Autónomo.

El mantenimiento productivo total (TPM) mejora los resultados empresariales, creando lugares de trabajo agradable y productivo, transformando el modo de pensar de los trabajadores. El mantenimiento autónomo realizado por la Unidad de Equipo Mecánico, es uno de los pilares básicos más importantes.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. representación del Mantenimiento Productivo Total.

2.1.1 Desarrollo de un programa de mantenimiento autónomo.

Las claves para desarrollar un programa eficaz de mantenimiento autónomo son la profundidad y la continuidad. Un factor adicional decisivo es una perfecta integración con otras dos actividades TPM fundamentales: la mejora orientada y el adiestramiento y formación.

2.1.1.1 Objetivos del mantenimiento autónomo.

Una de sus funciones más importantes es detectar y tratar con prontitud las anomalías del equipo, que es precisamente el objetivo de un buen mantenimiento. El mantenimiento autónomo incluye cualquier actividad realizada por la Unidad de Equipo Mecánico relacionada con una función de mantenimiento, que pretenda mantener la maquinaria pesada operando eficiente y establemente con el fin de satisfacer los planes de producción.

2.1.1.2 Clasificación y asignación de tareas de mantenimiento.

Las actividades para lograr las condiciones óptimas en el equipo y maximizar su eficacia global son mantener el equipo y/o mejorarlo. Las actividades de mantenimiento se orientan a mantener el equipo en un estado deseado, evitando y corrigiendo fallos.

Por otro lado, las actividades de mejora alargan la vida del equipo, reducen el tiempo necesario para realizar el mantenimiento. Este mantenimiento correctivo se

centra en la fiabilidad y en la mejora de la mantenibilidad del equipo existente. Las actividades de prevención del mantenimiento promueven el diseño de nuevo equipo que sea de operación y mantenimiento más fáciles, menos costosos y que permitan un arranque vertical después de la instalación o de un solo golpe después de una parada.

Estas actividades de mantenimiento y mejora se realizan simultáneamente en tres áreas: Prevención, medición, y restauración del deterioro. No se puede lograr cero fallos, si se deja de lado cualquiera de estas áreas.

Por tanto, el primer paso para crear un sistema de mantenimiento es clarificar las responsabilidades de la Unidad de Equipo Mecánico y las Gerencias de línea en cada una de estas áreas y asegurar que el programa integrado esté libre de omisiones y duplicaciones. Hay que otorgar una importancia particular a la prevención del deterioro (la actividad de mantenimiento básica) para crear un fundamento sólido para el mantenimiento planificado y predictivo.

2.1.1.3 Actividades de la Unidad de Equipo Mecánico.

La Unidad de Equipo Mecánico es clave en el mantenimiento, su objetivo se centra en el mantenimiento planificado, en el predictivo y en el correctivo, concentrándose en medir y restaurar el deterioro, no es un taller de reparaciones, su verdadera tarea es elevar la mantenibilidad, operabilidad y seguridad.

2.1.1.4. Apoyo al mantenimiento autónomo.

La guía y apoyo apropiado de la Unidad de Equipo Mecánico son indispensables para establecer el mantenimiento autónomo y hacerlo una parte eficaz del programa de mantenimiento. Las tareas más importantes son:

- Facilitar instrucciones en técnicas de inspección y cooperar con los operarios a preparar estándares de inspección (puntos a chequear, intervalos de chequeo, etc.)
- Facilitar formación en técnicas de lubricación, estandarizar tipos de lubricantes, cooperando con los operarios a formular estándares de lubricación (puntos de lubricación, tipos de lubricantes, intervalos, etc.)
- Tratar rápidamente el deterioro y las deficiencias en las condiciones básicas del equipo (por ejemplo, realizar rápidamente el trabajo de mantenimiento identificado por los operarios).
- Dar asistencia técnica en las actividades de mejora como eliminar las fuentes de contaminación, hacer más accesibles las áreas difíciles para la limpieza, lubricación e inspeccionar para mejorar la eficiencia del equipo.
- Organizar las actividades de rutina (reuniones de mañana, rondas para recibir órdenes de tareas de mantenimiento, etc.)

Sobre todo, la Unidad de Equipo Mecánico debe planificar y actuar concertadamente con la Gerencia de línea en todo lo que concierne al mantenimiento de la maquinaria pesada. Otras actividades de la Unidad de Equipo Mecánico son:

- Investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de mantenimiento.
- Crear sistemas de registros de mantenimiento, datos para mantenimiento y resultados de mediciones.
- Desarrollar y utilizar técnicas de análisis de fallos e implantar medidas para evitar la repetición de fallos serios.
- Control de repuestos, plantillas, herramientas y datos técnicos.

2.1.2 Establecimiento de las condiciones básicas del equipo.

Las actividades de mantenimiento autónomo se centran en la prevención del deterioro. Un aspecto importante es establecer y mantener las condiciones básicas del equipo (a través de la limpieza, lubricación y apretado de pernos). De hecho, ésta es la actividad más básica en el TPM.

2.1.2.1 Deterioro del equipo.

La causa de la mayoría de los fallos es el deterioro del equipo, esto incluye el deterioro natural, función de la vida inherente del equipo, y el deterioro acelerado,

que se produce cuando el equipo funciona en un entorno nocivo. La clave para evitar fallos es evitar el deterioro acelerado.

El establecimiento de las condiciones básicas de la maquinaria pesada implica eliminar las causas del deterioro acelerado. Incluye la limpieza (remover todas las trazas de polvo y suciedad, descubrir y erradicar los defectos ocultos), la lubricación (evitar el desgaste y quemaduras manteniendo los repuestos debidamente lubricados) y el apretado de pernos (evitar las disfunciones y averías, asegurando tuercas y pernos).

2.1.2.2 Condiciones óptimas.

La palabra “fallo” o “avería” consiste en dos caracteres que significan intencional y daño. Se debe entender que las máquinas no se averían por sí mismas; por cuanto, es el personal el que las avería por omisiones o actos deliberados, por tanto, nuestro primer paso debe ser establecer las condiciones mínimas requeridas para mantener el equipo en funcionamiento (condiciones básicas del equipo).

En este caso, es preciso un esfuerzo para reparar el equipo hasta un nivel, donde rinda mejor, a fin de “establecer las condiciones óptimas o básicas”.

En el siguiente ejemplo, las condiciones óptimas para una correa en V cuádruple son:

- Sin fisuras.

- Sin abultamientos.
- Limpias.
- No desgastadas.
- No retorcidas.
- No estiradas.

Si no se chequea el equipo bajo estas condiciones, terminará fallando una por una y, eventualmente, la máquina funcionará con una sola correa, incapaz de transmitir la fuerza motriz suficiente. Si se ignoran las condiciones óptimas, se producen pérdidas imperceptibles y se vuelven crónicas.

2.1.2.3 Importancia de la limpieza.

La limpieza consiste en remover todo el polvo, suciedad, grasa, aceite y otros contaminantes que se adhieren al equipo y accesorios, con la finalidad de descubrir los defectos ocultos. Esto es algo más que un ejercicio de cosmética. Son innumerables los efectos nocivos derivados del fallo en limpieza. La siguiente tabla relaciona algunos de los más serios.

Tabla I. Efectos nocivos de limpieza inadecuada.

EFECTOS NOCIVOS	CONSECUENCIAS
Fallos	La suciedad y materias extrañas penetran en las partes giratorias y deslizantes, sistemas hidráulicos y neumáticos, sistemas de control eléctrico, sensores, etc., causando pérdidas de precisión, disfunciones y fallos como resultado de desgastes, obstrucciones, resistencia por fricción, fallos eléctricos, etc.
Defectos de calidad	Los defectos de calidad, son causados por la contaminación del producto con materias extrañas, o indirectamente una disfunción del equipo.
Deterioro acelerado	La acumulación de polvo y suciedad hace difícil encontrar y rectificar fisuras, holguras excesivas, lubricación insuficiente, y otros desordenes, con el resultado de deterioro acelerado.
Pérdidas de velocidad	El polvo y la suciedad aumentan el desgaste y la resistencia por fricción, causando pérdidas de velocidad tales como tiempos en vacío y bajo rendimiento.

Fuente: Elaboración propia.

2.1.2.4 Puntos claves para la limpieza.

En el TPM, la limpieza es una forma de inspección. Su finalidad no es meramente limpiar, sino descubrir los defectos ocultos o anomalías en las condiciones de la maquinaria pesada. Los puntos claves son:

- Limpiar el equipo regularmente como parte del trabajo diario.
- Limpiar profundamente, remover todas las capas de suciedad y adherencias acumuladas durante años.
- Abrir las tapas, dispositivos de seguridad para descubrir y remover cada mota de

polvo de cada esquina.

- Limpiar los elementos auxiliares y accesorios igual que las unidades principales, cajas de control y tanques de lubricante (por dentro y fuera).
- Cuando una pieza se ensucia, inmediatamente se debe limpiar y se debe observar cuidadosamente el tiempo en que la pieza se contamina de nuevo, de donde procede la contaminación y su grado de severidad.

2.1.2.5 Puntos claves para la inspección.

No es fácil practicar el concepto de *“limpieza es inspección”*. La habilidad para reconocer e identificar deficiencias sólo puede desarrollarse a través de una extensa experiencia directa. La clave para detectar pequeñas deficiencias y otras anomalías en la maquinaria pesada se logra a través de un cuadro mental sobre la condición ideal del equipo, y tenerlo presente mientras se limpia. Estas son algunas sugerencias para encontrar fallos. También ver anexos 11, 10, 09, 08, 07, 06.

- Buscar defectos visibles e invisibles, tales como holguras, pequeñas o sutiles vibraciones y ligeros sobrecalentamientos que solamente se descubren tocando.
- Buscar cuidadosamente poleas y correas desgastadas, cadenas de mando sucias, filtros de succión bloqueados, y otros problemas que probablemente conducirán a disfunciones.

- Observar si el equipo es fácil de limpiar, lubricar, inspeccionar, operar y ajustar. Identificar los obstáculos tales como cubiertas grandes obstructivas, lubricadores mal posicionados, etc.
- Asegurar que todos los aparatos de medida operen correctamente y estén claramente marcados con los valores especificados.
- Investigar también problemas ocultos, como corrosión interior en el material aislante de tuberías, columnas y tanques, y las obstrucciones en el interior de canales y toberas.

2.1.2.6 Limpieza diaria.

Los chequeos diarios que los operarios realizan en sus áreas son algo más que una formalidad. Aseguran que se detecte las anomalías y que se traten tan pronto como sea posible.

En la maquinaria pesada, muchos operarios realizan inspecciones inútiles o sin sentido basadas en estándares. Se marcan limpiamente las columnas con un OK con una semana de anticipación, y los directores se auto engañan al pasar por esos lugares. Sin embargo, los chequeos ritualizados no tienen valor ni sentido alguno.

La verdadera inspección diaria, significa estar alerta lo suficiente como para identificar cualquier cosa fuera de lo ordinario mientras se opera la maquinaria pesada y reparar las deficiencias, para luego informar correctamente. Se requiere un alto grado de capacidad y sensibilidad. La comprensión de los estándares y listas de

chequeo son solo ayudas útiles; no debe confiarse superlativamente en ellos como medios para evitar el deterioro.

2.1.3 Implantación del mantenimiento autónomo (paso a paso).

Los objetivos de la limpieza, entendido como medio de inspección son restablecer las condiciones básicas del equipo, llevar el equipo a su estado ideal, y crear lugares de trabajo libres de anomalías en el equipo, averías, paradas y defectos de calidad. Sin embargo, lograr esto no es fácil para unos operarios imbuidos de la mentalidad “Yo lo hago funcionar- tu lo reparas”.

La adopción de un procedimiento de implantación progresiva, permite que las actividades evolucionen lenta pero profundamente (solución fundamental). El enfoque paso a paso delimita claramente las actividades de cada fase, facilitando la ejecución de auditorías regulares que dan fe de los avances hechos en cada paso, y brinda a los operarios un sentimiento de logro conforme avanza el programa. Hay que explicar claramente las intenciones y objetivos de cada paso respecto a equipos y personas, dando a conocer la finalidad de las actividades y aportar las directrices que sean necesarias.

2.1.3.1 Limpieza inicial.

El objetivo del paso 1 del programa de mantenimiento autónomo es elevar la fiabilidad del equipo a través de tres actividades:

- Eliminar el polvo, la suciedad y los desechos.
- Descubrir todas las anomalías.
- Corregir las pequeñas deficiencias y establecer las condiciones básicas del equipo.

Eliminar polvo, suciedad y hollín.

Una limpieza profunda obliga a los operarios a revisar cada parte del equipo. Esto incrementa su interés y la decisión de no permitir que el equipo se ensucie de nuevo. Con todo, a menudo la limpieza inicial tiene un arranque lento porque muchos operarios no comprenden porque deben hacerlo, o establecen que los responsables son los de mantenimiento.

Incluso cuando se les dice que la limpieza inicial significa dejar el equipo imaculado, los operarios no calibran bien hasta donde tienen que llegar en sus actividades de limpieza. Al comienzo son normales los ensayos y errores. Por eso, es importante que los especialistas en mantenimiento faciliten en forma paciente y

prolongada, directrices prácticas y ayuden a los operarios a contestar los siguientes tipos de cuestiones que surgen conforme realizan la limpieza inicial:

- ¿Qué es lo que puede ir mal si alguna parte está sucia?
- ¿Qué le sucede a esta columna o tubo cuando esta parte está oxidada?
- ¿Cómo afectará la confiabilidad si esto está bloqueado u obstruido?
- Esta parte se sigue ensuciando a pesar de que la limpio a menudo ¿De dónde surge la contaminación?

A través de la práctica, los operarios van comprendiendo gradualmente los problemas que origina la contaminación. Empiezan a reconocer la importancia de la limpieza como inspección, y resuelven mantener immaculado en el futuro a su equipo. Esto, a su vez, les estimula pensar modos de limpieza fácil.

Corrección de pequeñas deficiencias y establecimiento de las condiciones básicas del equipo.

- **Lubricación.**

La lubricación es una de las condiciones básicas más importantes para preservar la fiabilidad del equipo. Es un medio para asegurar tanto un funcionamiento eficiente mediante la prevención del desgaste o quemaduras, mantenimiento de la precisión operacional de mecanismos neumáticos y la reducción de la fricción. Sin embargo, cuando el equipo es lubricado en forma inadecuada, ocurre lo siguiente:

- No se ha enseñado a los operarios, los principios de la lubricación o los problemas que puede causar una lubricación inapropiada.
- Se utiliza lubricantes diferentes y muchos puntos de lubricación son inaccesibles.
- Los estándares de lubricación no existen o son difíciles de seguir. Tales condiciones exponen al equipo a un deterioro acelerado.

Para contrarrestar esto en el paso 1, se debe poner en práctica las siguientes actividades conforme se vayan descubriendo anormalidades relacionadas con la lubricación:

- Enseñar la importancia de la lubricación usando lecciones de punto único.
- Lubricar inmediatamente siempre que se encuentre un equipo inadecuadamente lubricado o no lubricado.
- Reemplazar todos los lubricantes contaminados.
- Limpiar y reparar todas las entradas de lubricante e indicadores de nivel sucios o dañados.
- Verificar si todos los mecanismos de lubricación automática funcionan correctamente.
- Limpiar y lubricar todas las piezas que giran o se deslizan, las cadenas de mando y otras piezas móviles.

- Limpiar y reparar todo el equipo de lubricación manual y contenedores de lubricante.

Apretado.

Todas las máquinas contienen tuercas, pernos y tornillos como elementos esenciales de su construcción. Los equipos funcionan apropiadamente solo si estos elementos de unión están debidamente apretados. Solo es preciso que un perno esté flojo para empezar una reacción en cadena de desgaste y vibraciones. Si la máquina vibra ligeramente, otros pernos empiezan a aflojarse, el equipo empieza a dar sacudidas y hacer ruidos, las ligeras fisuras se terminan convirtiendo en profundas grietas, algunas piezas terminan dañadas o completamente rotas y el resultado es una gran avería.

A menudo, las averías y otros problemas son resultado de una combinación de condiciones actuando juntas. Por ejemplo, una célula fotoeléctrica probablemente funcionará de modo satisfactorio incluso si vibra un poco o su cubierta de vidrio está ligeramente sucia. Sin embargo, si se aflojan sus pernos de unión, la vibración aumentará, aflojándose aun más los pernos y magnificando la vibración. Cualquier ligera desalineación o contaminación del receptor de luz puede entonces combinarse con lo anterior y causar una disfunción.

Buscar cuidadosamente poleas y correas desgastadas, cadenas de mando

sucias, filtros de succión bloqueados, y otros problemas que probablemente conducirán a la cadena de eventos que conducen al fallo.

Realizado el análisis de los fallos reveló que el apretado inadecuado de pernos contribuía, de un modo u otro, directa o indirectamente, a aproximadamente la mitad de los fallos. En muchos entornos, es plenamente adecuado reevaluar la importancia del apretado de pernos y tuercas.

Mientras se pone en práctica el paso 1 del programa de Mantenimiento Autónomo, se debe emprender las acciones que se anotan a continuación, conforme se investiga y se descubre deficiencias y anomalías relacionadas con pernos y tuercas (Figura 5). Es extremadamente importante establecer las condiciones básicas del equipo y cegar las fuentes de problemas potenciales.

- Apretar y asegurar los pernos y tuercas flojos.
- Reemplazar los pernos y tuercas que falten.
- Reemplazar los pernos y tuercas pasados de rosca o demasiado largos.
- Reemplazar los pernos y tuercas dañados o con desgaste severo.
- Reemplazar las arandelas y tuercas de orejetas inapropiadas.
- Utilizar mecanismos de bloqueo en tuercas importantes que se aflojan persistentemente.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Fuentes de anomalías.

Descubrir los puntos peligrosos y formar para prevenir accidentes.

Aunque la seguridad debe ser siempre superlativa, los accidentes continúan ocurriendo. Descubrir y neutralizar todas las fuentes de peligro en el equipo y el entorno de trabajo evita accidentes y crea lugares de trabajo seguros, limpios y gratos.

Las actividades de limpieza inicial y mejora que realizan los operarios como parte de un programa de Mantenimiento Autónomo no son tareas de rutina. Por tanto, hay que considerar y asegurar cuidadosamente las actividades de Mantenimiento Autónomo, perfilando un programa de prevención de accidentes usando ilustraciones, y poniendo en práctica procedimientos de seguridad con el

equipo real durante todas las actividades de mantenimiento autónomo. Se ha comprobado en muchas empresas la eficacia de estos procedimientos para lograr cero accidentes.

2.1.3.2 Eliminar las fuentes de contaminación y puntos inaccesibles.

Durante el paso 1, los operarios usan sus manos y los cinco sentidos físicos para realizar la limpieza inicial y detectar anomalías. Durante el paso 2, usan la inteligencia para crear mejoras eficaces.

Cuando el equipo se ensucia pronto, o no se puede mantener el nivel de limpieza obtenido inicialmente, los operarios sienten el impulso de hacer algo para resolverlo. En otras palabras se vuelven conscientes de la necesidad de hacer mejoras. Empiezan a pensar sobre los modos de controlar las fugas, derrames y otras fuentes de contaminación; intentan también mantener las condiciones básicas del equipo establecidas en el paso 1, pero se dan cuenta que esto les exige una cantidad de tiempo y esfuerzo considerable; se sienten incómodos con los lugares difíciles de alcanzar y se sienten obligados a buscar la accesibilidad. El objetivo del paso 2 es reducir el tiempo de limpieza, chequeo y lubricación introduciendo dos tipos de mejora.

a) Identificar y eliminar las fuentes de fugas y derrames.

Los lugares de trabajo suelen tener una amplia variedad de fuentes de contaminación, lo que ocasiona deterioro sobre el equipo. Por ejemplo:

- El polvo y las descargas de vapor hacen difícil mantener los niveles de limpieza inicial.
- La contaminación de polvo y grasa estorba el chequeo de pernos, tuercas, indicadores de niveles de aceite, etc.
- La contaminación de polvo causa deterioro acelerado, tal como el desgaste excesivo de correas en V y cadenas motrices.
- La contaminación de los sensores de límite, fotosensores y otros sensores provocan disfunciones.
- Las fugas de líquido y vapor corroe las unidades de proceso, soportes y otras estructuras.
- La infiltración de polvo en los paneles de control hace que este no sea fiable.
- La contaminación general deteriora el entorno de trabajo y la calidad del producto.

Aunque son numerosos los efectos peligrosos de la contaminación, por diversas razones se hace muy poco sobre ello. Por ejemplo, raramente se piensa cuando se diseñan equipos tales como los vibradores y transportadores en hacerlos a prueba de polvo.

Sin embargo, desde el punto de vista de la mantenibilidad del equipo, la

calidad y el entorno, es inexcusable no controlar las fugas, derrames, dispersión de polvo, vapores y líquidos corrosivos. Son necesarias las medidas de mejora.

Para remediar las fuentes de contaminación, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Comprobar con precisión la naturaleza de la contaminación, el lugar y cómo se genera.
- Reunir datos cuantitativos sobre el volumen de fugas, derrames y otras contaminaciones (esto ayuda a los operarios a comprender la importancia de la medición).
- Inculcar en los operarios el rastrear la contaminación llegando a la fuente origen; por ejemplo, en las obstrucciones de los conductos y tuberías.
- Localizar la contaminación para reducirla persistentemente mediante mejoras sucesivas. Esto produce mejores resultados porque las mejoras instantáneas son imposibles.
- Considerar el uso de nuevas técnicas y materiales para sellados, juntas, medios de protección, etc.

b) Mejorar la accesibilidad para reducir el tiempo de trabajo.

Incluso cuando se hayan establecido las condiciones básicas del equipo y se hayan logrado grandes mejoras en ello, puede que su mantenimiento exija demasiado tiempo y esfuerzo, y que parte del trabajo sea excesivamente peligroso.

En tales casos, el chequeo y la lubricación no perdurarán mucho tiempo. Las condiciones óptimas no se logran verdaderamente hasta que la limpieza, chequeo y lubricación se hagan fáciles que cualquiera pueda hacerlo con seguridad, rapidez y correctamente. Esto incluye las siguientes actividades de mejora:

1. Reducir los tiempos de limpieza.

Preparar y someter a test resúmenes de actividades de limpieza (bosquejar estándares provisionales), que permitan decidir “de una ojeada” cómo suprimir los focos de contaminación, hacer más accesibles los lugares de limpieza difícil o diseñar herramientas de limpieza más eficientes.

2. Reducir los tiempos de chequeo.

Para ello, suele ser conveniente preparar un resumen de actividades de chequeo con fotos o esquemas, preparar cuadros de chequeos, inspeccionar tuercas, pernos, correas en V, cadenas, acoplamientos y otros para confirmar si los operarios pueden realizar chequeos dentro de los tiempos asignados; diseñar herramientas de inspección mejoradas, instalar cubiertas que se suelten rápidamente, mejorar el posicionamiento y orientación de los anclajes, crear espacio extra, facilitar plataformas donde los operarios puedan estar mientras chequean los puntos difíciles, etc.

3. Identificar los lugares de lubricación difíciles.

Usar gráficos de lubricación ilustrados para chequear mecanismos tales como

los indicadores de nivel de aceite y FRLs (conjunto filtro-regulador-lubricador) y reponer o cambiar lubricantes.

2.1.3.3 Estándares de limpieza e inspección.

El objetivo de este paso es garantizar el mantenimiento de los logros obtenidos en los pasos 1 y 2, esto es, asegurar el mantenimiento de las condiciones básicas y de la situación óptima del equipo. Para lograr esto, los grupos de operarios deben estandarizar los procedimientos de limpieza e inspección y asumir la responsabilidad de mantener su propio equipo.

2.1.3.4 Inspección general del equipo.

Los operarios de la maquinaria pesada, deben conocer a fondo sus equipos. Sin embargo, se cree generalmente que los operarios solo necesitan seguir las instrucciones para hacer funcionar las máquinas, muchas empresas no hacen ningún esfuerzo para enseñar a los operarios la estructura y características de sus equipos. Algunas, incluso reducen el número de operarios y les prohíben reparar las máquinas. En tales casos, lo único que hacen los operarios es pulsar los conmutadores o pasear alrededor de canales, cintas y conductos para desbloquearlos. Aquí los pasos:

a) Preparación para la formación en inspección general.

La formación en inspección general persigue dos objetivos: Que cada operario adquiera las habilidades requeridas y que se logre resultados tangibles mediante las

inspecciones generales de todos los equipos a través de las actividades de los pequeños grupos.

b) Selección de elementos de inspección general.

Se debe empezar por determinar con precisión, lo que se ha de enseñar a los operarios con el fin de que hagan funcionar e inspeccionar correctamente sus equipos. Para seleccionar los elementos de inspección apropiados en cada lugar de trabajo particular, hay que considerar tanto las especificaciones del diseño del equipo como el historial de problemas, averías y defectos.

Incluir en esta selección, las válvulas, bombas, además de los elementos funcionales básicos (tuercas, pernos, sistemas de lubricación, sistemas de mando, neumáticos, hidráulicos, eléctricos, instrumentación, etc.).

c) Preparar materiales para formación en inspección.

Detallar los elementos que los operarios deben chequear de manera minuciosa y se resume en una lista de chequeo de inspección general.

En seguida, se debe decidir los aspectos que lo operarios deben aprender para ser capaces de chequear dichos elementos y preparar un manual de inspección general para los líderes de grupos. Este manual debe relacionar y describir las funciones básicas y la estructura del equipo a inspeccionar, sus componentes con sus

nombres y funciones, criterios de funcionamiento normal, procedimientos de inspección y acciones a tomar cuando se descubran anomalías.

El formato corriente de un manual no es suficiente para que los operarios comprendan a fondo toda la información. Hay que preparar también maquetas, gráficos de pared fáciles de comprender y muestras reales de ejes desgastados, aceite sucio, etc.

La formación práctica directa en cuestiones tales como el apretado correcto de tuercas y pernos y la inserción apropiada de guarnición de prensaestopas es también extremadamente eficaz. Es esencial preparar talleres de formación, plantillas, herramientas, y simuladores de instrumentación para usar todo esto con el propósito indicado.

d) Redactar el programa de formación en inspección general.

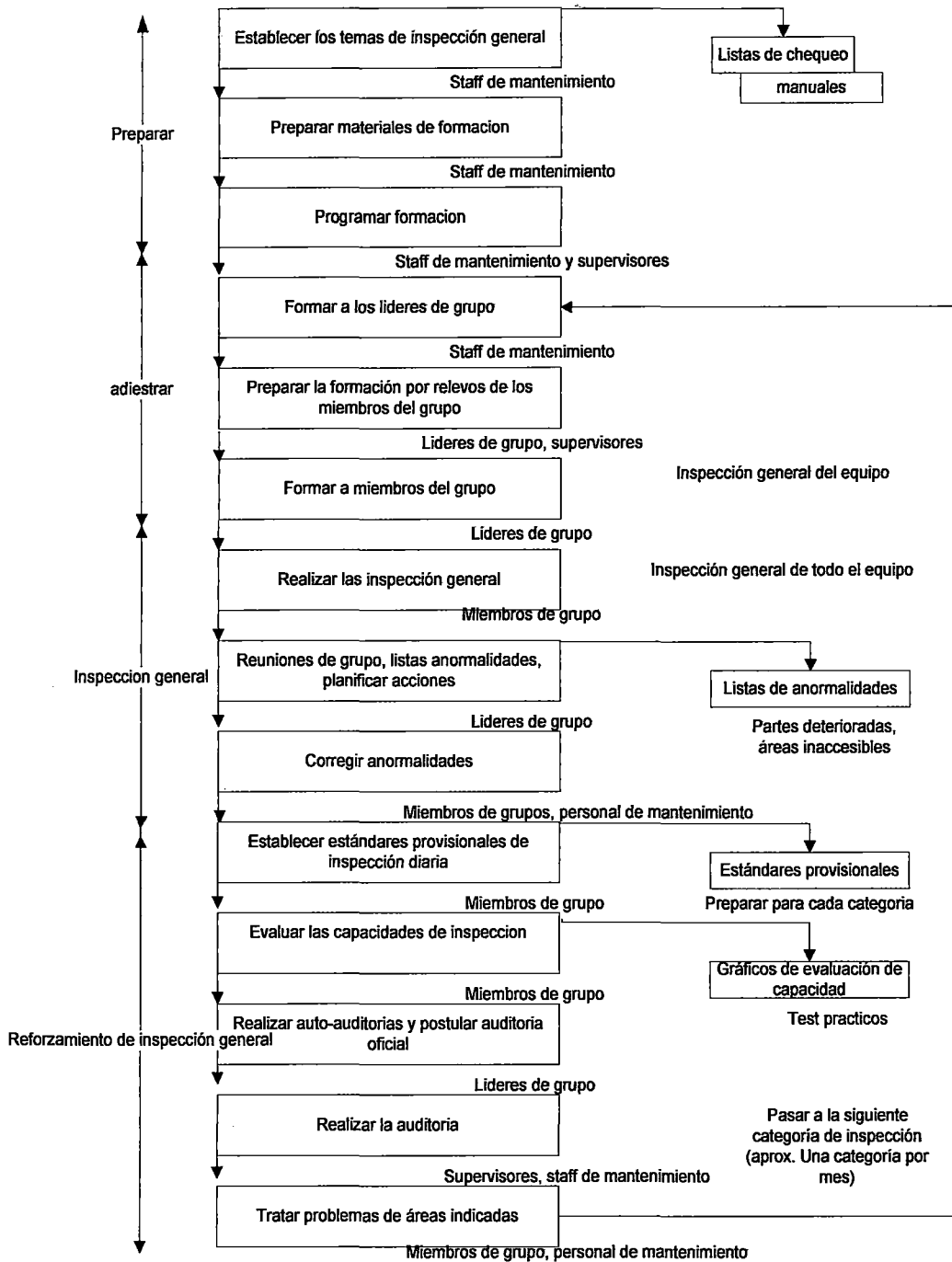
Mientras se preparan los programas y las ayudas de enseñanza, los especialistas de la Unidad de Equipo Mecánico deben redactar un programa de formación (*planing*) previa consulta con los responsables de las gerencias de línea. Se asigna un tiempo estándar de un mes para cada unidad del programa de estudios, incluyendo la inspección general a realizar por los operarios al final de cada unidad.

El procedimiento para cada unidad del programa de estudios es:

1. El staff de mantenimiento instruye a los líderes de equipo.

2. Los líderes de equipos enseñan a los operarios.
3. Los operarios realizan inspecciones generales.
4. Se realiza una auditoría y el equipo consolida o estandariza los procedimientos de inspección.

En la Figura 5, se muestra un resumen de lo anotado.



Fuente: TPM en industrias en proceso.

Figura 5. Programa para formación en inspección general.

2.1.3.5 La práctica de la formación en inspección general.

- **La importancia de enseñar por relevos.**

El método de enseñanza por relevos es el modo más eficaz de realizar el programa de formación. Así, el staff de mantenimiento prepara a los líderes de equipo y estos a su vez a los miembros de sus equipos. Lo que permite a los líderes ejercer su liderazgo y a los grupos adquirir espíritu de equipo.

Al enseñar, los líderes de equipo experimentan los problemas, tribulaciones y satisfacciones del liderazgo. La responsabilidad del desarrollo de su grupo los obliga a desarrollar su propia capacidad. Entre tanto, los miembros de los grupos intentan apoyar el entusiasmo y el esfuerzo de sus líderes y satisfacer sus expectativas. Este sistema de aprendizaje inyecta energía y vitalidad extras en los grupos.

- **Formación de los líderes de grupo.**

El staff de mantenimiento aparte de transferir los conocimientos necesarios, deben también desarrollar en los líderes su capacidad de liderazgo y aconsejarles sobre modos eficaces de retransmitir lo aprendido a los miembros de grupos.

- **Preparación de la formación por los líderes de los grupos.**

Por su parte, los líderes deben hacer algo más que transmitir la información que han recibido. Tendrán que preparar materiales adicionales de enseñanza que

traten temas específicos del equipo propio de cada lugar de trabajo. Además, los líderes deben definir el nivel apropiado de enseñanza que deben adquirir los miembros del equipo.

- **Enseñanza por la práctica.**

La enseñanza por relevos del TPM, es más bien una forma de experiencia directa, y no tanto una instrucción en clase. Los líderes de grupo adiestran en el propio lugar de trabajo mientras realizan la inspección general del equipo. Los líderes deben hacer su enseñanza tan eficaz como sea posible, además de crear modos de hacerla interesante y amena. Por ejemplo, cuando se enseña los momentos de torsión correctos para tuercas y pernos, los líderes deben preguntar a los miembros del equipo que conjeturen el par requerido para la rotura de un perno. Deben también estimular una mayor implicación invitando a los miembros de los equipos a preparar hojas de lecciones de punto único.

- **Realización de la inspección general del equipo.**

El objetivo es restaurar el deterioro y establecer las condiciones básicas del equipo. Esto se logra realizando una inspección general de cada elemento de la instalación realizada durante los tres primeros pasos del programa de Mantenimiento Autónomo. La corrección repetida de las anomalías y la mejora de los puntos difíciles de inspeccionar y lubricar, mejora la capacidad de inspección de los

dificiles de inspeccionar y lubricar, mejora la capacidad de inspección de los operarios y aumenta la fiabilidad del equipo.

En esta fase, la Unidad de Equipo Mecánico tendrá que preparar las plantillas y herramientas necesarias para la inspección y responder rápidamente a cualquier sugerencia de mejora del trabajo. Cuando los equipos alcanzan la fase de inspección general, la moral puede desplomarse si no están disponibles las herramientas necesarias o si no se han corregido las anomalías encontradas por los operarios.

- **Consolidación después de cada inspección general.**

Al terminar cada inspección general, los equipos deben asegurar el nivel de eficiencia conseguido. Para que la instalación permanezca en sus condiciones óptimas, hay que volver a plantearse y mejorar los estándares provisionales de limpieza e inspección preparados en el paso 3 del programa Mantenimiento Autónomo. Esta es la primera parte de la consolidación.

La segunda parte es evaluar las capacidades individuales de los operarios en relación con la inspección general terminada y facilitar instrucción adicional cuando sea necesario.

La tercera parte de la consolidación es realizar una auditoría de cada tema o tema o elemento de la inspección general que se acaba de terminar para verificar si se

han aportado resultados tangibles en la fiabilidad del equipo.

La cuidadosa ejecución de un programa de formación para inspección general del equipo, junto con un completo mantenimiento y chequeo, crean eventualmente un lugar libre de fallos.

2.1.3.6 Inspección general del proceso.

Los objetivos de los cuatro primeros pasos del Mantenimiento Autónomo son desarrollar operarios competentes en equipos y mejorar la fiabilidad de los mismos. Sin embargo, estos logros todavía no aseguran una operación y control eficaces en la maquinaria pesada. Es preciso complementar con los siguientes aspectos.

- **Desarrollo de operarios competentes en equipos.**

Los operarios deben comprender íntimamente el rendimiento y las funciones de su maquinaria. Deben ser capaces de realizar ajustes y montajes precisos con base en un conocimiento de los materiales que se manejan, deben ser capaces también de reconocer las señales de anomalías y tomar acción apropiada.

Sin embargo, en la realidad, a la mayoría de operarios no se les ha dado la oportunidad de ser algo más que pulsadores de botones y percutores de martillazos. Con un conocimiento superficial sobre los procesos o materiales que se manejan, patrullan el taller sin habilidad para reconocer una anomalía donde es posible

reconocerla. Esto ocasiona pérdida de calidad, reproceso y reducción de grado de los productos y crea situaciones de que se produzcan desastres y accidentes. Esta desafortunada situación se debe a menudo a la falta de formación de los operarios, por parte de la Institución.

El propósito del paso 5 del programa de Mantenimiento Autónomo es romper este círculo vicioso y crear talleres seguros, libres de pérdidas y desperdicios.

La fiabilidad operacional y la seguridad del equipo se elevan formando a los operarios para convertirlos en personal competente en procesos y operaciones y en técnicas de inspección general.

- **Procedimiento para desarrollar un programa de formación en inspección.**

Paso 1. Operación y manipulación correctas.

Evitar la enseñanza de estilo autoritario en base a los voluminosos estándares de trabajo existentes. En vez de esto, realizar una enseñanza por relevos escalonada usando lecciones de un punto único cuidadosamente preparadas por los directivos y el staff. Enseñar a los operarios, no centrarse demasiado en las funciones y rendimiento de equipos individuales; más bien enfatizar en las combinaciones de equipos en los propios puntos de trabajo.

Evitar también la enseñanza de tipo teórico basada en conferencias en clase, es más eficaz la formación en los propios puntos de trabajo sobre el equipo real para

enseñar la operación y manipulación correctas.

Paso 2. Ajustes y Montajes correctos.

Se utiliza la enseñanza por relevos para formar, esto ayudará a los operarios adquirir maestría en los procedimientos correctos de ajuste y montaje basados en la comprensión de cómo afectan al equipo y propiedades de los sistemas que conforman la maquinaria pesada.

Paso 3. Manejo correcto de las anomalías.

Esta fase consiste en dos tareas separadas. Primero, identificar las partes de la maquinaria pesada que puedan avisar futuros o previsibles accidentes, preparar manuales que describan las señales de aviso y enseñar a los operarios a reconocer y comprender dichas señales de modo que puedan predecir y evitar accidentes.

Segundo, compilar estándares provisionales de limpieza y chequeo desarrollados durante los pasos 1 al 4 para las unidades de equipo individuales, agregándolos y coordinándolos para crear estándares de inspección periódica. Esto forma conciencia en el personal sobre su función en el mantenimiento planificado. Estos estándares se coordinan con el programa de mantenimiento planificado de la Unidad de Equipo Mecánico para evitar omisiones y duplicaciones. Como parte de esto, se incrementa la precisión de los chequeos de la maquinaria pesada enseñando a

los operarios técnicas simples para la inspección general y supervisión de las condiciones, tales como por ejemplo la tensión de las cadenas.

2.1.3.7 Preparación para la inspección general.

1. Establecer una unidad de programa de estudios para cada categoría de equipo.

Se definen categorías para los operarios que manejan equipos de las áreas de las que son responsables y se establece una unidad de programa de estudios para cada sistema. Los sistemas son:

- Sistema de alimentación de combustible.
- Sistema de lubricación.
- Sistema de alimentación de aire.
- Sistema de refrigeración.
- Sistema eléctrico.
- Sistema hidráulico.
- Sistema de transmisión.
- Sistema de rodamiento.
- Sistema de frenos.

En el programa destinado a enseñar temas básicos de ingeniería, se seleccionan temas que profundicen la comprensión de los operarios sobre las propiedades de los

materiales y cómo cambian estas propiedades. Los temas típicos incluyen propiedades como la viscosidad, concentración y pureza así como la relación con condiciones como temperatura, pH, presión y los mecanismos de reacción, cristalización, separación y disolución.

2. Preparación listas de chequeo de inspección general.

La inspección general del proceso realizado durante los pasos 5-1 al 5-3 requiere listas de chequeo. Al prepararlas hay que distinguir claramente entre los elementos que los operarios deben identificar y registrar los directivos y staff, e incorporarlos en los manuales.

3. Práctica de la formación en inspección general.

Usando el método de enseñanza por relevos, el staff de la Unidad de Equipo Mecánico puede enseñar a los líderes de grupo, quienes a su vez transmiten el conocimiento a los miembros de sus grupos, de modo que las personas puedan aprender enseñando a otros.

Cuando se entrene al personal en operaciones, manipulaciones, ajustes, montajes y prevención de accidentes, hay que evitar en lo posible el estudio en clases. Es mucho más eficaz la formación en las áreas de trabajo usando el equipo real que manipulan normalmente los operarios. Estos deben trabajar con el personal de mantenimiento para aprender a realizar inspecciones desmontando el equipo o a

reemplazar piezas. El personal de mantenimiento debe ayudar también en la preparación de estándares.

1. Consolidación de la formación en inspección general.

- **Evaluación de capacidades:** Evaluar los niveles de capacidad de los operarios mediante test individuales y haciéndoles practicar la corrección de anomalías. Esto incluye un seguimiento persistente de la formación.
- **Establecer criterios de acción:** Se mejora la calidad del mantenimiento estableciendo inspecciones periódicas y criterios de reemplazo basados en los estándares provisionales de limpieza e inspección.
- **Preparar planes de mantenimiento:** La Unidad de Equipo Mecánico debe crear un sistema eficaz de mantenimiento autónomo preparando calendarios de mantenimiento anual y listas de chequeo.
- **Construir un sistema de prevención de repeticiones:** Para evitar la repetición de accidentes, los operarios deben preparar impresos de informe de anomalías y de planes de acción, reunir y analizar cuidadosamente la información.

2.1.3.8 Sistematizar el mantenimiento autónomo.

La Unidad de Equipo Mecánico al completar el programa de Mantenimiento Autónomo, logrará condiciones óptimas en el equipo y establecerá un sistema de estándares que apoya esas condiciones. Los operarios competentes en equipos y

procesos serán capaces de detectar y prevenir las anomalías por anticipado a través de chequeos y operaciones apropiadas. El paso 6 añade los toques de acabado al sistema de mantenimiento autónomo.

- **Mantenimiento de calidad y la sistematización del mantenimiento autónomo.**

Uno de los objetivos del paso 6 es facilitar a los operarios que realicen un mantenimiento autónomo profundo, amplio del proceso entero y que amplíen sus actividades al campo del mantenimiento de calidad. Las actividades que promueven incluyen la estandarización de los diversos elementos del control, la preparación de diagramas de flujo del proceso y manuales de mantenimiento de calidad y profundiza en la comprensión de los operarios en cuanto a equipo y calidad. Los operarios descubren las fuentes de los defectos de calidad realizando inspecciones generales del mantenimiento de calidad, anotando observaciones en los diagramas de flujo del proceso y en diagramas estructurales simples de los equipos y gradualmente, crean un sistema que les permite detectar y rectificar pronto las anomalías que afectan a la calidad.

- **Preparación de un plan maestro de mantenimiento autónomo.**

El TPM puede asegurar un funcionamiento estable y sin riesgos.

Pautas básicas de desarrollo en siete pasos.

Cuando la carga de Mantenimiento Autónomo es de tres unidades o menos por persona, se considera adecuada la pauta básica de desarrollo de los siete pasos. Entonces, usualmente se adopta un plan maestro como el mostrado en la Figura 6.

El sistema llamado despliegue de modelo, consiste en seleccionar una unidad del equipo, una alta tasa de fallos o un gran número de fuentes de contaminación como modelo a fin de practicar los 3 primeros pasos. El objetivo es enseñar los 3 primeros pasos del Mantenimiento Autónomo a través de la persistente repetición de actividades y auditorías. Los operarios que han adquirido maestría en la implantación del equipo piloto, los pueden aplicar después al resto de los equipos. Esta segunda fase se conoce en TPM como despliegue lateral u horizontal.

Tabla II. Plan de Mantenimiento Autónomo.

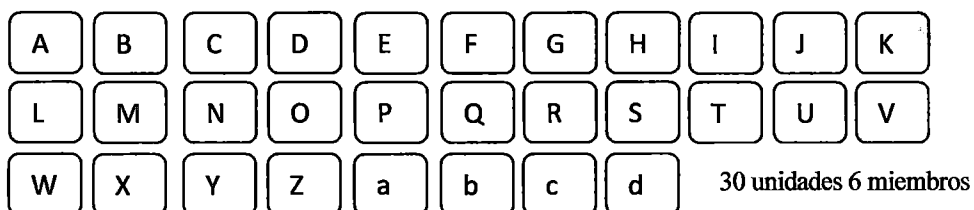
	Febrero		Marzo		Abril	
	introducción		implantación		reforzamiento	
Despliegue del modelo Pasos 1-3.	xxxxxxxx	xxxx				
Despliegue lateral otros equipo						
Paso 1		xxxxxxxx				
Paso 2		xxx	xxx			
Paso 3			xxxxxxxx			
Paso 4			x	xxxxxxxx	xxx	
Paso 5					xxx	xxx
Paso 6						xxxxxxxx

Fuente: Elaboración propia.

- **Dificultades que surgen de las altas cargas de mantenimiento autónomo.**

El desarrollo de un programa típico de mantenimiento autónomo comprende un entorno donde la carga es de cinco unidades o más por operario, surgen diversas dificultades y problemas. Imaginemos un grupo de seis operarios, responsable de treinta unidades de equipo, que intenta seguir la pauta básica. En teoría, seleccionarán una unidad como piloto para despliegue y después aplicarán las técnicas aprendidas a las restantes 29 unidades en un despliegue lateral.

La Figura 6, muestra gráficamente lo que ocurre. Seleccionan la unidad A como equipo modelo y proceden con el paso 1 (limpieza inicial), paso 2 (tratar las fuentes de contaminación y lugares inaccesibles), y paso 3 (establecer estándares de limpieza y chequeo), realizando una auditoria al terminar cada paso. De este modo, se alcanza un punto en el que son capaces de mantener el equipo piloto cerca de su estado óptimo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Dificultades altas cargas de mantenimiento autónomo.

Después, las actividades entran en la fase de despliegue lateral, donde los miembros del grupo deben aplicar las técnicas aprendidas a otros equipos de su área. Los miembros comienzan realizando la limpieza inicial en la unidad B. Una vez eliminado todo el polvo y suciedad en la unidad B, limpian en secuencia las unidades C, D, E y F.

Sin embargo, desafortunadamente no se han eliminado aún las fuentes de contaminación ni mejorado los lugares inaccesibles, de modo que el grupo encuentra difícil mantener el nivel de limpieza que han logrado con el paso 1. Para cuando empiezan con la unidad C, la unidad B está nuevamente sucia, deben volver atrás y repetir el proceso desde el comienzo. De este modo, el equipo nunca superará la fase de limpieza inicial.

- **Despliegue por bloques y despliegue por áreas.**

La extensión del mantenimiento autónomo desde el equipo modelo hasta el equipo remanente requiere una considerable ingeniosidad. No es fácil mantener las unidades ya completadas a la altura requerida, mientras se trata a las restantes. Después de tratar al equipo modelo, el grupo amplía las actividades a bloques de maquinaria pesada similares.

Aunque realizaron secuencialmente los tres primeros pasos del mantenimiento autónomo durante la fase de **despliegue del modelo**, en la fase de **despliegue en bloques** realizaron los pasos simultáneamente. A continuación, ampliaron las

actividades a las áreas de equipos y, en estas, ejecutaron simultáneamente los pasos 1 al 4. Esta última fase se conoce como **despliegue de área**.

2.1.4. Auditorías del mantenimiento autónomo.

El desarrollo en pasos de un programa de Mantenimiento Autónomo, tal como se ha descrito, tiene dos ventajas que hace esencialmente eficaz el programa:

- Las actividades producen resultados concretos conforme se van implantando.
- Se evalúan y confirman los resultados como parte del programa.

El factor singular más importante para el éxito de un programa de mantenimiento autónomo es realizar una cuidadosa auditoría al completar cada paso para confirmar los resultados logrados y apuntar la dirección para el trabajo adicional. La auditoría facilita guía donde se necesita y fortalece en las personas el sentimiento de logro. Mientras el enfoque de trabajo paso a paso hace que los grupos de operarios comprendan más fácilmente el progreso, las auditorías sirven como piedras miliarens en la ruta y ayudan a consolidar los beneficios logrados con cada paso.

Las auditorías del mantenimiento autónomo facilitan algo más que meras oportunidades para evaluar el progreso y dar directrices. Actúan, asimismo; como postes de señales que indican hasta donde debe llegar cada fase de las actividades. Al incluir presentaciones en las que participan los miembros de los equipos, pueden ayudar a desarrollar personas disciplinadas que se ven en cierto modo obligadas a

organizar lógicamente sus experiencias. Estas son características importantes que no se ven en otros tipos de actividades de pequeños grupos.

Las auditorías son de hecho las herramientas de dirección más eficaces para asegurar que un programa de mantenimiento autónomo proceda con gran vigor.

Las auditorías pueden ser de distintos niveles: auto-auditorías, auditorías a nivel de sección y auditorías de alta dirección. Estas promueven una supervisión y evaluación del progreso eficaces; las auditorías a nivel de sección mantienen vivas las actividades facilitando guía y ayuda; las auditorías de alta dirección alimentan la motivación mediante el reconocimiento.

2.2 MANTENIMIENTO PLANIFICADO.

El mantenimiento planificado normalmente se establece para lograr dos objetivos: mantener la maquinaria en condiciones óptimas y lograr la eficacia y la eficiencia en costes. En un programa de desarrollo del TPM, el mantenimiento planificado es una actividad metódicamente estructurada para lograr estos dos objetivos.

2.2.1. Creación de un sistema de mantenimiento planificado.

El objetivo del TPM es reforzar la constitución básica de una empresa mediante el logro de cero defectos, cero fallos y cero accidentes. Es decir, eliminar todo tipo de pérdidas. Lo más importante de todo es cero fallos o averías.

2.2.1.1 Logro del cero averías.

Los accidentes más serios afloran mientras se dan respuesta a problemas tales como fallos de los equipos. Hay pocos accidentes cuando funcionan normalmente y los operarios supervisan o chequean ligeramente su equipo.

En otras palabras, el logro de cero averías es el modo más rápido de eliminar accidentes y defectos.

Para lograr este objetivo es preciso crear un sistema de mantenimiento planificado que combine varias actividades de mantenimiento especializado.

2.2.1.2 Las medidas para cero averías.

Las condiciones básicas del equipo son limpieza, lubricación y apretado de pernos, pero mayormente no se cumplen las condiciones de uso. En esta situación, las máquinas sufren deterioro acelerado, son habituales los tiempos en vacío, las pequeñas paradas y los fallos ligeros, oscilan ampliamente los intervalos entre fallos. En situaciones como estas, es inútil intentar realizar el mantenimiento predictivo o periódico.

2.2.1.3 Las cuatro fases del cero averías.

Las medidas para cero averías, citadas previamente, implican una enorme cantidad de trabajo. Poner en práctica todas al mismo tiempo, es casi imposible. Incluso aunque se pudiesen implantar las seis medidas a la vez, es probable que se continuaría despilfarrando tiempo intentando realizar el mantenimiento periódico sobre equipos sucios, mal lubricados y expuestos a un deterioro acelerado.

Un equipo que se malogra antes de la fecha de su siguiente servicio fuerza a establecer intervalos de servicio cortos. En cualquier caso, el mantenimiento periódico falla por otro lado, el mantenimiento predictivo está sujeto a los mismos límites. Aún sean buenas las técnicas de diagnóstico, no puede predecirse intervalos de servicios óptimos en un entorno en el que los fallos persisten como resultado de pernos y tuercas flojas, errores de operarios, etc.

Se ha encontrado que el modo más eficaz de implantar eficientemente las medidas para cero averías es distribuirlas en cuatro fases y proceder sistemáticamente a través de ellas.

2.2.2 Implantación de las actividades de mantenimiento planificado paso a paso.

Un tema importante para la Unidad de Equipo Mecánico es planificar y poner sistemáticamente en práctica las diversas actividades del mantenimiento planificado. A continuación, se ofrece las actividades y el enfoque paso a paso, resumen de la experiencia práctica de muchas implantaciones TPM eficientes.

Las ventajas del enfoque paso a paso consisten en que los resultados se acumulan conforme se despliegan las actividades, se refuerzan y contrastan entre sí como parte integral del programa. Para utilizar plenamente estas ventajas, la UEM debe especificar claramente lo que se tiene que hacer en cada paso.

2.2.2.1 Restaurar el deterioro y corregir debilidades.

Hasta que una planta establece el mantenimiento autónomo, el equipo que ha estado expuesto al deterioro acelerado durante muchos años, puede fallar de modo inesperado a intervalos irregulares. A menudo, la Unidad de Equipo Mecánico no tiene tiempo para realizar el mantenimiento planificado porque están demasiado atareados resolviendo esos fallos.

En esta situación, es imposible forzar la implementación de un programa de mantenimiento. Por tanto, el primer paso de un programa de mantenimiento planificado es apoyar las actividades de mantenimiento autónomo de los operarios restaurando el deterioro acelerado, corrigiendo las debilidades de diseño y restaurando el equipo hasta su condición óptima. Aquí algunas precisiones.

1. Ayudar a los operarios a restaurar el deterioro.

Se ayuda del siguiente modo a los operarios a comprender y superar los efectos del deterioro en sus máquinas.

- Tratar inmediatamente cualquier deterioro o irregularidades que descubran los operarios y que no puedan resolver por sí mismos.
- Preparar lecciones de punto único y enseñar a los operarios la estructura y funciones de sus equipos.
- Adiestrar in situ a los operarios sobre inspección, restauración del equipo y la realización de pequeñas mejoras.

2. Para abolir los entornos que causan deterioro acelerado.

- Aconsejar a los operarios cómo tratar las fuentes de contaminación y los puntos difíciles de inspeccionar y lubricar.
- Eliminar las fuentes principales de contaminación.

3. Para establecer las condiciones básicas del equipo.

- Preparar estándares de controles visuales y ayudar a los operarios a implantarlos.
- Estandarizar los tipos de lubricantes.

4. Corregir debilidades y alargar la vida de los equipos.

Además del deterioro acelerado, el equipo puede sufrir también por debilidades inherentes generadas en su diseño, fabricación e instalación. Las debilidades pueden hacerse también latentes cuando el equipo funciona fuera de sus condiciones de diseño.

5. Evitar la repetición de fallos.

Hay que investigar también la posibilidad de fallos similares en otros equipos y adoptar medidas para evitarlos.

2.2.2.2 Crear un sistema de gestión de información.

Gestionar manualmente la cantidad de información es casi imposible. Debe montarse un sistema de datos informatizado. Sobre esto hay que considerar los siguientes puntos:

- Antes de decidir el tipo de sistema, evaluar y mejorar el que existe para decidir cuáles son los datos necesarios.
- Determinar el grado de mecanización informática requerido.
- Diseñar métodos simples de entrada de datos para los responsables del mantenimiento.
- Empezar con ordenadores personales. Conforme aumente el nivel de la gestión de datos que se requieren, considerar el diseño de un sistema más amplio de gestión de datos centralizado en un gran ordenador.

Un sistema de gestión del mantenimiento informatizado no puede funcionar eficazmente si persisten los fallos grandes e intermedios. Así, es recomendable construir primero un sistema de gestión de datos de fallos. Solamente cuando ya no se producen fallos grandes e intermedios crear el sistema de gestión de mantenimiento de equipos.

Sistema de gestión de datos de fallos.

Un sistema de gestión de datos de fallos debe incluir tipos de información, que faciliten a los operarios entrar a la base de datos. Tal información incluirá fechas y horarios, clasificación de los fallos (grandes, intermedios, pequeños), modelo de equipo, componente que ha fallado (eje, acoplamiento, cojinetes, etc.), naturaleza del fallo (vibración, ruido anormal, sobrecalentamiento, corrosión,

desgaste, etc.), causa, acción tomada, efecto sobre la producción, tiempo y número de personas requeridas para la reparación.

El sistema debe ser capaz de generar informes para discusión de las reuniones de cada mañana, a fin de analizar en grupo los pequeños fallos. En las reuniones de mantenimiento semanales, se debe analizar los fallos grandes e intermedios que se repararon temporalmente y considerar medidas para prevenir la repetición.

Estos datos deben hacerse disponibles, para ser analizados a intervalos regulares en forma de resúmenes periódicos de fallos y listas de fallos de equipos. Esto ayuda a los equipos a determinar la frecuencia de los fallos, los tiempos de paro, la información ayuda también a priorizar las mejoras y prevenir la **repetición.**

Un pequeño sistema de gestión de mantenimiento informatizado.

Crear un sistema con tres subsistemas: gestión de fallos, gestión de equipo, y gestión del presupuesto. El sistema se debe proyectar para facilitar a los operarios la entrada de datos usando ordenadores personales.

Los objetivos son:

- Para acelerar el análisis de los fallos grandes e intermedios con el fin de prevenir su repetición.

- Para reforzar el sistema de mantenimiento facilitando que cada uno tenga acceso a los datos de mantenimiento.
- Para reducir el número de personas para recoger y analizar datos de mantenimiento.
- Para mejorar el trabajo de mantenimiento y la gestión de presupuesto.

Gran sistema de gestión informatizada del mantenimiento.

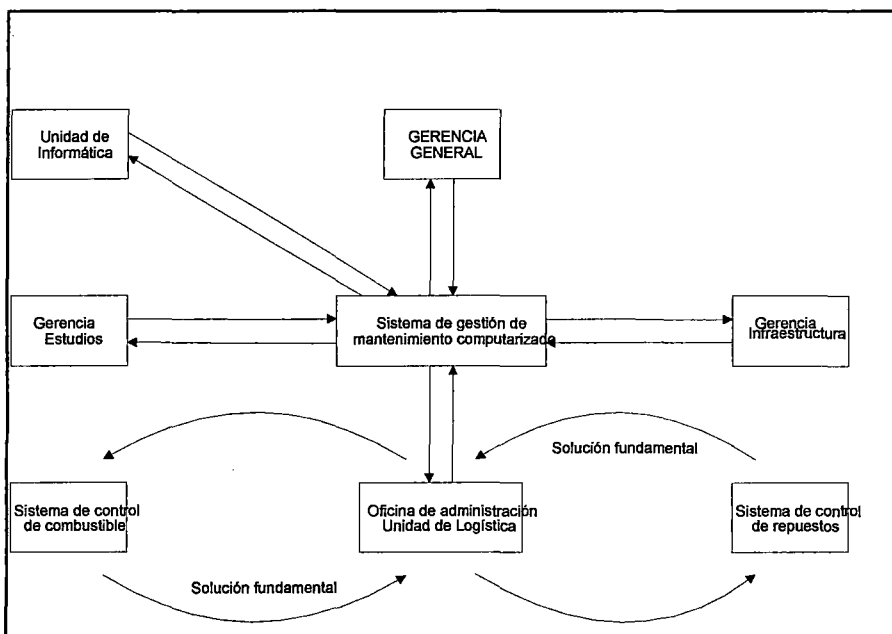
Después de que una empresa informatiza los sistemas de gestión informatizada del mantenimiento, sistema control de repuestos, sistema control de combustible, unidad de logística, unidad de informática y gerencias de línea debe clarificar las relaciones entre estos y el sistema de gestión de la información de mantenimiento. Ver Figura 8.

La capacidad de juicio de las personas y su ejercicio juegan un papel más importante en los sistemas de gestión de la información de mantenimiento.

Las cosas no siempre marchan de acuerdo con el plan. No se puede esperar que los beneficios de la informatización se hagan latentes de forma inmediata. Para hacer una transición suave, conviene tener presentes los siguientes puntos:

- Asegurar que los datos conduzcan a la acción y utilizar los resultados de cualquier acción para revisar los estándares.

- Empezar con un sistema que esté en paralelo con el nivel de control realmente existente y mejorarlo en fases sucesivas.
- Diseñar el sistema de modo que pueda utilizarse por el personal de mantenimiento y operarios con la eficacia máxima posible.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Flujos de información entre CMMS y otros sistemas.

Gestión informatizada del presupuesto de mantenimiento.

Un sistema de gestión del presupuesto de mantenimiento calcula, asigna y totaliza los presupuestos de mantenimiento. Debe generar las siguientes clases de información:

- Informes para diferentes tipos de trabajos de mantenimiento que comparen el gasto actual y el presupuesto para el mismo periodo en diferentes años.
- Programas de empleo de trabajos y materiales que faciliten información sobre planes de trabajo, costes, empleo de materiales previsto, y stock de materiales. Esta información puede también usarse para prever cuando tiene que disponerse de los fondos de mantenimiento.
- Listas de prioridades de trabajos que incluyan información sobre prioridades de trabajo de mantenimiento, tiempos de parada proyectados, costes, etc.
- Previsiones de vida de la maquinaria pesada que ayuden a asegurar que el mantenimiento se realiza apropiadamente. El sistema debe generar datos de MTBF del pasado junto con detalles sobre las fechas en las que se prevé que el equipo termine su vida útil.
- Gráficos o cuadros que comparen las pérdidas de paradas previstas con los costes de mantenimiento que ayuden a medir la eficacia del mantenimiento. El sistema debe generar datos que comparen el coste de mantener en condiciones óptimas del equipo con las pérdidas que se prevé provocarán los fallos o averías.

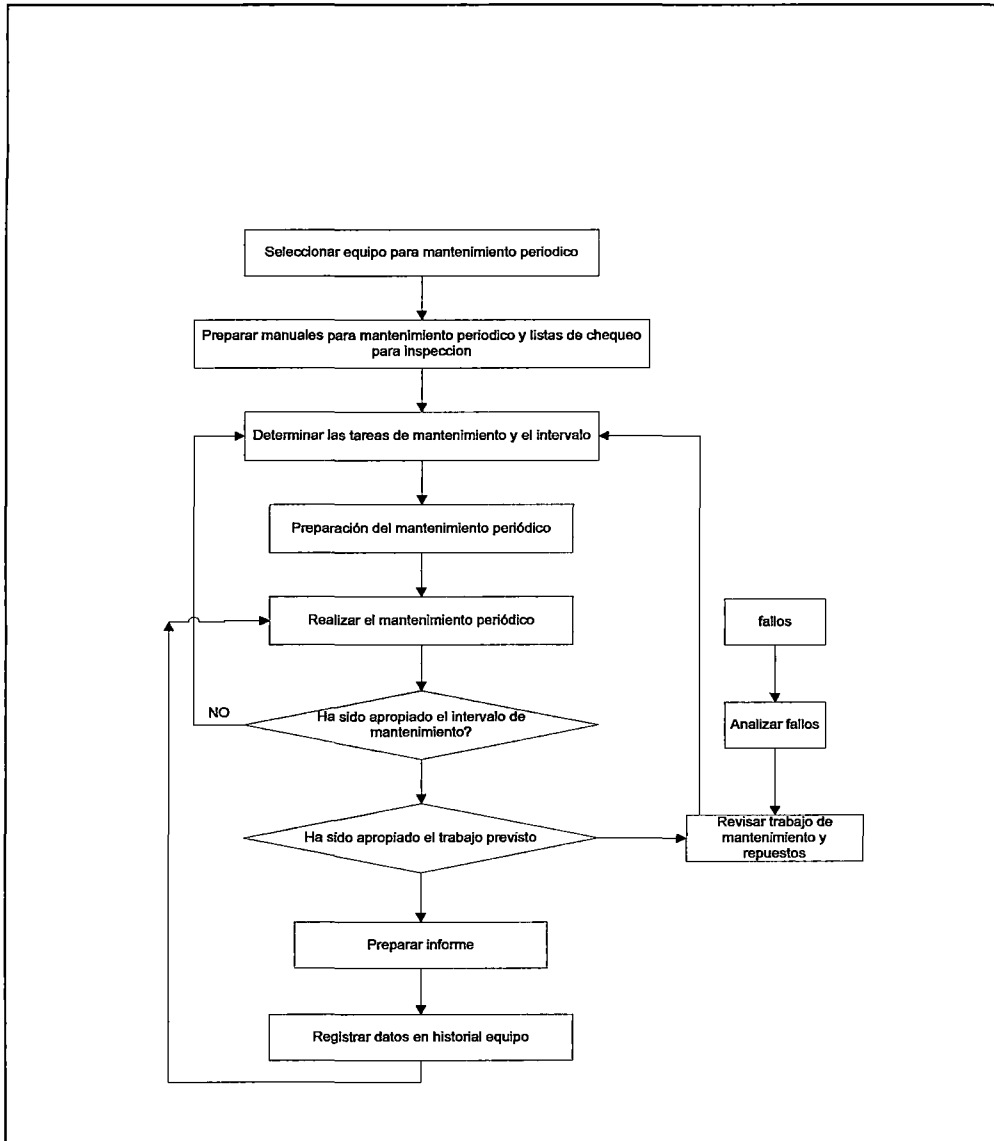
2.2.2.3 Crear un sistema de mantenimiento periódico.

En el mantenimiento periódico, para realizar el trabajo programado es necesario tener preparado previamente unidades de reserva, piezas de repuestos, equipo de inspección, lubricantes y la información técnica necesaria (planos de detalle, etc.). Solamente con esta preparación anticipada el trabajo de mantenimiento procede regularmente.

Procedimiento para el mantenimiento periódico.

Como muestra el esquema de flujo de la Figura 9, el equipo puede mantenerse en exceso si el trabajo se programa sin pensarlo bien a intervalos fijos rígidos. Siempre que se realice un trabajo de mantenimiento, hay que replantearse si es apropiado el intervalo y el tipo de trabajo programado.

Siempre que falle el equipo antes de que transcurra el tiempo fijado para el mantenimiento, hay que analizar las razones y usar los resultados para revisar el intervalo de mantenimiento y las tareas a realizar antes del servicio siguiente.



Fuente: TPM en industrias en proceso.

Figura 9. Diagrama de flujo del mantenimiento periódico.

2.2.2.4 Formulación de estándares de mantenimiento periódico.

Estándares de seguridad.

Hay que preparar estándares de seguridad para el trabajo de mantenimiento. Estos estándares se revisan parcialmente cada año y se hace una revisión completa al menos una vez cada cinco años. Debe incluir los siguientes conceptos:

- Deberes de trabajadores y supervisores.
- Acción antes de empezar el trabajo.
- Acción en caso de accidente.
- Procedimiento de seguridad durante el trabajo.
- Estándares de seguridad para seiri (clasificar y retirar lo innecesario) y seiton (poner en orden).
- Precaución de seguridad eléctrica.

Los aspectos más importantes para garantizar la seguridad de los trabajadores de mantenimiento son:

- Preparar estándares que traten problemas específicos de las áreas en las que tienen que trabajar.
- Facilitar que los trabajadores inspeccionen el sitio de trabajo por anticipado.
- Crear un sitio de trabajo seguro para el uso de sopletes o soldadura.

- **Reducción de los costes de mantenimiento con parada.**

Se debe revisar el proceso para eliminar gastos innecesarios de personal, materiales, energía eléctrica, alquiler de equipos, etc. En particular se investiga el desperdicio en costes de personal y alquileres de equipos que ocasionen de cambios de programa. A continuación, se ofrece algunas ideas para mejorar la eficiencia del trabajo.

- Revisar diariamente el programa para nivelar el número de trabajadores.
- Hacer un uso eficaz de las fluctuaciones de tiempo (sobre lo previsto) y de la capacidad de personal de reserva.
- Pedir con suficiente anticipación equipo pesado tal como grúas.

Preparación anticipada.- La preparación anticipada del mantenimiento con parada incluye:

- Ordenar con anticipación materiales y equipos.
- Revisar el programa estandarizado.
- Aprovisionar andamios, luces y energía; posicionar materiales y equipos donde se necesitaran.

2.2.3 Auditorías del mantenimiento periódico.

La clave para el éxito del procedimiento paso a paso es el sistema de

auditorías, al terminar cada paso se auditan los resultados para corroborarlos o proponer su mejora. Cuando se preparan listas de chequeo para la auditoría hay que clarificar lo que debe hacerse y los resultados que deben lograrse en cada paso.

La Tabla III, ofrece una muestra de lista de chequeo para la auditoría del paso 1. Es importante proceder a lo largo del programa de modo controlado, marcando decisivamente al final de cada paso.

Tabla III. Auditoría del mantenimiento planificado

Paso 1: Evaluar y comprender condiciones.

Situación:..... **Auto auditoría (90+):**.....

Fecha:..... **Audit. Jefe sección (85+):**.....

Auditor:..... **Auditoría dirección (80+):**.....

ACTIVIDAD	PUNTOS CLAVE DE AUDITORÍAS	Max. punt	100%	80%	60%	Observ.
1. Preparar registros de equipo	¿Hay registro para cada unidad de equipo?	10				
	¿Incluyen los registros historias de fallas?	5				
	¿Incluyen los registros historias de reparaciones?	5				
2. Evaluar y seleccionar equipo PM.	¿Se han formulado criterios y atributos de evaluación de equipos?	5				
	¿Se han evaluado todos los equipos?	5				
	¿Es apropiada la selección de equipos y componentes PM?	5				
	¿Está el equipo PM marcado claramente como tal?	5				
3. Realizar clasificación de fallos	¿Están apropiadamente definidos los fallos del equipo?	5				
	¿Están apropiadamente definidos los tiempos en vacío y pequeñas paradas?	5				
4. Comprender condiciones y nivel de mantenimiento	¿Se mantienen cuentas y gráficas de fallos y pequeñas paradas?	10				
	¿Se conoce la frecuencia y severidad de fallos?					
	¿Se calcula el MTBF?					
	¿Se registran en gráficos los fallos principales e intermedios?					
5. Establecer referencias y metas	¿Se conocen los costes del mantenimiento?	5				
	¿Se han fijado metas de referencia y de reducción apropiadas para fallos, tiempos en vacío y pequeñas paradas?	5				
	¿Se han establecido apropiadamente metas de referencia y objetivos para MTBF?	5				
6. Preparar plan de acción	¿Hay algún plan de acción para el desarrollo paso a paso?	5				
	¿Se ha preparado la iniciación del paso 2 y se han asignado claramente responsabilidades?	5				

Fuente: TPM en industrias en proceso.

2.3 MEJORA DE LA EFECTIVIDAD DE MAQUINARIA.

Este pilar elimina mediante metodologías especiales las seis grandes fallas o pérdidas que se producen en un sistema productivo.

La meta del TPM es maximizar la eficacia de equipo, se realiza a través de dos tipos de actividad:

1. Cuantitativa: aumentando la confiabilidad y disponibilidad dentro de un periodo de tiempo operativo.
2. Cualitativa: reduciendo el número de averías y fallos.

2.3.1 Dificultades inherentes para maximizar la eficacia de equipo.

- Las seis grandes pérdidas.
- Pérdidas crónicas y defectos ocultos.

2.3.2 Seis grandes pérdidas

Clasificación:

- **Tiempo muerto.**
1. Averías debido a fallas de equipo.
 2. Preparación y ajustes.

- **Pérdidas de velocidad.**

1. Tiempos en vacío y paradas cortas.
2. Velocidad reducida.

- **Defectos.**

1. Defectos en proceso y repetición de trabajos.
2. Menor rendimiento entre la puesta en marcha de las máquinas y la producción estable.

2.3.2.1 Pérdidas por averías.

- **Averías → Pérdidas:**

- **De tiempo**, cuando se reduce la productividad.

- **De cantidad**, por productos defectuosos.

- **Averías:**

- **Esporádicas:** Fallos repentinos, drásticos o inesperados de equipo, normalmente son obvias y fáciles de corregir.

- **Menores crónicas:** Son ignoradas a menudo o descuidadas después de intentar corregirlas, causan un alto porcentaje de pérdidas totales y se invierte

mucho tiempo y esfuerzo en evitarlas, pero es extremadamente difícil eliminarlas.

2.3.2.2. Pérdidas por preparación y ajustes.

Se producen cuando se ha culminado la producción de un lote y se desea producir otro con variación de las especificaciones (cambio de formato). Esto origina tiempos muertos y productos defectuosos.

La idea es reducir al mínimo los:

- Tiempos de preparación interna. Operaciones que se llevan a cabo mientras la máquina está parada.
- Tiempos de preparación externa. Operaciones que se llevan a cabo mientras la máquina está funcionando.

2.3.2.3 Inactividad y pérdidas por paradas menores.

- Una parada menor surge por mal funcionamiento temporal o cuando la máquina está inactiva.
- No son producidas por averías.
- Muchas veces son atoros en líneas, la producción es restituida moviendo la pieza o el producto que obstaculiza la marcha y reajustando el equipo.

- Causan en efecto drástico en la efectividad de equipo.
- Las paradas menores y la inactividad muchas veces se pasan por alto, son difíciles de cuantificar, por ello no se mide generalmente el grado que afecta la productividad.

2.3.2.4 Pérdidas de velocidad reducida.

Se refieren a la diferencia entre la velocidad ideal diseñada para el equipo y la velocidad real operativa. Es típico que en la operación del equipo la pérdida de velocidad sea pasada por alto.

El equipo puede operar a una velocidad diferente a la ideal por problemas mecánicos y calidad defectuosa, problemas antecedentes o temor de abusar del equipo o sobrevalorarlo y desconocimiento de la velocidad óptima.

2.3.2.5 Pérdidas de puesta en marcha.

Son pérdidas de rendimiento que suceden durante las fases iniciales de producción. Es decir desde la puesta en marcha hasta la estabilidad de producción.

Este tipo de pérdida está latente y la posibilidad de eliminarla es a menudo obstaculizada por la falta de sentido crítico que las considera inevitables.

2.3.3 Medición de la efectividad global de equipo.

Efectividad del equipo.

Es un indicador que permite conocer, no solo la eficacia del equipo, sino que además nos proporciona una pauta acerca de las fuentes de su ineficacia.

Efectividad global del equipo = Disponibilidad x tasa de rendimiento x tasa calidad

Disponibilidad: - Pérdidas por averías.

- Pérdidas en la preparación.

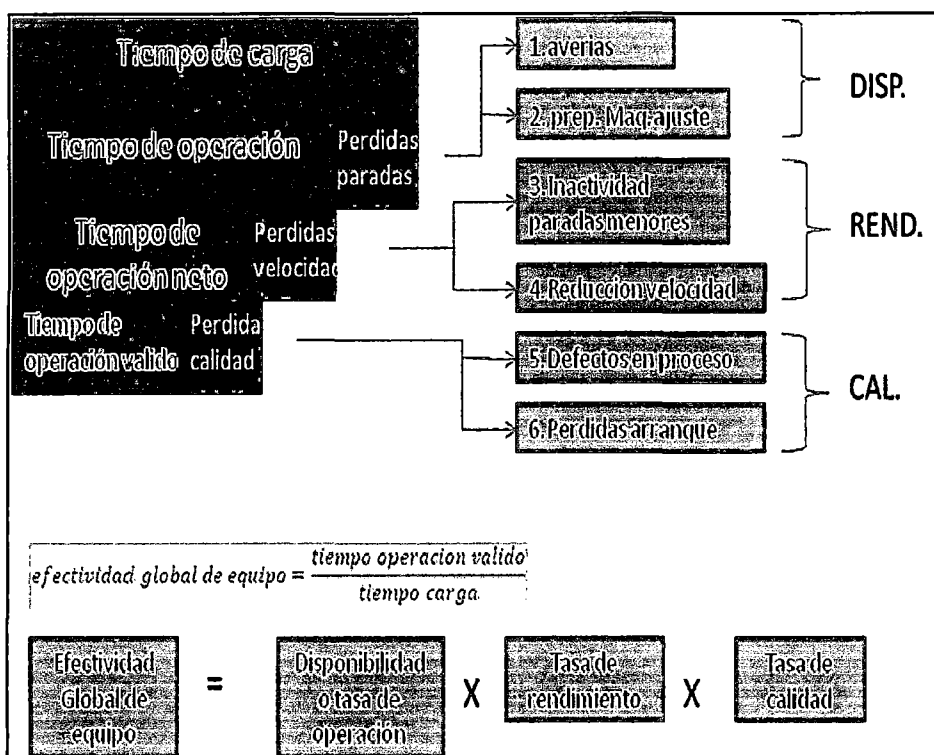
- Otras.

Tasa de rendimiento: - Pérdidas por tiempos muertos y paradas menores.

- Pérdidas por disminución de velocidad.

Tasa de calidad: - Defectos de calidad y repetición de trabajos.

- Pérdidas por puestas en marcha.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Efectividad del equipo.

Donde:

$$DISPONIB. = \frac{\text{tiempo de carga} - \text{tiempo de paradas}}{\text{tiempo de carga}} \quad [1]$$

$$TASA DE RENDIM. = \frac{T. ciclo teórico \times \text{cant. procesada}}{\text{tiempo de operación}} \quad [2]$$

$$TASA DE CALIDAD = \frac{\text{cantidad procesada} - \text{cantidad de defectos}}{\text{cantidad procesada}} \quad [3]$$

$$TASA\ DISPONIBILIDAD = \frac{T.OPERATIVO}{T.DE\ CARGA} = \frac{T.CARGA - T.PARADAS}{T.DE\ CARGA} \quad [4]$$

$$TASA\ RENDIMIENTO = TASA\ OPERACION\ NETA \times TASA\ VELOCIDAD\ OPERATIVA \quad [5]$$

$$TASA\ OPERACION\ NETA = \frac{OUTPUT \times TIEMPO\ REAL\ DEL\ CICLO}{TIEMPO\ OPERATIVO} \quad [6]$$

$$TASA\ DE\ VELOCIDAD\ OPER. = \frac{TIEMPO\ IDEAL\ DEL\ CICLO}{TIEMPO\ REAL\ DEL\ CICLO} \quad [7]$$

$$TASA\ DE\ CALIDAD = \frac{CANTIDAD\ DE\ PRODUCTOS\ ACEPTABLES}{CANTIDAD\ TOTAL.} \quad [8]$$

2.3.4 Fallas crónicas y fallas esporádicas.

Falla crónica: Fenómeno que ocurre *repetidamente* dentro de cierto intervalo, producida por defectos ocultos en la máquina, equipo y métodos.

Falla esporádica: Fenómeno que ocurre *repentinamente* dentro de cierto intervalo, normalmente provocadas por la introducción de cambios (equipos, plantillas, métodos, herramientas o condiciones operativas)

2.3.4.1 Características de fallas crónicas.

- Normalmente latentes.
- Poca incidencia de pérdida por incidente.
- Frecuentes dentro de cierto intervalo.
- Dificiles de evaluar y cuantificar.
- De fácil restauración por operadores.
- Frecuentemente desconocidas por supervisores.
- Se evidencian comparando con condiciones óptimas.
- Causadas por defectos ocultos en maquinaria, equipo y métodos. Por tanto tienden a permanecer ocultas.
- Poca claridad para establecer la relación causa-efecto.

2.3.4.2 Origen de las fallas crónicas.

Conocidas:

- Acción correctora sin éxito.
- Acción correctora poco eficaz por urgencia de producir.
- Inactividad por creencia que beneficios < que costos.

Desconocidas:

- Baja confiabilidad de las máquinas.
- Defectos de fabricación.
- Defectos de operación.
- Sustitución inadecuada de componentes.
- Malas prácticas de mantenimiento.

2.3.4.3 Reducción de las pérdidas crónicas.

- Eliminar pequeños defectos del equipo.
- Aumentar la fiabilidad del equipo.
- Aprender a utilizar y manejar el equipo.
- Identificar, establecer y mantener condiciones operativas óptimas de equipo.
- Restablecer condiciones operativas del equipo.

2.3.4.4 Acciones contra averías.

Principios básicos para lograr cero defectos.

Revelar los efectos ocultos.

- Los defectos ocultos son la causa principal de las averías.
- Los defectos pueden estar física y psicológicamente ocultos.
- Centrar la atención en los defectos ocultos.
- Parar el equipo para su inspección y tratamiento inmediato.

Cinco requerimientos para lograr cero averías.

- Mantener condiciones básicas del equipo.
- Adherirse a las condiciones operativas.
- Restaurar el deterioro.
- Corregir debilidades de diseño.
- Mejorar destrezas operativas y de mantenimiento.

2.3.4.5 Prevenir errores humanos: mala operación.

- Analizar causas de mala operación.
- Mejorar diseño de paneles de control.
- Proveer interbloques.

- Operaciones a prueba de errores.
- Control visual de condiciones de equipo.
- Estandarizar métodos de operación y ajuste.

Prevenir errores de reparación.

- Analizar causas de errores de operación, utilizando la herramienta de análisis causa efecto.
- Mejorar formas de piezas que confunden y métodos de ajuste.
- Métodos de almacenaje para piezas de repuestos.
- Mejorar herramientas y aparatos de reparación.
- Simplificar y estandarizar procedimientos confusos.

2.4 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO.

Las empresas progresan desarrollando constantemente sus recursos humanos, asegurando que todos sus empleados lleguen a ejercer su pleno potencial. El objetivo último del TPM es crear entornos corporativos capaces de responder positivamente al clima cambiante de los negocios, los avances tecnológicos, la sofisticación de los equipos y las innovaciones directivas.

Es esencial que en este entorno haya personas competentes que comprendan íntimamente su equipo. Los operarios que están más cercanos a los equipos deben tener la voluntad y ser capaces de cuidar su material por sí mismos. Mientras tanto, el personal de mantenimiento debe adquirir la tecnología y capacidad requeridas para actuar como custodios profesionales de los equipos. Similarmente, los ingenieros que proyectan los equipos y los ingenieros de producción deben adquirir Maestría en Tecnología de Equipos, Técnicas de Gestión y Capacidad Directiva para cumplir sus propias funciones. Sin esta preparación, los beneficios de un esfuerzo TPM a gran escala no serán posibles. Se lograrán resultados pero serán puntuales y no permanecerán.

En la práctica, los departamentos de producción tienden a centrarse exclusivamente en la producción en su sentido estricto, mientras los departamentos de mantenimiento caen en un mar de averías. Las empresas negligentes en cuanto a tecnología de mantenimiento y que no promueven la formación de su personal, viven inmersas en un círculo vicioso, y no pueden librarse de averías, tiempos en vacío, pequeñas paradas y defectos de calidad originados en los equipos. A lo anterior se asocian las tasas de operación bajas, la productividad deficiente y las condiciones de trabajo inseguras.

Mientras tanto, los departamentos de diseño de equipos e ingeniería de productos luchan desesperadamente con los equipos en prueba mal adaptados a

las condiciones del lugar de trabajo, difícil de usar y mantener y que regularmente se averían o producen un servicio defectuoso.

2.4.1 Formación y entrenamiento en el TPM.

El TPM pretende liberar a las empresas de este círculo vicioso. Para superar este círculo vicioso, el TPM incluye en su enfoque de implantación, estrategias y objetivos explícitos para elevar el nivel de las prácticas de gestión y el nivel técnico de cada individuo involucrado. De hecho todas las empresas han enfrentado los requerimientos del crecimiento de tecnología y de la capacitación personal estableciendo sistemas de formación y entrenamiento diseñados para maximizar el potencial de cada empleado.

Tales empresas dedican un enorme esfuerzo a la formación en mantenimiento y operaciones. La formación debe empezar desde el primer día de cualquier programa TPM y tener en cuenta el entorno, necesidades, aptitudes, carácter y capacidades particulares del personal a formar y la empresa.

2.4.1.1 Filosofía básica de la formación y entrenamiento.

En el TPM, los dos conceptos básicos de la formación son el entrenamiento en el mismo trabajo (OJT) y el auto-desarrollo. Fundamentalmente, la mejora de las destrezas de los individuos no solo incide eficazmente en la eficiencia de la

empresa, sino que también aumenta la vitalidad de las personas y su orgullo por el trabajo. Por supuesto, la formación fuera del ámbito del trabajo y las actividades de apoyo son también importantes para asegurar una buena educación.

Para lograr buenos resultados, directores y supervisores deben dedicarse a formar al personal a su cuidado. Deben invertir una buena parte de su energía en desarrollar personas competentes en equipos. Así lo requiere la estrategia formativa del TPM.

2.4.1.2 ¿Qué es capacidad?

Capacidad es la habilidad para hacer el trabajo y la destreza para aplicar correcta y reflexivamente conocimientos y experiencia a toda clase de sucesos durante un extenso periodo. La acumulación sistemática de formación, experiencia e información permite a las personas diagnosticar y actuar apropiadamente. Cuanto más rápidamente pueda tratar una persona una anomalía, más elevado es su nivel de capacidad.

La capacidad es producto de la motivación personal y un profundo entrenamiento. El resultado final es la Maestría. Para facilitar que el personal logre el grado de Maestría necesario, el Proyecto Especial Tacna debe poner en práctica los métodos de formación, más eficaces.

2.4.1.3 Cuatro niveles de capacidad.

El primer paso de cualquier programa de formación es identificar el nivel de conocimientos, tecnología, capacidad y competencia que tiene que adquirir el personal para progresar en cada tipo de tarea, especialización o posición.

Asimismo, se deben evaluar los niveles existentes como punto de partida actual. Los niveles son:

Nivel 1: Falto de conocimiento teórico y habilidad práctica (tiene que aprender).

Nivel 2: Conoce la teoría pero no la práctica (necesita entrenamiento práctico).

Nivel 3: Tiene maestría práctica pero no teoría (no puede enseñar a otros).

Nivel 4: Tiene maestría teórica y práctica (puede enseñar a otros).

La formación debe organizarse para satisfacer todas estas necesidades. Demasiada formación no es eficaz, sea por exceso de contenido o por inoportunidad del tiempo. A menudo, simplemente no se encuentra con el tiempo a las personas disponibles para hacer aplicaciones supervisadas en la instalación y lograr así la maestría mediante la enseñanza de otros. El adiestramiento debe ser profundo, práctico y debe estar claramente enfocado a las necesidades visibles. Lo más adecuado es entrenar en una necesidad cada vez.

2.4.2 Operarios competentes en equipo.

Las tareas de los operarios están evolucionando, desde operaciones manuales hacia mayores porcentajes de verificación y supervisión. Los operarios deben adquirir las cuatro habilidades que relacionamos a continuación; deben estar familiarizados con sus equipos, los mismos que deben ser como la prolongación de sus brazos y cerebros.

Las habilidades se adquieren mediante el entrenamiento en el trabajo y la práctica del mantenimiento autónomo y de las actividades de mejora orientada.

A. Los operarios competentes en equipos pueden detectar las anomalías y efectuar mejoras. Deben ser capaces de:

- Detectar las irregularidades del equipo.
- Comprender la importancia de la lubricación, lubricar correctamente y chequear los resultados.
- Comprender la importancia de la limpieza y su función de inspección y realizarla correctamente.
- Comprender la importancia de minimizar la dispersión y fugas de productos, primeras materias, otros contaminantes y desarrollar mejoras que traten estos problemas.
- Corregir o mejorar las irregularidades detectadas.

B. Los operarios competentes en equipos comprenden la estructura y funciones de sus máquinas y son capaces de descubrir las causas de las anomalías. Además deben:

- Comprender los puntos claves de la construcción del equipo.
- Mantener el rendimiento del equipo inspeccionándolo al limpiarlo.
- Conocer los criterios para identificar las anomalías y sus causas.
- Juzgar correctamente cuando deben parar el equipo.
- Hasta cierto punto, diagnosticar los fallos.

C. Los operarios competentes en equipos comprenden la relación entre equipos y calidad y pueden predecir las anomalías de la calidad y descubrir sus causas. Deben de:

- Analizar los fenómenos a partir de principios físicos.
- Comprender la relación entre equipos y características de calidad del producto.
- Comprender y chequear apropiadamente las tolerancias de precisión estática y dinámica del equipo.
- Comprender las causas de los defectos.

D. Los operarios competentes en equipos pueden entender y reparar sus máquinas. Deben ser capaces de:

- Reemplazar componentes.

- Conocer el tiempo de vida de los componentes.
- Postular las causas de los fallos.
- Tomar medidas de emergencia.
- Participar en las reparaciones generales con equipo desmontado.

2.4.2.1 Profesional de mantenimiento competente en equipos.

En la Unidad de Equipo Mecánico, la fiabilidad del equipo afecta significativamente a la productividad, seguridad, etc. Naturalmente, esta es la razón por la que es absolutamente necesaria una excelente capacidad de mantenimiento. Para satisfacer esta demanda, los profesionales de mantenimiento deben adquirir una amplia gama de habilidades.

Los profesionales del mantenimiento deben ser capaces de:

- Instruir a los operarios para un manejo, operación y mantenimiento diario de manera correcta.
- Evaluar si el equipo está funcionando correctamente o no.
- Rastrear las causas de las anomalías y restaurar el equipo.
- Mejorar la fiabilidad de equipos y componentes, alargar los tiempos de vida de los equipos y reducir anomalías y fallos.
- Comprender los diagnósticos de equipos, usarlos y estandarizarlos.

- Optimizar las actividades precedentes y hacerlas tan eficaces en costes y tiempo como sea posible.

Conforme se automatiza y sofisticada el equipo, aumenta la necesidad de asegurar completamente la calidad, reducir el consumo de energía y mantener un entorno agradable de operación. Por tanto, es esencial establecer y mantener determinadas condiciones del equipo que garanticen la calidad en el servicio. Hay que clarificar la tecnología y capacidades que se requieren para lograr estos objetivos y en consecuencia, proyectar un sistema de formación bien organizado y eficaz, que combine la educación interna y externa.

2.4.2.2 Importancia del auto-desarrollo.

Para asegurar que el personal desarrolle las capacidades precisas para hacer frente a equipo sofisticado, hay que crear un entorno que les estimule a aprender por sí mismos en vez de recibir pasivamente enseñanza. Mucha enseñanza en clases es ineficaz porque se trata de un proceso de una sola dirección. Los educadores informan sin mucha perspectiva del entorno de trabajo usual de los educandos.

En contraste, el desarrollo paso a paso del mantenimiento autónomo y las actividades de mejora orientada, facilitan una formación mucho más eficaz porque la mayor parte del aprendizaje se produce directamente en los propios lugares de trabajo.

En la formación mediante clases, es importante usar el enfoque de auto-desarrollo ilustrado para asegurar que cada persona llegue a adquirir maestría en las habilidades necesarias. Las frecuentes discusiones y reflexión, así como la aplicación práctica son claves importantes.

Paralelamente, los directores y supervisores deben ser conscientes de la importancia de su función para el incremento de los niveles de capacidad. Deben crear un entorno que apoye el desarrollo mediante el trabajo y evitar ejercer una presión excesiva sobre los resultados. Deben conocer las habilidades adquiridas por cada uno de sus subordinados y comprender los objetivos de las clases de modo que puedan asignar trabajos de dificultad apropiada que apoyen el aprendizaje.

2.4.3. Pasos para impulsar las capacidades de operación y mantenimiento.

Para asegurar la eficacia de la formación, hay que desarrollarla sistemáticamente en seis pasos, que se examinan en detalle a continuación:

Paso 1: Analizar el programa actual y establecer políticas y estrategias prioritarias.

La mayoría de las empresas facilitan a sus empleados algún tipo de formación. Sin embargo, muy pocas poseen grupos de personas verdaderamente competentes en equipos, profesionales en sus respectivas especializaciones y

capaces de rivalizar con sus competidores. En la mayoría de los casos, la formación es algo secundario frente a la presión del trabajo diario; cuando la formación se pone en práctica, se hace de modo ritualizado y en pequeñas dosis. Recomendamos hacer una revisión profunda del programa de formación del Proyecto Especial Tacna y comprobar su efecto en la mejora de la capacidad y especialización de las personas, revisar la situación e identificar los problemas persistentes, perfilando políticas, metas y prioridades claras para un programa de formación que resuelva estos problemas y se ajuste a las circunstancias particulares. Estas políticas, metas y prioridades servirán para guiar la acción a través de los pasos restantes.

Paso 2: Elaborar un programa de formación para mejorar las capacidades de mantenimiento y operación.

La tecnología de producción avanza con un ritmo desconcertante y rápidamente quedan obsoletos los métodos vigentes y la función del departamento de producción se centra ahora principalmente en la supervisión y el mantenimiento.

Paralelamente, el mantenimiento de equipos sofisticados, controlados electrónicamente se está convirtiendo en un gran problema. En respuesta a esto, las empresas forman ingenieros y técnicos en las nuevas tecnologías. El personal de planta tiene que pasar de ser técnico de una sola especialidad o equipo a

adquirir maestría teórica y práctica en múltiples especialidades. Sin embargo, esto no es rápido.

Para crear personas competentes en cada nivel, el Proyecto Especial Tacna debe elaborar un programa de formación que progrese en pasos desde lo elemental a lo básico, a lo intermedio y a lo avanzado.

Paso 3: Práctica de la formación en mantenimiento y operaciones.

Esta sección describe como mejorar las capacidades de operación y mantenimiento hasta el nivel requerido en un programa TPM eficaz.

Planes y materiales para lecciones

Un programa de formación eficaz requiere diseñar un buen modelo de aprendizaje. Es muy bueno el enfoque del auto-desarrollo, porque pone énfasis en el aprendizaje a través de la práctica. Una buena regla empírica es dedicar un 70 por ciento a la práctica y un 30 por ciento a conferencias y discusiones. Para cada tema, se debe perfilar un plan de lecciones específicas en función de la empresa, preparar textos de auto estudio para casa, materiales de ayuda y otros que los educandos necesitarán para la formación práctica. Dos o tres educandos pueden compartir prácticas en equipo costoso.

Clases.

Mientras la instrucción práctica debe darse de uno en uno, la proporción 6

a 10 educandos/entrenados, es un buen ratio para la instrucción en clase. Los entornos de las clases deben ser estimulantes para el aprendizaje y estar equipados con materiales de ayuda para la formación práctica.

Entrenamiento.

Al personal se le formará de acuerdo con el *planing*, dando énfasis a la práctica sobre la teoría y usando el enfoque de auto-desarrollo indicado anteriormente. La formación debe conectarse hasta el mayor grado posible con las actividades reales de los lugares de trabajo para ayudar así a los educandos y adquirir capacidades, práctica y eficacia.

Para profundizar el conocimiento y lograr rápidamente la maestría, los educandos deben practicar lo aprendido, preparar hojas de lección de un punto único para cada unidad del programa, e identificar temas de mejora o problemas de cada lugar de trabajo. Los educandos utilizarán este material para enseñar lo aprendido a sus colegas. Las lecciones de punto único deben comunicar temas de conocimientos básicos, sugerencias para evitar problemas y claves para una actividad eficaz de mejora relacionada con el tema.

Paso 4: Proyectar y desarrollar un programa de formación permanente de capacidades.

La formación básica del personal de producción y mantenimiento debe

poner énfasis en la formación en base al propio trabajo y en el auto-desarrollo.

Paralelamente, es esencial elaborar un programa de desarrollo de capacidades a largo plazo. Este plan constituye una formación permanente que debe ajustarse a las necesidades de las personas y a los lugares de trabajo particulares, de forma que el personal afronte con éxito el rápido ritmo del progreso técnico y de la automatización.

A largo plazo, el mejor modo para que los diversos departamentos del Proyecto Especial Tacna logren sus objetivos, es desarrollar personas con excelentes capacidades, estimular su potencial y animarlos a aceptar desafíos de nivel cada vez más elevados.

Sin embargo, la formación en capacidades de mantenimiento fuera del entorno de trabajo será poco útil si no se apoya en metas de auto-desarrollo individuales. Por tanto, evaluar las capacidades de las personas y ayudarles en sus programas individuales de formación son dos tareas importantes de directivos y supervisores.

En este ejemplo, el primer paso es elaborar un plan a largo plazo para el desarrollo de habilidades. Los empleados realizarán auto-evaluaciones y discutirán con sus supervisores los planes de carrera que desean y las rutas para el desarrollo de su capacidad. Los supervisores elaborarán y pondrán en práctica

políticas de formación a largo plazo, atendiendo las características, aptitudes y habilidades presentes de cada empleado y las perspectivas futuras.

Asimismo, planificar y poner en práctica programas anuales de desarrollo de habilidades. Cada empleado informará su progreso, debilidades, aptitudes y examinará todo ello con su supervisor. Para determinar la formación apropiada, el supervisor realizará una evaluación general de habilidades usando un cuadro basado en los requerimientos de capacidades actuales y futuras señaladas para cada área de trabajo.

Durante esta evaluación el supervisor ponderará el avance de cada empleado en relación al plan de desarrollo de capacidades a largo plazo. En función de esto, el supervisor diseñará un plan anual de formación específico para cada empleado que equilibre apropiadamente la formación en el propio trabajo, el auto-desarrollo y la formación fuera del trabajo.

Al final de cada ejercicio anual, se evaluará este programa de formación individual y los resultados se usarán para proyectar el plan de formación del año siguiente. Los supervisores usarán también estas evaluaciones para ayudar a determinar promociones o aumentos de salarios.

En cada caso concreto, se debe proyectar un sistema que se ajuste a las características de una empresa que estimule de modo sistemático la capacidad de cada especialización y los grados de eficiencia requeridos a largo plazo. Esto

permitirá desarrollar un sistema de mantenimiento idóneo que pueda responder apropiadamente a cualquier situación.

Aunque lo propuesto, se ha centrado en la Unidad de Equipo Mecánico, evidentemente la formación es importante en todas las áreas, gerencias. Las estrategias sugeridas aquí también se pueden aplicar a otros ámbitos.

Paso 5: Promover un entorno que estimule el auto-desarrollo.

Es importante que los empleados refuercen sus debilidades y desarrollen sus capacidades por sí mismos a través del trabajo diario. Este es el principio de la formación en el propio lugar de trabajo. Sin embargo, cuando las personas están demasiado ocupadas en las tareas de rutina, el auto-desarrollo ocupa un último lugar.

Por ello, además de facilitar planes de auto-desarrollo y una formación apropiada, El Proyecto Especial Tacna debe crear un entorno donde los empleados puedan desarrollar libremente sus metas individuales. Algunas empresas alimentan un entorno proclive al auto-desarrollo introduciendo cursos por correspondencia, facilitando libros y videos u ofreciendo ayuda financiera para la formación. Otras, usan un concepto de dirección por objetivos, que asigna a cada empleado un proyecto de auto-desarrollo cada seis meses.

Paso 6: Evaluar las actividades y planificar el futuro.

Las actividades de formación se evalúan periódicamente y se comprueba el progreso que hacen los individuos hacia los objetivos de desarrollo, de capacidades y especializaciones y los grados de maestría alcanzados. Los empleados deben ser capaces de mantener el ritmo e incluso anticipar los avances en tecnología, equipos y métodos de gestión. Recomendamos que periódicamente se revisen los sistemas de formación y sus procesos, las capacidades disponibles y los programas de estudio que requiera el Proyecto Especial Tacna y se proyecten programas que ayuden al personal conocer sus trabajos y equipos. Este es el modo con el que se logrará un crecimiento corporativo sostenido.

2.4.4. Rol de la alta dirección.

La llave para progresar en todas las actividades de grupo pequeños descansa en tres condiciones: motivación, habilidad y un ambiente favorable de trabajo. La dirección es responsable por la promoción de esas condiciones.

De estas tres claves, la motivación y habilidad es responsabilidad de los trabajadores, pero la creación del ambiente de trabajo está fuera de su control.

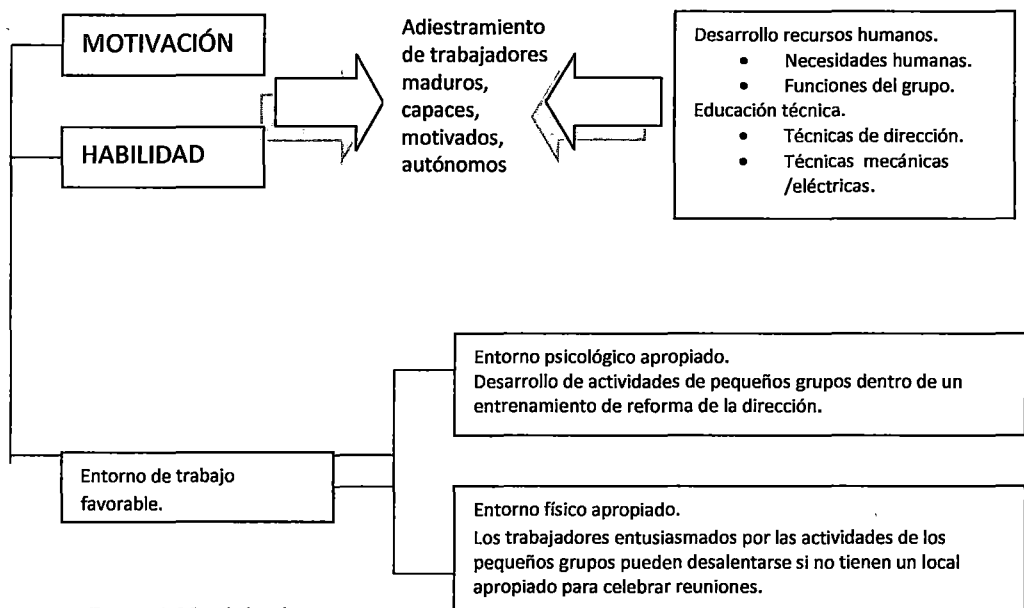
Este ambiente tiene componentes físicos y psicológicos que deben ser satisfechos.

La primera responsabilidad de la dirección es proveer un entrenamiento

para desarrollar una fuerza de trabajo capaz, motivada y trabajadores verdaderamente autónomos.

Se debe proveer a la educación humana, entrenamiento técnico en mantenimiento y operaciones. La educación es fuente de motivación porque facilita a la gente a entenderse entre ellos mismos.

La segunda responsabilidad de la dirección es proveer un ambiente de trabajo favorable para eliminar los obstáculos físicos y psicológicos. La creación de este ambiente requiere, primero, eliminar la dirección autoritaria y segundo, cambiar la estructura del Proyecto Especial Tacna para promover administración participativa.



Fuente: TPM en industrias en proceso.

Figura 11. Rol de la Alta Dirección del PET.

2.5 GESTIÓN TEMPRANA DE MAQUINARIA E INSTALACIONES.

El objetivo del TPM en este pilar es lograr un arranque en vertical, un arranque rápido, libre de dificultades y correcto desde el principio.

A menudo, la maquinaria nueva que se adquiere se pone en funcionamiento apresuradamente, sin una gestión temprana estricta, entran en operación plagados de defectos ocultos.

El TPM concede la misma importancia a la gestión temprana del equipo y del producto que a las demás actividades del TPM. Las bases de la gestión temprana son dos: la evolución del rendimiento económico del curso de vida de la maquinaria (optimización de los costes del ciclo de vida) y el diseño para prevenir el mantenimiento.

- **Proliferación de piezas.**

La estandarización de los diseños y el uso de componentes comunes siempre que sea posible reduce la proliferación de piezas.

- **Definición del coste del ciclo de vida.**

La *U.S. Office of Management the Budget*, lo define así: “la suma de los costes directos, indirectos, periódicos y no periódicos y otros relacionados de un sistema de gran escala durante su periodo de efectividad”

2.5.1. Diseño MP.

Las actividades de diseño MP reducen los futuros costes de mantenimiento y el deterioro de nuevos equipos. Teniendo en cuenta los datos de mantenimiento de los equipos actuales y las nuevas tecnologías, y proyectando equipos con elevada fiabilidad, mantenibilidad, economía, operabilidad y seguridad.

Idealmente el equipo con un diseño MP no debe averiarse o producir servicios no conformes. Debe tener una operación y mantenimiento fáciles y seguros. El proceso del diseño MP mejora la fiabilidad del equipo investigando las debilidades en el equipo existente y retroalimentando la información a los diseñadores.

2.5.2 Sistema de gestión temprana del equipo.

El siguiente procedimiento asegura que la gestión temprana de productos y equipos evolucione comprensiva y eficazmente.

a) Investigar y analizar la situación existente.

- Dibujar en un gráfico el flujo del trabajo de la gestión temprana.
- Identificar problemas en el flujo.
- Clarificar los mecanismos empleados para prevenir problemas identificados en cada fase de entrada en servicio.

b) Establecer un sistema de gestión temprana.

- Investigar y esquematizar la estructura básica del sistema de gestión temprana requerido y definir su perfil de aplicación.
- Investigar y establecer un sistema para acumular y usar la información requerida para la gestión temprana.

c) Depurar el nuevo sistema y facilitar formación.

- Avanzar y evolucionar paso a paso para cada fase de la gestión temprana y cada tema.
- Al mismo tiempo, formar al personal en las técnicas estándares requeridas para funcionar con el nuevo sistema.
- En cada paso, evaluar el nuevo sistema en función del grado de comprensión del personal, la eficiencia con la que usan las técnicas, la eficacia de la retroalimentación, etc.
- Documentar los beneficios logrados con el uso del sistema.

d) Aplicar el nuevo sistema ampliando su radio de acción.

- Ampliar la aplicación del nuevo sistema a todas las áreas.
- Trabajar en la optimización de los costes del ciclo de vida e intensificar el uso la información en el diseño MP.

- Identificar los problemas que ocurren en cada fase de la gestión temprana y en cada tema a los que se aplica el nuevo sistema. Organizar la estadística del número de elementos incorporados en nuevos diseños procedentes de la retroalimentación, del número de problemas sucedidos en entradas en servicio, del número de meses de retraso respecto al programa de nuevas maquinarias, etc. Obtener números totales que faciliten un panorama de los beneficios del nuevo sistema.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El tipo de investigación es cuasi-experimental, correlacional.

Se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (causas), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (efectos).

Los datos se utilizan de una misma muestra, en diferentes periodos de tiempo.

3.2 POBLACIÓN.

Personal de la Unidad de Equipo Mecánico y toda la maquinaria del Proyecto Especial Tacna, incluyendo sus respectivos operadores.

3.3 MUESTRA DE INVESTIGACIÓN.

a) Maquinaria piloto según los métodos y criterios indicados más adelante.

- b) Personal de la Unidad de equipo mecánico, mediante una encuesta como técnica de recolección de datos.

3.3.1 Método para evaluar maquinaria piloto.

Evaluar cada equipo en función de la seguridad, calidad, operabilidad, mantenibilidad, etc. Los equipos se clasifican (clase A, B y C) y se decide las clases que se incluirán en el mantenimiento planificado (unidades clasificadas como A y B), a las que se añadirán las unidades en las que los cero fallos es un requerimiento legal.

Los criterios de clasificación variarán dependiendo del servicio, de modo que la Unidad de Equipo Mecánico, Gerencia de Infraestructura, Gerencia de Estudios y Seguridad deben cooperar para evaluar cada atributo.

La Figura 13, muestra un esquema de flujo de selección de equipos para mantenimiento planificado y la Tabla IV, ofrece una muestra de criterios para evaluar características de equipos.

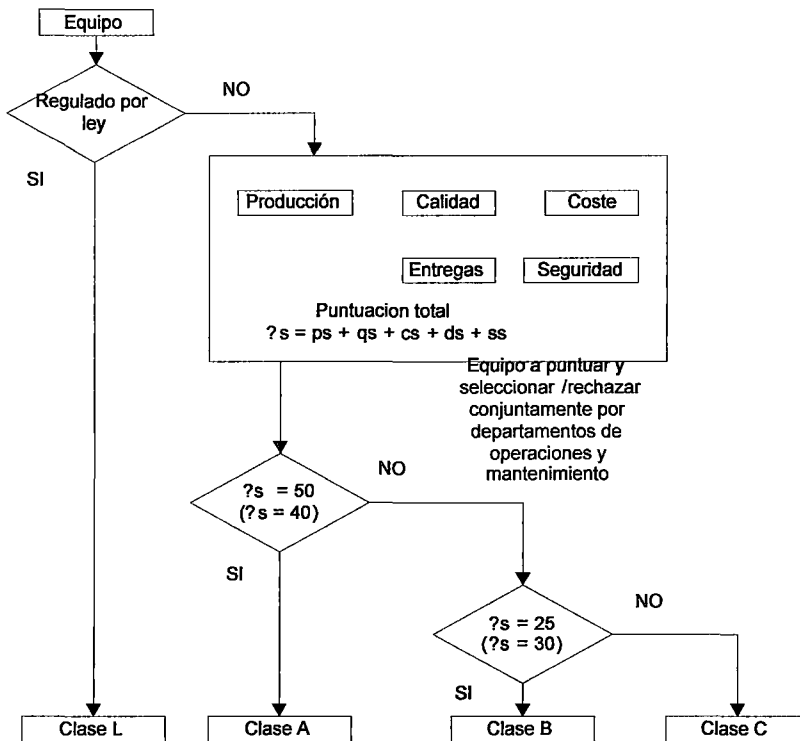
3.3.1.1 Criterios para evaluar características de maquinaria piloto.

Tabla IV. Criterios para evaluar características de maquinaria piloto.

Atributo	Criterio de evaluación	Clase
Seguridad: Efecto del fallo sobre personas y entorno	Un fallo del equipo expone a riesgo de explosión u otros peligros, el fallo del equipo causa una polución seria.	A
	El fallo del equipo puede afectar adversamente el entorno	B
	Otros equipos	C
Calidad: Efecto del fallo sobre calidad del producto	El fallo del equipo tiene un gran efecto sobre la calidad (puede contaminar el producto o producir reacciones anormales que den origen a un producto fuera de especificaciones)	A
	Un fallo del equipo produce variaciones de calidad que pueden corregirse por el operario de forma relativamente 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 son causa de que los procesos previos y siguientes paren por completo	A
	Un fallo del equipo causa solo una parada parcial.	B
	Un fallo del equipo tiene poco o ningún efecto sobre la producción.	C
Mantenimiento: Tiempo y costo de reparación.	La reparación del equipo toma 4 o más horas y cuesta 2 400 dólares o más, o bien se producen tres o más fallos por mes.	A
	El equipo puede repararse en menos de 4 horas, a un coste entre 240 y 2 400 dólares, o falla menos de tres veces por mes.	B
	El coste de la reparación es inferior a 240 dólares o puede dejarse sin reparar hasta que surja una mejor oportunidad.	C

Fuente: TPM en industrias en proceso.

3.3.1.2 Diagrama de flujo para seleccionar maquinaria piloto.



Puntuación :
ps: Calificación de producción
qs: Calificación de calidad
cs: Calificación de costes
ds: Calificación de entregas
ss: Calificación de seguridad /entorno
Los totales entre paréntesis se refieren a instrumentación y equipo eléctrico

Fuente: TPM en Industrias en proceso.

Figura 12. Diagrama de flujo para seleccionar equipo piloto.

3.3.1.3 Evaluación por sistemas de Maquinaria Pesada.

Entonces aplicamos la evaluación por sistemas, para saber donde esta el fallo.

Tabla V. Evaluación de maquinaria pesada GRT-PET.

UNIDAD: MARCA
 MODELO: CAPACIDAD:
 N° SERIE: AÑO DE FABRICACIÓN COLOR:
 COD.ID ESTADO:

MOTOR: MARCA.CILIND.H.P.	CANT.	ESTADO		
		O	R	M
Cabeza de cilindros (culata)				
Monoblock				
Carter				
Observaciones				

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	CANT.	ESTADO		
		O	R	M
Bomba de inyección				
Inyectores				
Bomba de transferencia				
Tanque de combustible				
Filtro de combustible				
Cañerías de alta presión				
Observaciones				

SISTEMA DE LUBRICACIÓN	CANT.	ESTADO		
		O	R	M
Filtro de aceite				
Conducto de lubricación				
Economizador				
Observaciones				

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AIRE	CANT.	ESTADO		
		O	R	M
Turbo alimentador				
Portafiltros				
Filtros de aire				
Conductos de admisión				
Múltiple de escape y silenciador				
Observaciones				

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CANT.	ESTADO		
		O	R	M
Radiador				
Bomba de agua				
Ventilador				
Fajas				
Protector de radiador				
Conductos y mangueras de agua				
Intercambiador de temperatura				
Observaciones				

SISTEMA ELÉCTRICO	CANT.	ESTADO		
		O	R	M
Baterías				
Alternador				
Arrancador				
Panel de instrumentos (fusibles)				
Tablero de control de mando				
Observaciones				

LEYENDA:
Cantidad en números
Estado: Operativo (O), Regular (R) y Malogrado (M)

SISTEMA HIDRAULICO	CANT.	ESTADO		
		O	R	M
Tanque hidráulico				
Motor hidráulico				
Bomba hidráulica				
Cañerías de alta presión				
Brazos y botellas hidráulicas				
Enfriador de aceite hidráulico				
Caja de control de mando hidráulico				
Observaciones				

SISTEMA DE TRANSMISIÓN	CANT.	ESTADO		
		O	R	N
Caja de transmisión				
Bomba de transmisión				
Convertidor de torque				
Cardán y crucetas				
Filtro de transmisión				
Enfriador de aceite de transmisión				
Válvulas de control				
Palancas de dirección				
Tandem role				
Observaciones				

SISTEMA DE RODAMIENTO	CANT.	ESTADO		
		O	R	M
Llantas				
Cadena				
Zapatillas				
Eslabones				
Rodillos inferiores				
Rodillos superiores				
Templador de cadena				
Rueda guía				
Rueda motriz				
Segmentos				
Mandos finales				
Ejes				
Observaciones				

SISTEMA DE FRENOS	CANT.	ESTADO		
		O	R	M
Compresora de aire				
Conductos y cañerías de aire				
Pedales de freno				
Observaciones				

ELEMENTOS DE TRABAJO	CANT.	ESTADO		
		O	R	M
Cabina				
Lampión				
Cuchardón				
Uñas				
Escarificador				
Cantoneiras				
Cuchillas				
Riser				
Pines y brazos				
Bocinas				
Tornamesa				
Observaciones				

Fuente: Elaboración propia.

3.4 SELECCIÓN Y DEFINICIÓN DE VARIABLES.

Para mejorar la mantenibilidad.

- a) Variables independientes.
 - Tiempo de paradas.
- b) Variables dependientes.
 - TPPR tiempo promedio para reparación.

Para mejorar la confiabilidad.

- a) Variables independientes.
 - Tiempo de operación.
- b) Variables dependientes.
 - Disponibilidad.

3.5 RECOLECCIÓN DE DATOS.

Para obtener los datos se pidió la participación del Gerente General, Jefe de Unidad, Asistente, Encargado de combustibles, Encargado de repuestos, Mecánico 1, Mecánico 2, Soldador, Electricista automotriz, Ayudante de mecánico; a fin de que calificaran cada uno, las preguntas cerradas del cuestionario que se tiene en cada categoría, el puntaje fue de 0 a 10, luego estos datos se introdujeron a una planilla de Excel para su procesamiento.

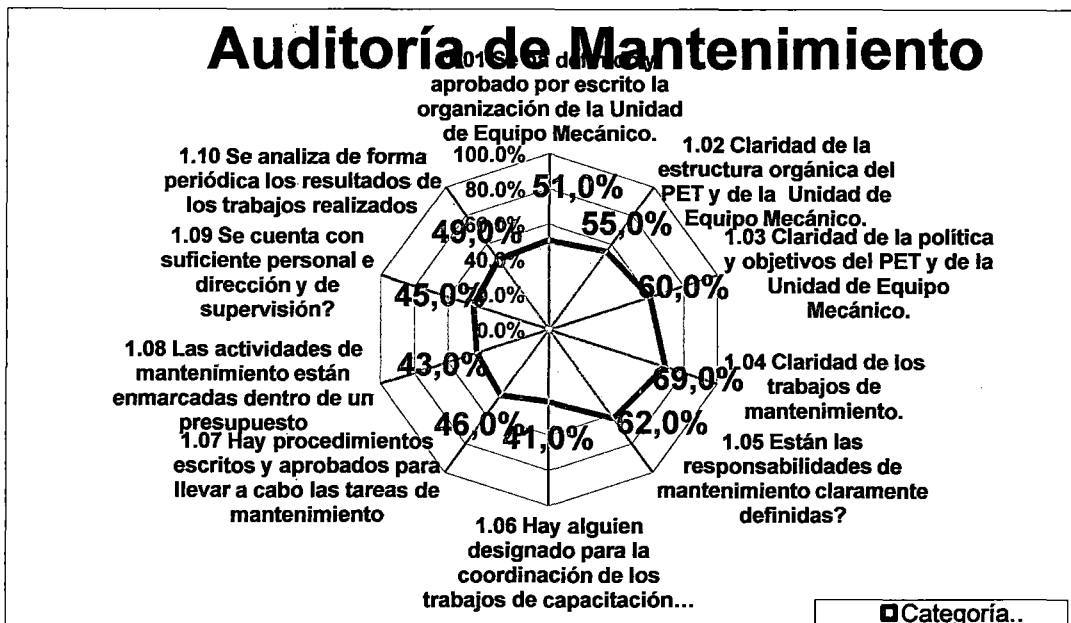
En las páginas siguientes se muestran los puntajes recibidos para cada componente en las categorías siguientes:

- Organización.
- Planeamiento.
- Personal.
- Abastecimiento.
- Ejecución.
- Supervisión.

3.5.1 Procesamiento de los datos por categorías.

Tabla VIII. Auditoría de Mantenimiento. Organización.

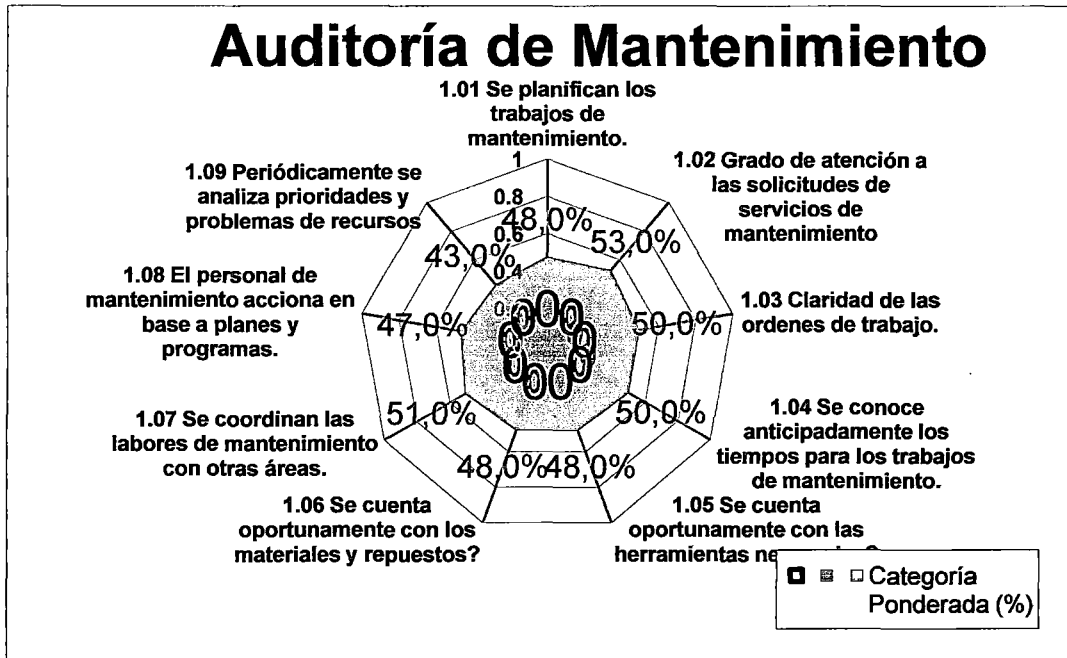
Auditoría de Mantenimiento				
Equipo de trabajo	TPM	Organización:	PROYECTO ESPECIAL TACNA	
Categoría de Auditoría	ORGANIZACIÓN	Unidad de Operación:	UNIDAD EQUIPO MECANICO	
Aprobado:		Fecha:	16/02/2010	
Nº	Categorías	Peso (/10)	Puntaje (%)	Categoría Ponderada (%)
1.01	Se ha definido y aprobado por escrito la organización de la Unidad de Equipo Mecánico.	10	5,10	51,0%
1.02	Claridad de la estructura orgánica del PET y de la Unidad de Equipo Mecánico.	10	5,50	55,0%
1.03	Claridad de la política y objetivos del PET y de la Unidad de Equipo Mecánico.	10	6,00	60,0%
1.04	Claridad de los trabajos de mantenimiento.	10	6,90	69,0%
1.05	Están las responsabilidades de mantenimiento claramente definidas?	10	6,20	62,0%
1.06	Hay alguien designado para la coordinación de los trabajos de capacitación y otros.	10	4,10	41,0%
1.07	Hay procedimientos escritos y aprobados para llevar a cabo las tareas de mantenimiento	10	4,60	46,0%
1.08	Las actividades de mantenimiento están enmarcadas dentro de un presupuesto	10	4,30	43,0%
1.09	Se cuenta con suficiente personal e dirección y de supervisión?	10	4,50	45,0%
1.10	Se analiza de forma periódica los resultados de los trabajos realizados	10	4,90	49,0%
Total Auditoría		100		52,0%



Fuente: Elaboración propia.

Tabla IX. Auditoría de Mantenimiento. Planeamiento.

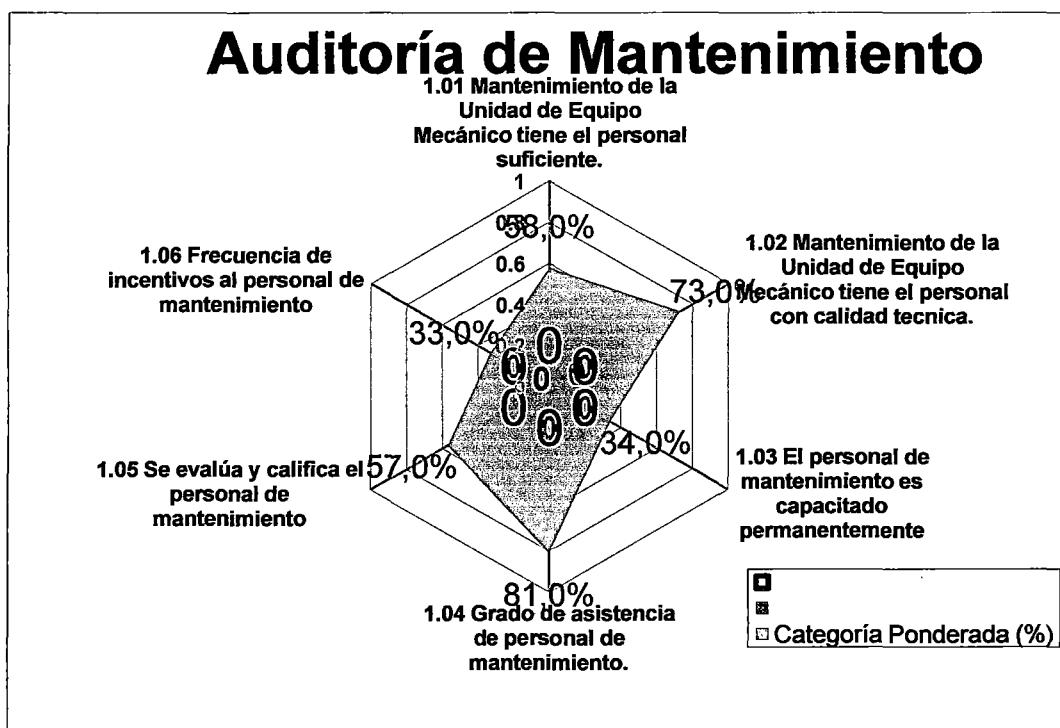
Auditoría de Mantenimiento				
Equipo de trabajo	TPM	Organización:	PROYECTO ESPECIAL TACNA	
Categoría de Auditoría	PLANEAMIENTO	Unidad de Operación:	UNIDAD EQUIPO MECANICO	
Aprobado:		Fecha:	16/02/2010	
Nº	Categorías	Peso (/10)	Puntaje (%)	Categoría Ponderada (%)
1.01	Se planifican los trabajos de mantenimiento.	10	4,80	48,0%
1.02	Grado de atención a las solicitudes de servicios de mantenimiento	10	5,30	53,0%
1.03	Claridad de las ordenes de trabajo.	10	5,00	50,0%
1.04	Se conoce anticipadamente los tiempos para los trabajos de mantenimiento.	10	5,00	50,0%
1.05	Se cuenta oportunamente con las herramientas necesarias?	10	4,80	48,0%
1.06	Se cuenta oportunamente con los materiales y repuestos?	10	4,80	48,0%
1.07	Se coordinan las labores de mantenimiento con otras áreas.	10	5,10	51,0%
1.08	El personal de mantenimiento acciona en base a planes y programas.	10	4,70	47,0%
1.09	Periódicamente se analiza prioridades y problemas de recursos	10	4,30	43,0%
Total Auditoría		90		49%



Fuente: Elaboración propia.

Tabla X. Auditoría de Mantenimiento. Personal.

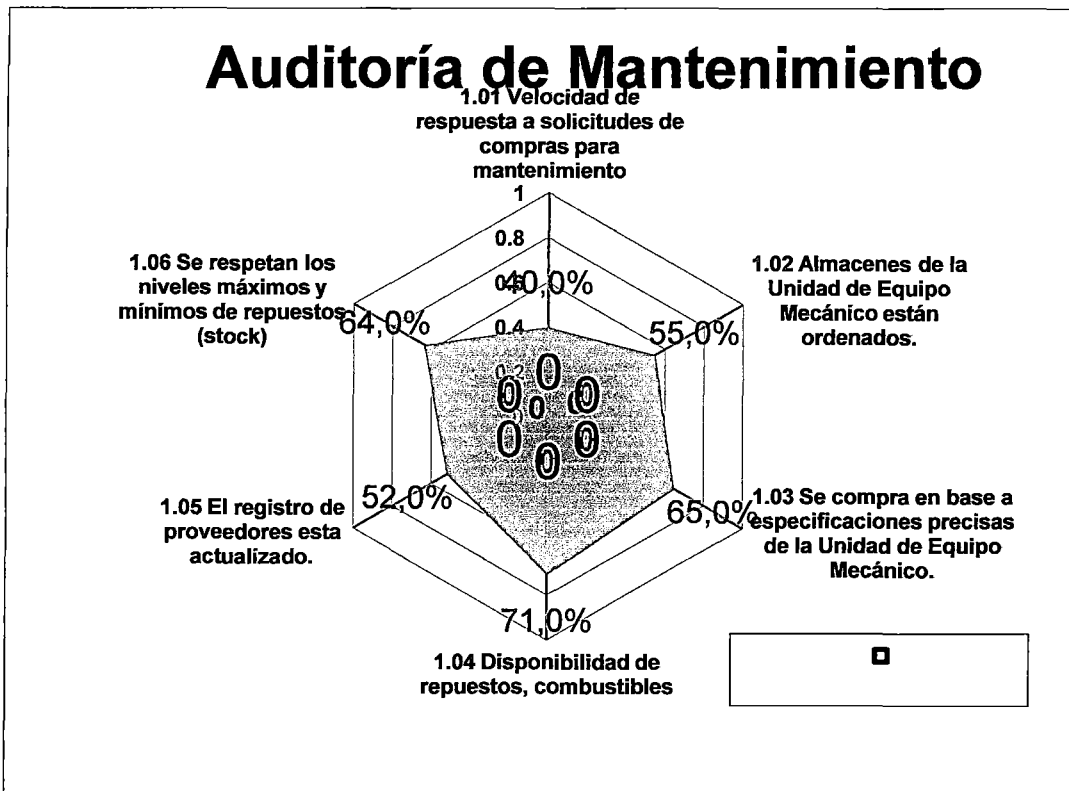
Auditoría de Mantenimiento				
Equipo de trabajo	TPM	Organización:	PROYECTO ESPECIAL TACNA	
Categoría de Auditoría	PERSONAL	Unidad de Operación:	UNIDAD EQUIPO MECANICO	
Aprobado:		Fecha:	16/02/2010	
Nº	Categorías	Peso (/10)	Puntaje (%)	Categoría Ponderada (%)
1.01	Mantenimiento de la Unidad de Equipo Mecánico tiene el personal suficiente.	10	5,80	58,0%
1.02	Mantenimiento de la Unidad de Equipo Mecánico tiene el personal con calidad técnica.	10	7,30	73,0%
1.03	El personal de mantenimiento es capacitado permanentemente	10	3,40	34,0%
1.04	Grado de asistencia de personal de mantenimiento.	10	8,10	81,0%
1.05	Se evalúa y califica el personal de mantenimiento	10	5,70	57,0%
1.06	Frecuencia de incentivos al personal de mantenimiento	10	3,30	33,0%
Total Auditoría		60		56%



Fuente: Elaboración propia.

Tabla XI. Auditoría de Mantenimiento. Abastecimiento.

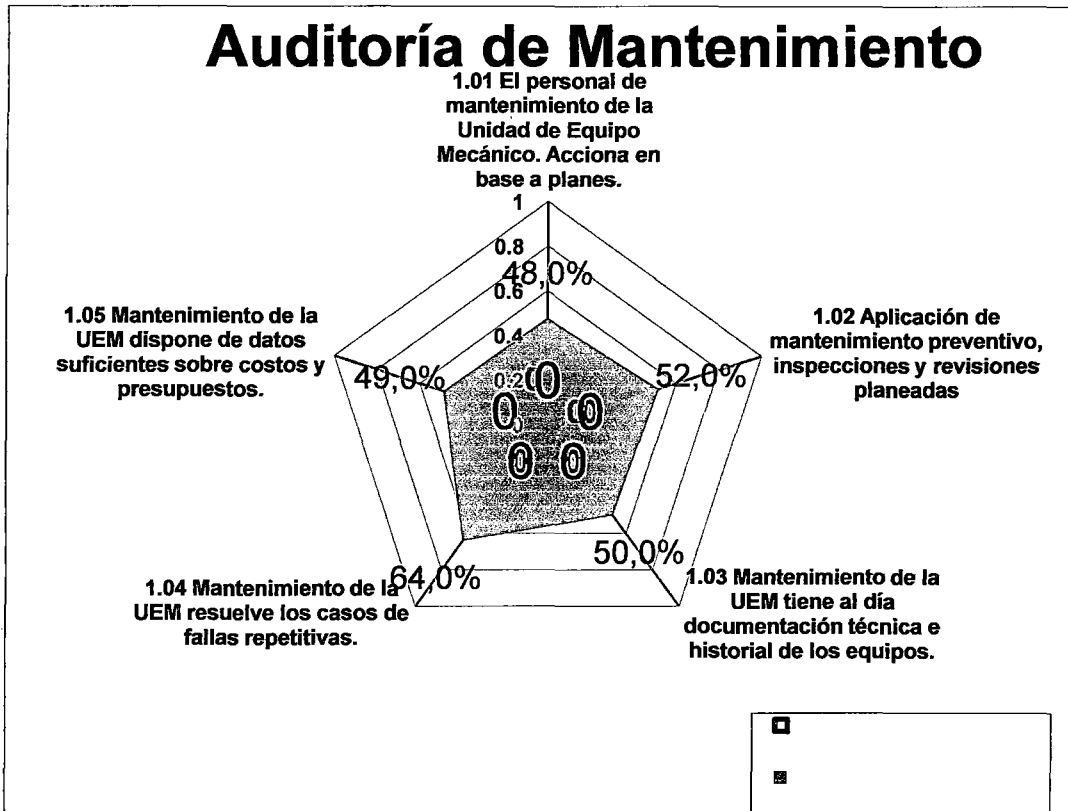
Auditoría de Mantenimiento				
Equipo de trabajo	TPM	Organización:	PROYECTO ESPECIAL TACNA	
Categoría de Auditoría	ABASTECIMIENTOS	Unidad de Operación:	UNIDAD EQUIPO MECANICO	
Aprobado:		Fecha:	16/02/2010	
Nº	Categorías	Peso (/10)	Puntaje (%)	Categoría Ponderada (%)
1.01	Velocidad de respuesta a solicitudes de compras para mantenimiento	10	4,00	40,0%
1.02	Almacenes de la Unidad de Equipo Mecánico están ordenados.	10	5,50	55,0%
1.03	Se compra en base a especificaciones precisas de la Unidad de Equipo Mecánico.	10	6,50	65,0%
1.04	Disponibilidad de repuestos, combustibles.	10	7,10	71,0%
1.05	El registro de proveedores esta actualizado.	10	5,20	52,0%
1.06	Se respetan los niveles máximos y mínimos de repuestos (stock)	10	6,40	64,0%
Total Auditoría		60		53%



Fuente: Elaboración propia.

Tabla XII. Auditoría de Mantenimiento. Ejecución.

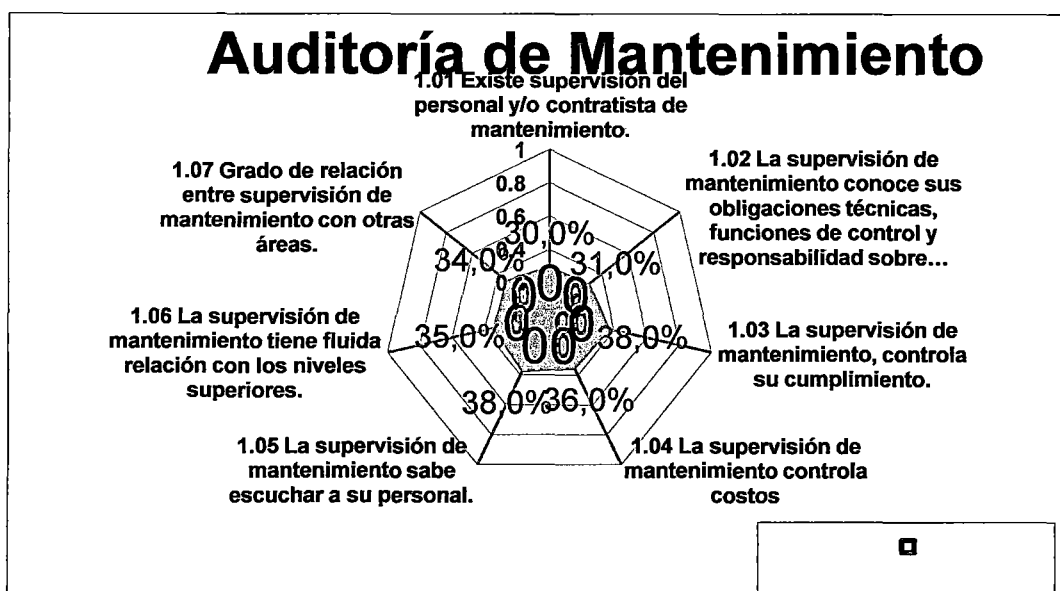
Auditoría de Mantenimiento				
Equipo de trabajo	TPM	Organización:	PROYECTO ESPECIAL TACNA	
Categoría de Auditoría	EJECUCION	Unidad de Operación:	UNIDAD EQUIPO MECANICO	
Aprobado:		Fecha:	16/02/2010	
Nº	Categorías	Peso (/10)	Puntaje (%)	Categoría Ponderada (%)
1.01	El personal de mantenimiento de la Unidad de Equipo Mecánico. Acciona en base a planes.	10	4,80	48,0%
1.02	Aplicación de mantenimiento preventivo, inspecciones y revisiones planeadas	10	5,20	52,0%
1.03	Mantenimiento de la UEM tiene al día documentación técnica e historial de los equipos.	10	5,00	50,0%
1.04	Mantenimiento de la UEM resuelve los casos de fallas repetitivas.	10	6,40	64,0%
1.05	Mantenimiento de la UEM dispone de datos suficientes sobre costos y presupuestos.	10	4,90	49,0%
Total Auditoría		50		55,9%



Fuente: Elaboración propia.

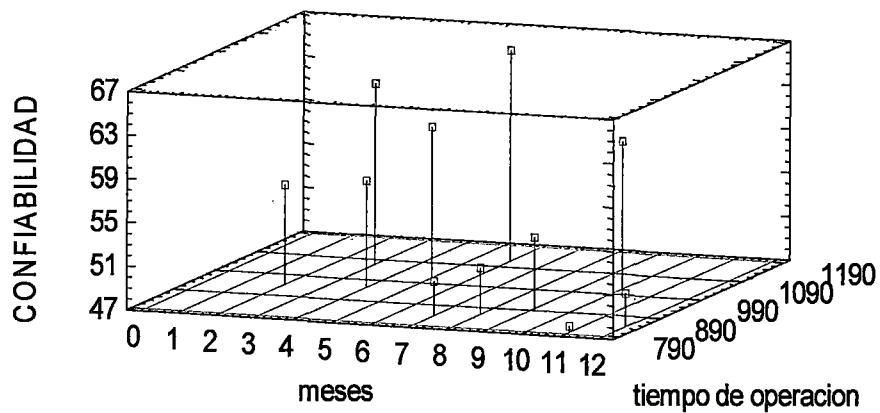
Tabla XIII. Auditoría de Mantenimiento. Supervisión.

Auditoría de Mantenimiento				
Equipo de trabajo		TPM	Organización:	
Categoría de Auditoría		SUPERVISION	Unidad de Operación:	
Aprobado:			Fecha:	
			16/02/2010	
Nº	Categorías	Peso (/10)	Puntaje (%)	Categoría Ponderada (%)
1.01	Existe supervisión del personal y/o contratista de mantenimiento.	10	3,00	30,0%
1.02	La supervisión de mantenimiento conoce sus obligaciones técnicas, funciones de control y responsabilidad sobre los resultados	10	3,10	31,0%
1.03	La supervisión de mantenimiento, controla su cumplimiento.	10	3,80	38,0%
1.04	La supervisión de mantenimiento controla costos	10	3,60	36,0%
1.05	La supervisión de mantenimiento sabe escuchar a su personal.	10	3,80	38,0%
1.06	La supervisión de mantenimiento tiene fluida relación con los niveles superiores.	10	3,50	35,0%
1.07	Grado de relación entre supervisión de mantenimiento con otras áreas.	10	3,40	34,0%
Total Auditoría		70		35%



Fuente: Elaboración propia.

Se trata de evitar las ambigüedades al hablar de Confiabilidad que es un parámetro Probabilístico y Disponibilidad que es Determinístico, en otras palabras Confiabilidad es sinónimo de hacer una encuesta para saber que va a pasar en el futuro; mientras que Disponibilidad es sinónimo de contar los votos una vez concluidas las votaciones; Asimismo como para Mantenibilidad es tiempo promedio para reparaciones.



Fuente: Software Statgraphis Plus version 5.1

Figura 13. Dispersión de la confiabilidad frente a meses y tiempo de operación.

3.6.1 Resumen Estadístico para Confiabilidad.

Frecuencia = 11

Media = 56,0236

Varianza = 37,7318

Desviación típica = 6,14263

Mínimo = 47,53

Máximo = 66,34

Rango = 18,81

Asimetría tipi. = 0,391925

Curtosis típicada = -0,76072

Esta tabla muestra el resumen estadístico para CONFIABILIDAD. Incluye las medidas de tendencia central, medidas de variabilidad, y medidas de forma. De particular interés están los coeficientes de asimetría y curtosis estandarizados que pueden utilizarse para determinar si la muestra procede de una distribución normal. Los valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican alejamiento significativo de normalidad que tendería a invalidar cualquier test estadístico con respecto a la desviación normal. En este caso, el valor del coeficiente de asimetría estandarizado está dentro del rango esperado para los datos de una distribución normal. El valor del coeficiente de curtosis estandarizado está dentro del rango esperado para los datos de una distribución normal.

3.6.2 Análisis de regresión múltiple.

Variable dependiente: CONFIABILIDAD

Parámetro	Error Estadístico		T	P-Valor
	Estimación	estándar		
CONSTANTE	-0,00158501	0,0150716	-0,105165	0,9188
Meses	-0,000085832	0,000434279	-0,197642	0,8483
Tiempo de operación	0,0595261	0,0000139582	4264,59	0,0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Modelo	377,318	2	188,65913057	288,98	0,0000
Residuo	0,000115589	8	0,0000144486		
Total (Corr.)	377,318	10			

R-cuadrado = 100,0 porcentaje

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 100,0 porcentaje

Error estándar de est. = 0,00380113

Error absoluto medio = 0,00251039

Estadístico de Durbin-Watson = 3,08742 (P=0,0082)

Autocorrelación residual en Lag 1 = -0,652115

La salida muestra los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre CONFIABILIDAD y 2 variables independientes. La ecuación del modelo ajustado es:

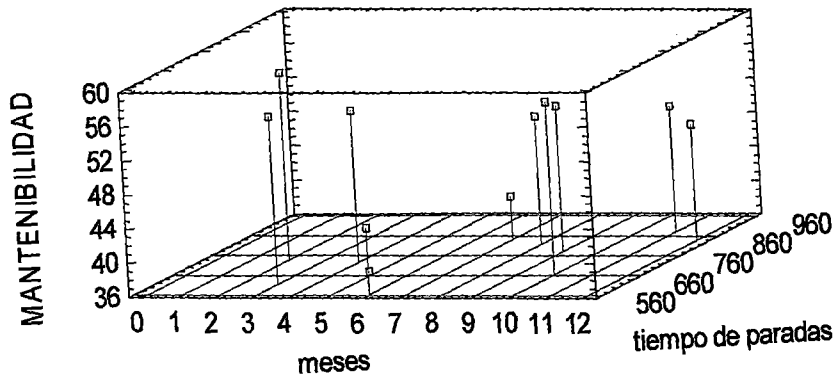
CONFIABILIDAD = -0,00158501 – 0,000085832*meses + 0,0595261*tiempo de

Operación [12]

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es inferior a 0,01, existe relación estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 99%.

El estadístico R-cuadrado indica que el modelo explica un 100,0% de la variabilidad en CONFIABILIDAD. El estadístico R-cuadrado ajustado, que es más conveniente para comparar modelos con diferente números de variables independientes, es 100,0%. El error estándar de la estimación muestra la desviación típica de los residuos que es 0,00380113. Este valor puede usarse para construir los límites de predicción para las nuevas observaciones seleccionando la opción Informes del menú del texto. El error absoluto medio (MAE) de 0,00251039 es el valor medio de los residuos. El estadístico Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se han introducido los datos en el fichero. Dado que el p-valor es inferior a 0,05, hay indicio de una posible correlación serial. Represente los residuos frente al orden de fila para ver si hay algún modelo que pueda verse.

Para decidir la simplificación del modelo, tenga en cuenta que el p-valor más alto en las variables independientes es 0,8483, perteneciendo a meses. Puesto que el p-valor es superior o igual a 0,10, este término no es estadísticamente significativo para un nivel de confianza del 90% o superior. Por tanto, debería considerar quitar meses del modelo.



Fuente: Software Statgraphis Plus version 5.1

Figura 14. Dispersión de la mantenibilidad frente a meses y tiempo de paradas.

3.6.3 Resumen Estadístico para Mantenibilidad.

Frecuencia = 11

Media = 49,9809

Varianza = 46,2473

Desviación típica = 6,80053

Mínimo = 36,53

Máximo = 58,01

Rango = 21,48

Asimetría tipi. = -1,22002

Curtosis típificada = -0,0590906

Esta tabla muestra el resumen estadístico para MANTENIBILIDAD. Incluye las medidas de tendencia central, medidas de variabilidad, y medidas de forma. De particular interés están los coeficientes de asimetría y curtosis estandarizados que pueden utilizarse para determinar si la muestra procede de una distribución normal. Los valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican alejamiento significativo de normalidad que tendería a invalidar cualquier test estadístico con respecto a la desviación normal. En este caso, el valor del coeficiente de asimetría estandarizado está dentro del rango esperado para los datos de una distribución normal. El valor del coeficiente de curtosis estandarizado está dentro del rango esperado para los datos de una distribución normal.

3.6.4 Análisis de Regresión Múltiple.

Variable dependiente: MANTENIBILIDAD

Parámetro	Error Estadístico		T	P-Valor
	Estimación	estándar		
CONSTANTE	46,3584	18,0411	2,56961	0,0331
meses	-0,245991	0,863407	-0,284908	0,7830
tiempo de paradas	0,00723396	0,0277483	0,260699	0,8009

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Modelo	5,5193	2	2,75965	0,05	0,9531
Residuo	456,953	8	57,1192		
Total (Corr.)	462,473	10			

R-cuadrado = 1,19343 porcentaje

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 0,0 porcentaje

Error estándar de est. = 7,55772

Error absoluto medio = 5,12715

Estadístico de Durbin-Watson = 1,18599 (P=0,0345)

Autocorrelación residual en Lag 1 = 0,356282

La salida muestra los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre MANTENIBILIDAD y 2 variables independientes. La ecuación del modelo ajustado es:

MANTENIBILIDAD = 46,3584 – 0,245991*meses + 0,00723396*tiempo de

Paradas [13]

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es mayor o igual a 0,10, no existe relación estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 90% o superior.

El estadístico R-cuadrado indica que el modelo explica un 1,19343% de la variabilidad en MANTENIBILIDAD. El estadístico R-cuadrado ajustado, que es

más conveniente para comparar modelos con diferente números de variables independientes, es 0,0%. El error estándar de la estimación muestra la desviación típica de los residuos que es 7,55772. Este valor puede usarse para construir los límites de predicción para las nuevas observaciones seleccionando la opción Informes del menú del texto. El error absoluto medio (MAE) de 5,12715 es el valor medio de los residuos. El estadístico Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se han introducido los datos en el fichero. Dado que el p-valor es inferior a 0,05, hay indicio de una posible correlación serial. Represente los residuos frente al orden de fila para ver si hay algún modelo que pueda verse.

Para decidir la simplificación del modelo, tenga en cuenta que el p-valor más alto en las variables independientes es 0,8009, perteneciendo a tiempo de paradas. Puesto que el p-valor es superior o igual a 0,10, este término no es estadísticamente significativo para un nivel de confianza del 90% o superior. Por tanto, debería considerar quitar tiempo de paradas del modelo.

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL TPM

4.1 MEJORA EN LA APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

AUTÓNOMO.

4.1.1 Acciones de limpieza y lubricación.

- Eliminar el polvo, la suciedad y los desechos de la carrocería, luego del motor descubriendo todas las anormalidades por que los operadores deben aprender que limpieza es inspección.
- Ajustar los pernos, si la tuerca esta floja, hacer una marca de apriete correcto.
- Señalizar con tarjetas, indicando las anormalidades que se ha encontrado, quien lo encontró y descripción del problema.
- Guardar las herramientas luego de utilizarlas en forma ordenada en su caja respectiva, asimismo los instrumentos de medición en andamios adecuados si es posible pintarlos para evitar el óxido.

4.1.1.1 Uso de las tarjetas de señalización.

- La señalización es importante para determinar donde se encontró la anomalía y quién debe realizar la acción correctiva. El operador que tiene la habilidad para resolver el problema colocará una tarjeta azul, por el contrario, si considera que no tiene la competencia, habilidad o herramienta para resolver el problema, colocará la tarjeta roja, la que indica que la Unidad de Equipo Mecánico se hará cargo de la acción correctiva. (ver anexo 4)
- Por cada observación, el operador emitirá tres tarjetas, las cuales se colocarán en las siguientes ubicaciones:
 - a) **En el equipo**, amarrado a través de un cintillo, en el lugar donde se ubica la anomalía, debe ser a la vez visible para cualquier persona que se acerque.
 - b) **En el cuaderno de tarjetas**, que es control del operador y que le servirá para realizar los seguimientos del cumplimiento de los plazos establecidos para realizar las acciones correctivas.
 - c) **Si es tarjeta roja, en la Unidad de Equipo Mecánico**, para que los profesionales de esta área puedan tomar conocimiento de la observación.
 - d) Poner dicha etiqueta inmediatamente sobre la anomalía detectada en máquina hasta su resolución y guardar una copia para analizar en sala. Si la anomalía afecta a partes móviles disponer las etiquetas ~~sobre un croquis~~ de la máquina.

- e) En la sala hacer lectura de la copia de cada etiqueta por el autor y asegurar el color con el consenso de todos los componentes del grupo.
- f) Clasificar las etiquetas por familias y subfamilias en función de su localización y tecnologías (hidráulica, eléctrica, etc.)
- g) Jerarquizar y reordenar en función de la urgencia para su resolución, destacando los problemas más importantes en relación a la seguridad de las personas y de la propia máquina y su fiabilidad.
- h) Hacer un balance de la práctica, identificando responsables asegurando que cada miembro del grupo va hacer el seguimiento y resolución de las anomalías encontradas por el mismo y asegurar que:
 - Quede resuelto de manera definitiva.
 - Se incluya como inspección.
 - Necesita un estudio complementario para modificar y mejorar el elemento afectado.

4.1.2. Acciones para neutralizar las fuentes de contaminación.

Evitar la oxidación de partes de la maquinaria pesada, al terminar la jornada estacionarlo bajo un techo adecuado impermeable. Si está en obra, tapar con material de plástico.

4.1.3 Acciones para estandarizar el procedimiento de limpieza y lubricación.

4.1.3.1 Los estándares impuestos desde arriba nunca se cumplen.

Muchas instalaciones de producción tienen excelentes estándares de inspección y listas de chequeo, aunque realmente los operarios no los usan. Frecuentemente, la Unidad de Equipo Mecánico se queja de que preparan y entregan a los operarios pero los ignoran.

Los jefes confirman resignadamente que los operarios descuidan la realización de chequeos aunque se les recuerde una y otra vez. Estas son algunas de las razones típicas desde el punto de vista de los operarios.

- “Se nos han dado algunos estándares, pero realmente no sabemos porque tenemos que hacer esos chequeos.”
- “Realmente no comprendemos qué es lo que tenemos que chequear y cómo hacerlo.”
- “Si intentamos realizar los chequeos de acuerdo con los estándares, nos lleva demasiado tiempo y perdemos producción.”
- “Los chequeos son difíciles de hacer porque el equipo tiene muchos puntos demasiado elevados, poco iluminados o solo alcanzables en mala postura.”

Los estándares que el personal no cumple, probablemente se han establecido sin considerar quien tiene que seguirlos, o cómo y dónde hay que realizar los chequeos. El personal nunca seguirá apropiadamente los estándares mientras la dirección practique un estilo de mando **coercitivo**: “Nosotros establecemos los estándares- tú los obedeces.”

4.1.3.2 Los estándares auto-establecidos se cumplen siempre.

Durante el paso 1 del programa de Mantenimiento Autónomo, los operarios hacen un gran esfuerzo limpiando su equipo, corrigiendo las pequeñas deficiencias, y estableciendo y manteniendo las condiciones básicas del equipo.

En el paso 2, reducen el tiempo requerido para estas tareas controlando las fuentes de contaminación y haciendo más accesibles las áreas a limpiar, inspeccionar y lubricar. Como resultado, los operarios se vuelven conscientes de la necesidad e importancia de mantener su equipo en este nuevo estado, considerablemente mejorado.

En tanto que, en el paso 3 con una guía apropiada para preparar estándares y establecer puntos de chequeo, el personal tendrá la motivación, habilidad y oportunidad de formular estándares realistas para prevenir el deterioro ejecutando chequeos diarios.

4.1.3.3 Guía para preparar estándares.

Los estándares provisionales facilitan a los operarios realizar fácil, correctamente y sin omisiones los chequeos diarios. Por tanto, los estándares deben responder a las cuestiones tipo 5W y 1H ¿Dónde?, ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Por qué?, ¿Quién? y ¿Cómo? e incorporar los siguientes puntos:

- **Elementos de inspección:** Los miembros del equipo deben reunirse para decidir lo que se debe limpiar, chequear y lubricar con el fin de mantener las condiciones básicas del equipo. Los supervisores deben comprobar cualesquiera omisiones y duplicaciones.
- **Puntos clave:** Cada uno debe examinar que es lo que probablemente ocurrirá si una parte en particular se contamina, afloja o se lubrica insuficientemente. El propósito de esto es comprender y recordar el problema que puede crearse si no se mantienen las condiciones básicas u óptimas del equipo. Es importante la guía y consejo de los supervisores.
- **Métodos:** Se debe decidir el método más simple y apropiado para chequear, y diseñar controles visuales claros que permitan a todos realizar los chequeos correcta y fiablemente.
- **Herramientas:** Se tiene que decidir que herramientas usar para limpiar, chequear, lubricar y etiquetarlas claramente.

- **Tiempos:** Decidir cuánto tiempo puede asignarse a cada tarea y establecer objetivos alcanzables. Los tiempos tienen que acortarse sucesivamente acumulando mejoras diseñadas para simplificar y minimizar el trabajo manual.
- **Intervalos:** Decidir sobre la frecuencia de las inspecciones y supervisar el logro de los objetivos. Se proyectan y acumulan mejoras para prolongar los intervalos de inspección. Las tareas tales como la reposición y cambio de lubricantes requieren el consejo de expertos de mantenimiento.
- **Responsabilidad:** Se debe asignar tareas, de manera individual, para asegurar que no se olvida nada, especificar claramente las funciones de cada persona para elevar su sentido de responsabilidad respecto al equipo.

4.1.3.4 Líneas de lubricación.

Pegar dentro de la cabina del operador gráficos con los puntos de lubricación.

4.1.4 Acciones en capacitación y entrenamiento al personal.

a) Realizar la capacitación en el siguiente orden:

1. Capacitar al líder de grupo TPM.
2. Capacitación de operadores por parte del líder de grupo TPM.

- Quispe Cárdenas, Juan: Operador excavadora PC-200

- Aramburú Gamonal, Alfonso: Operador cargador frontal WA-180
- Velázquez Cruz, Alfredo: Operador cargador frontal WA-180
- Yana Quispe, José: Operador excavadora PW-100
- Huanca Quecaño, Armingol: Operador D85A
- Maquera Molina, Jacinto: Operador tractor D83E
- Rocha Lopez, Alberto: Operador camión N-12

b) Realizar charlas de las 5S.

c) Difundir el Manual de operación y mantenimiento siguiendo los lineamientos del fabricante.

4.1.5 Acciones para inspección general a las máquinas.

Esta tarea es responsabilidad de cada operador del grupo, quien debe:

- Llevar un registro de las actividades realizadas que contenga fecha, lugar de trabajo, horas de trabajo, combustible utilizado y rendimiento del mismo.
- El líder de grupo TPM, al final del día revisará los registros.
- Señalizar la dirección de flujo hidráulico en los tubos o cañerías.

(Figura 15).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Señalización de la dirección del flujo hidráulico.

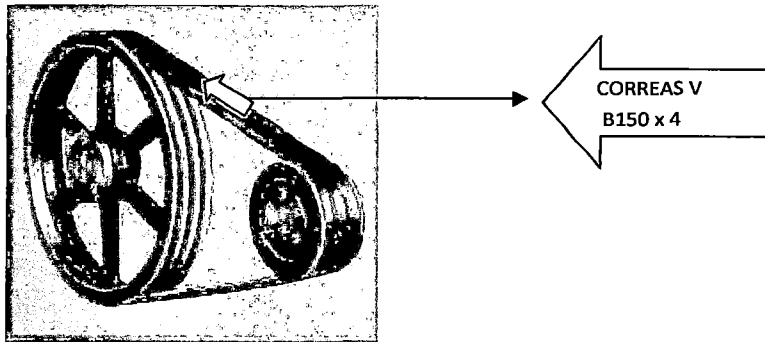
- Señalizar en cada sistema el tipo de aceite y la capacidad de llenado. (Figura 16).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Ejemplos de señalización.

- Señalizar la dirección de las fajas y tipo de modelo. (Figura 17).



Fuente: Rey Sacristán, Francisco. Mantenimiento total de la Producción. 2001.

Figura 17. Señalización de la dirección de fajas.

4.1.6 Acciones para la organización y orden.

Personal adicional propuesto para mejora.

4.1.6.1 Supervisor de mantenimiento.

Definición del puesto.- Trabajo que consiste en supervisar, controlar la realización de trabajos de mantenimiento y reparación de la maquinaria pesada y vehículos livianos.

4.1.6.2 Funciones del Supervisor.

- Coordinar con el jefe de la Unidad de Equipo Mecánico.
- Supervisar mediante una lista única de problemas (*check list*) cada uno de los sistemas de la maquinaria y el tiempo utilizado en cada actividad.
- Organizar que los operarios además del mantenimiento básico, amplíen sus responsabilidades
- Enseñar a los operarios procedimientos de prevención de accidentes.
- Supervisar que los operadores registren los datos en una bitácora.
- Realizar auto auditorías para evaluar la mejora de los indicadores.

4.1.6.3 Atribuciones.

- Capacidad como líder de grupo.

4.1.6.4 Perfil académico.

- Ingeniero Mecánico o Bachiller con especialidad en TPM y experiencia mínima de tres años en trabajos similares.

4.1.7 Acciones para la práctica de la autogestión.

Se aplica la herramienta de calidad MTBF.

4.1.7.1 MTBF.

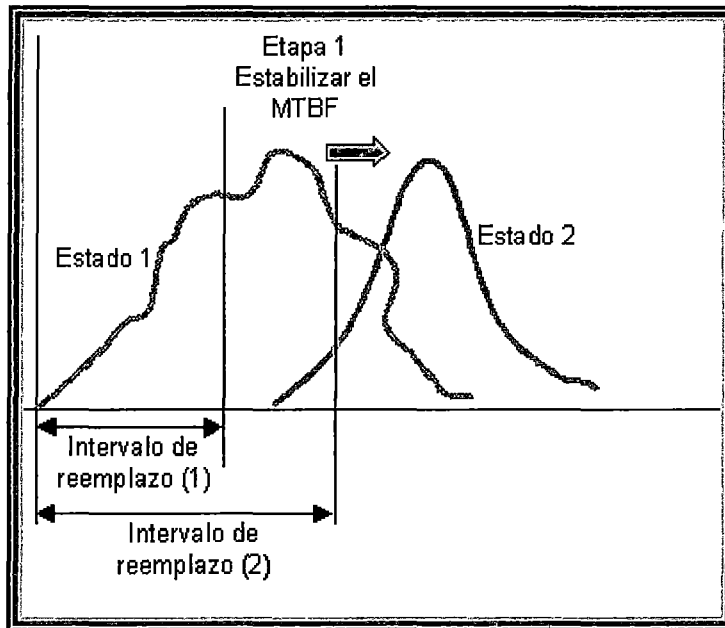
En esta etapa se pretende eliminar en forma radical el deterioro acumulado que posee el equipo y que interviene como causa en la pérdida de estabilidad del MTBF. Un plan de mantenimiento realizado sobre un equipo que no cuente con un MTBF estable, es poco económico y poco efectivo para prevenir los problemas de fallos.

Con las acciones de esta etapa se busca que la fluctuación del MTBF sea en lo posible (teóricamente) debido al desgaste natural de los componentes del equipo. Al ser estable el MTBF el comportamiento de los fallos será más predecible y el tiempo asumido para la intervención planificada del equipo será la más próxima al comportamiento real futuro (Figura 17).

Propósitos:

- Reducir la variabilidad de los intervalos de fallo.
- Eliminar deterioro acumulado.

Hacer más predecible los tiempos potenciales en que se pueden presentar los fallos.

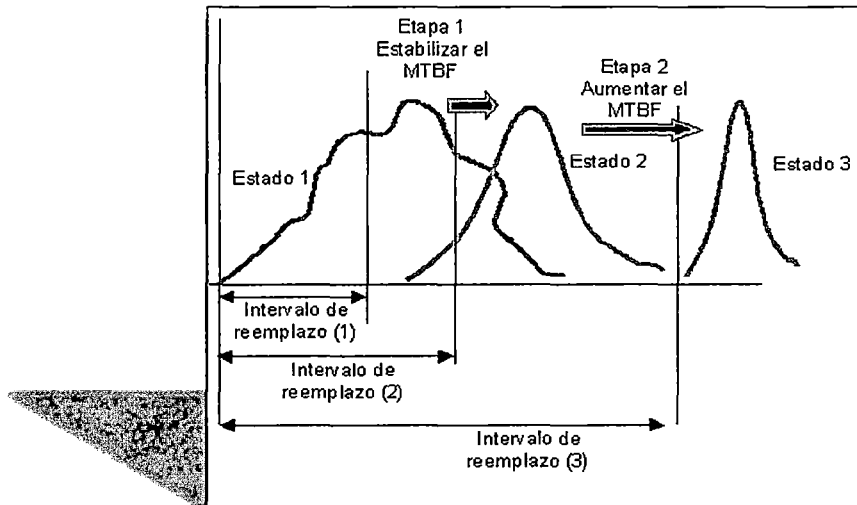


Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Efecto de restauración de deterioro.

4.1.7.2 Incrementar el MTBF.

En esta etapa, de búsqueda de eliminación de fallos en equipos, se pretende eliminar las causas de deterioro acelerado ya sea por mala operación del equipo, debilidades del diseño original o mala conservación (Figura 18).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Efecto del aumento de vida del equipo

4.2 MEJORAS PARA MANTENIMIENTO PLANIFICADO.

Para sintetizar las acciones se realiza la figura 21 el diagrama de Gantt, plan maestro del mantenimiento planificado.

4.2.1 Acciones para revertir el deterioro y corregir debilidades.

- Adquirir para las acciones de emergencia un camión lubricador y de auxilio mecánico, esto permitirá lo siguiente:
 - Movilizar al grupo de auxilio mecánico o fiabilización, para la reparación correctiva en las zonas de trabajo que son trochas afirmadas y deterioradas por las lluvias, con características climatológicas y geográficas severas y accidentadas.

La situación es preocupante, ya que en ocasiones las máquinas quedan paralizadas en las zonas altas, donde no se cuenta con personal mecánico ni equipos que permitan repararlas inmediatamente, exponiendo al personal a soportar bajas temperaturas en riesgo de su integridad física.

4.2.1.1 Grupo de auxilio mecánico o fiabilización.

Si analizamos las acciones tomadas en el eje de mejora del rendimiento operacional de la maquinaria pesada, lo más importante es eliminar todo tipo de parada y disminuir los tiempos de intervención. Esto pasa por crear un “grupo de fiabilización”, que es un grupo multifuncional, formado por todos los representantes: ingeniería, mantenimiento, logística.

Funciones:

- Asistir en las paradas imprevistas de la maquinaria pesada y vehículos livianos, ocurridas durante los viajes hacia las zonas de trabajo y campamentos.
- Lubricación y engrase de la maquinaria pesada y vehículos livianos según las horas de operación, cuando no pueda regresar a las instalaciones de la Unidad de Equipo Mecánico.

Objetivos del grupo de auxilio mecánico.

1. Reparar todo tipo de disfuncionamientos que existan en la maquinaria pesada y vehículos livianos.
2. Identificar las causas, interpretando los problemas. Por ejemplo:
 - Disponibilidad operacional de una máquina cuello de botella.
 - Rendimiento operacional.
 - Tasa de no calidad.
3. Informar para mejorar el funcionamiento con apoyo de indicadores intermedios de progreso. Por ejemplo:
 - Tiempo de funcionamiento medio de la máquina cuello de botella.
 - Tiempo medio de parada de la máquina cuello de botella.
4. Jerarquizar, preparando partes de causas de disfuncionamientos por averías, incidencias, no calidad, etc.
5. Preparar la animación y motivación de todos los implicados en el mantenimiento para mejorar los aspectos organizacionales, de relaciones

cotidianas, y los relacionados con la explotación y el retorno de información de todo tipo de intervención a todos los niveles.

6. Adoptar los métodos clásicos y las herramientas básicas de la calidad para resolución de problemas, en particular del método PDCA.

Tabla XV. Método de resolución de problemas PDCA.

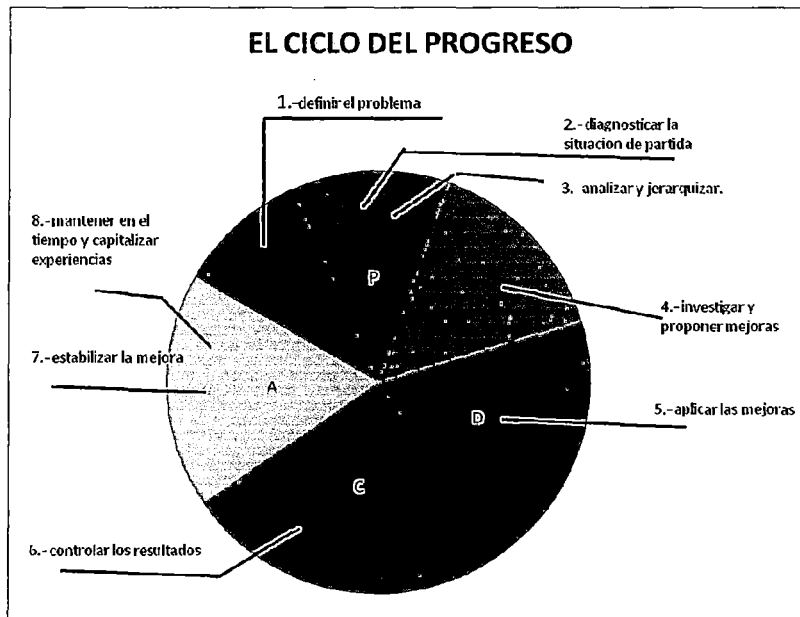
PDCA			ETAPAS
P PREVER	QUE	1	Elegir el problema.
		2	Diagnosticar y observar la situación actual del problema identificado por un indicador.
	PORQUE	3	Analizar las causas posibles y jerarquizar.
D APLICAR	COMO, CUANDO, DÓNDE, QUIEN:	4	Proponer mejoras con ideas sobre las causas, con plazos y responsable de ejecución.
		5	Aplicar las mejoras seleccionadas.
C CONTROLAR		6	Controlar los resultados midiendo los efectos y comparar con previsión.
A ACTUAR		7	Asegurar que se respetan las reglas y procedimientos y se mantiene la mejora en el tiempo.
		8	Hacer seguimiento fijando nuevos objetivos. Generalizar la mejora capitalizando experiencias.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo expuesto en la Tabla XV, siempre habrá un animador que, en general será el responsable del proceso a fiabilizar. Asimismo, este tendrá las siguientes misiones:

- a. Informar a todos los miembros en la primera reunión, las reglas de funcionamiento como grupo y métodos a emplear para la resolución de problemas.
- b. Organizar la vida del grupo y definir la misión de cada uno.

- c. Convocar y dirigir las reuniones, para posteriormente, a través de un informe, señalar responsables y fechas para ejecutar los planes de acción decididos por el grupo.
- d. Definir los objetivos y plazos que el grupo debe asumir basados en las experiencias y en la situación de partida de acuerdo a indicadores identificados.
- e. Asegurar el seguimiento de las acciones y de los objetivos.
- f. Recopilar documentos y datos necesarios para cada reunión.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Resolución de problemas.

Distribución del grupo de auxilio mecánico o fiabilización.

Se movilizarán cuando se presente urgencias durante las 24 horas, distribuidos en 3 turnos en forma de relevos de personal cada 8 horas, previa distribución de los turnos del personal, semanal o mensual.

4.2.2 Acciones para crear un sistema de gestión de información.

Solicitar a la Gerencia General, crear un software para la UEM en coordinación con la Unidad de Informática, a fin de implementar los siguientes sistemas:

- Programa de mantenimiento.
- Órdenes de trabajo.
- Cuadro de necesidades.
- Registro de horas de trabajo de la maquinaria.
- Valorización de las horas de trabajo.
- Control de repuestos utilizados, en stock y requeridos.
- Índices de gestión.
- Diagramas de flujo para el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo asimismo líneas de engrase y lubricación.

4.2.2.1 Sistema para controlar piezas de repuestos.

Para mantener un seguimiento de los cuadros de necesidades, es necesario coordinar con la unidad de logística para generar la siguiente información:

- Lista de repuestos utilizados, por maquinaria, por hoja de servicio, etc.
- Tablas de repuestos en stock con fotos, para buscar por comparación y clasificar por maquinaria, sistema, ubicación de almacén, etc.
- Lista de repuestos usados, para internar en el área de patrimonio.
- Analizar cómo reducir la variedad de repuestos mediante la estandarización de maquinaria, marca y modelo de mejores indicadores antes mencionados.
- Coordinar con los proveedores los repuestos más accesibles en el mercado para evitar errores al momento de aplicación y montaje.

Aquí, algunas recomendaciones para rodamientos:

CAMION	VOLVO	1987	N-12	9BVN2A1DOHG613254
---------------	--------------	-------------	-------------	--------------------------

Marca FAG.

N-12 (6 x 4)

Front axle (FT5):

- Front wheels, inner [2](183298)
- Front wheels, outer [2] 32308A
- Swivel pins [2] 31308A

Front axle (FT6, 5):

- Front wheels, inner [2]K6386.6320
- Front wheels, outer [2]K537.532X
- Swivel pins [2]53178.53377

Front axle (FT7, 5):

- Front wheels, inner [2] 538971
- Front wheels, outer [2]K39580.39520
- Swivel pins [2] 543805

4.2.2.2 Sistema para control de combustible.

Actualmente, el control del combustible se realiza manualmente, se apunta en una tarjeta correspondiente a la orden de compra, el vale lleva las firmas del jefe de meta y del conductor como receptor.

El sistema de control, debe generar la siguiente información:

- Ordenar las órdenes de compra de combustible por metas.
- Imprimir el vale de combustible por triplicado, afectando la orden correspondiente.

- Emitir reporte mensual de consumo de combustible por Maquinaria Pesada y vehículos livianos.

4.2.3 Acciones para un sistema de mantenimiento periódico.

- Repotenciar el programa de mantenimiento periódico (control de repuestos, capacidad de llenado de lubricantes y cambio de filtros, etc.)
- Elaborar el diagrama de flujo del sistema de mantenimiento periódico.(ver fig. 09)
- Calendario de actividades de mantenimiento: periódico preventivo, correctivo, paradas imprevistas o fallas y averías.(ver anexo 3)
- Estandarizar el mantenimiento preventivo y correctivo. (ver anexo 1 y 2)

4.2.3.1 Elaborar un historial de mantenimiento por cada maquinaria pesada.

Ejemplo de un historial completo de mantenimiento de una máquina puede ser el siguiente:

- Descripción detallada del equipo.
- Composición detallada y conexiones de todo tipo.
- Procedimiento relativo al funcionamiento del equipo:

- Puesta en servicio.
 - Modos de marcha en automático a partir del pupitre general.
 - Modo de marcha en manual.
 - Ciclo de fabricación detallado.
 - Parada del equipo.
 - Consignas de utilización y seguridad.
- Procedimiento relativo a los sistemas:
 - Hidráulico.
 - Neumático.
 - Eléctrico, electrónico.
 - Engrase.
 - Otros procedimientos (herramientas).
 - Lista de acciones preventiva:
 - Acciones de rutina.
 - Acciones de vigilancia.
 - Acciones sistemáticas.
 - Lista de acciones curativas:
 - Ayuda al diagnóstico.
 - Precauciones a tomar en las intervenciones.
 - Comprobación de fallos y problemas de calidad.

- Intervenciones recomendadas ante fallos.
- Listado de posibles averías e incidentes y su tratamiento.
- Instrucciones para controlar e identificar piezas no conformes.
- Archivo de hojas de servicio

4.2.3.2 Hoja de servicio.

En las hojas de servicio se deberá anotar los datos adecuados en el formato respectivo cuando se realice:

- Mantenimiento periódico preventivo.
- Mantenimiento correctivo.
- Paradas imprevistas.
- Cuando ocurra fallos.
- Cuando ocurra averías.

Luego el resumen se indicará en el calendario de actividades de mantenimiento.

Asimismo permitirá el control de repuestos utilizados, porque alimentará con datos el sistema de gestión de información. (ver anexo 5).

4.2.3.3 Distribución del personal de mantenimiento planificado.

El sistema de distribución de personal es mixto parte del personal de mantenimiento se asigna permanentemente a diferentes lugares de trabajo y el resto en las instalaciones de la Unidad de Equipo Mecánico, como:

- Mecánico de maquinaria pesada.
- Mecánico de vehículos livianos.
- Electricista automotriz.
- Ayudantes respectivos.
- Soldador universal.

4.2.4 Acciones para crear un sistema de mantenimiento predictivo.

- Instalar sensores en la maquinaria pesada piloto, para la captación de las siguientes señales preventivas:
 - Vibración.
 - Ruido.
 - Temperatura.
 - Presión.
 - Análisis de partículas en lubricantes.
- Implementar el laboratorio de análisis de aceite.

- Registrar estas actividades en una base de datos.

4.2.5 Acciones para evaluar el sistema de mantenimiento planificado.

Optimización de los recursos económicos, racionalización de los repuestos, referido a la reducción de variedad porque se implementara la estandarización de los motores hacia el modelo de mejores indicadores antes mencionados. Aquí se aplica la solución fundamental.

4.2.5.1 Gestión de la seguridad.

En toda reparación, lo más importante es la gestión de la seguridad, alrededor del 50 por ciento de los accidentes serios se producen durante los mantenimientos con parada. Con apoyo de las gerencias de línea, la Unidad de Equipo Mecánico debe controlar la seguridad, el entorno, la calidad del trabajo y el programa.

4.2.5.2 Conclusión del mantenimiento con parada.

Al terminar el mantenimiento con parada, preparar un informe que detalle el trabajo ejecutado, las metas cumplidas, el presupuesto, etc. Hay que informar cuidadosamente de todos los problemas concernientes y usar esta información para planificar el siguiente proyecto de mantenimiento con parada. El Informe, debe ser remitido a la Gerencia General.

4.3 MEJORAS PARA CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO.

4.3.1 Grupos pequeños.

Durante la etapa de implementación del TPM, el tiempo usado por los grupos pequeños en varias actividades, es cuidadosamente monitoreado. Estas acciones son categorizadas y registradas como mantenimiento, educación y entrenamiento.

Esta documentación de cómo los grupos pequeños usan su tiempo permite al PET a compensar a sus empleados adecuadamente.

Alta moral = Altas ganancias

Ha ocurrido casos, en que durante un corto periodo de tiempo se logra una productividad más elevada, la baja moral de los empleados, conducirá eventualmente a una declinación de la productividad.

4.3.2 Promoción de las actividades de grupos pequeños.

Las actividades de los grupos pequeños deben estar basadas en la administración participativa para mejorar la productividad y las condiciones de trabajo.

Los trabajadores son los jugadores líderes, tomando responsabilidad más bien que seguir órdenes o hacer lo suficiente para ganarse la paga.

Cada trabajador administra su labor de manera autónoma, procurando mejores resultados. Mientras los trabajadores deben jugar un papel de líder, al mismo tiempo los administradores deben procurar mantener la motivación en los trabajadores.

Cuatro factores son importantes en la motivación de las actividades por grupos pequeños:

1. Reconocer la importancia del trabajo.

Un trabajador debe entender la importancia de su trabajo para tomar responsabilidad.

2. Seleccionar y ejecutar metas.

Trabajar sin objetivos es como un corredor sin línea de meta. El seleccionar metas y promover su cumplimiento puede ser una manera efectiva para motivar a las personas. Los administradores deben tener cuidado al guiar a los grupos pequeños, sustanciando las acciones de acuerdo a las metas anuales del Proyecto Especial Tacna.

3. Actuar sobre sugerencias.

Si hay buenos resultados cuando una sugerencia es adoptada e implementada, los que propusieron tienen un sentimiento gratificante de

cumplimiento. Cada trabajador deberá contribuir al menos con una sugerencia al mes.

Por ejemplo, muchos trabajadores tienen dificultades para expresar sus pensamientos por escrito. Sin embargo, en muchos casos el número de sugerencias aumenta cuando los directores y supervisores ayudan a los trabajadores a detallar en el papel, sus sugerencias verbales.

4. Recompensar los esfuerzos de los trabajadores.

No hay nada más gratificante para un trabajador que el reconocimiento, por el cumplimiento de metas y por sugerencias prósperas y esto tiene significancia posterior en el contexto de las actividades de grupos pequeños.

Se demuestra que los administradores reconocen esa ejecución en un hecho concreto. Mientras que la adjudicación puede ser monetaria, más importante que la cantidad es la oportunidad de los administradores de reconocer y expresar su apreciación por las ejecuciones de los trabajadores.

4.3.3 Lluvia de ideas. (*Brainstormin*).

Es una técnica para desarrollar la creatividad. Es una reunión para generar nuevas ideas para mejorar algún aspecto del negocio. Se basa en una sinergia psicológica que una reunión creativa pueda aportar más de lo aportaría la suma de sus partes.

Para que esta técnica resulte más eficaz, las sesiones requieren la intervención de un facilitador capacitado. La aplicación se centra sobre 3 reglas básicas:

1. Se alienta a los participantes a proponer todas las ideas posibles por más extrañas que resulten.
2. No se emite juicio alguno sobre ninguna idea hasta que termine la sesión.
3. Se debe alentar a los integrantes del grupo a realizar aportes sobre las ideas de las demás personas, realizando combinaciones insólitas y llevando cada una en direcciones improbables.

Recomendaciones útiles para aplicar la técnica del *brainstorming*.

- a) Identificar un tema específico para debatir.
- b) Si hay más de 10 participantes, dividir el grupo en subgrupos.
- c) Pedir a cada subgrupo que elija un secretario para registrar las ideas que se proponen.
- d) Explicar con claridad las 3 reglas básicas.
- e) Determinar los criterios para elegir las mejores ideas.
- f) Implementar las mejores ideas.

Las investigaciones sobre la eficacia de la técnica plantean que si las personas trabajan por sí solas, muchas veces desarrollan ideas más originales y de mejor calidad; pero los grupos generan más cantidad de ideas aunque a veces resulten de calidad inferior, además los grupos mantienen el nivel de productividad durante más tiempo, las personas que trabajan solas se cansan rápidamente.

Los debates grupales de final abierto han demostrado ser de mayor utilidad a la hora de evaluar las ideas que para generarlas.

Dinámica de grupo.

Para poner en práctica el ejercicio, se nombra un coordinador para dinamizar el proceso, un secretario para apuntar las ideas y el resto de miembros como parte del grupo. Para ello, contamos con los siguientes materiales de trabajo: Sala, sillas, pizarra grande, grabadora y reloj.

- a) Calentamiento, el grupo se ejercita para un mejor funcionamiento colectivo.
- b) Se determina el número de ideas al que se quiere llegar y el tiempo.
- c) Reglas fundamentales, toda crítica está prohibida, toda idea es bienvenida.
- d) Trabajo con las ideas, puede mejorarse mediante la aplicación de una lista de control, también se pueden agregar otras ideas.

- e) Se recomienda el empleo de preguntas como: Aplicar de otro modo?, Modificar?, Ampliar?, Reducir?, Sustituir?, Reorganizar?, Invertir? o Combinar?
- f) Evaluación, basado en la rentabilidad de la idea, el grado de factibilidad y el grado de extensión de la idea.

4.3.4 Desarrollar operarios competentes en equipos.

Las empresas donde los operarios conocen bien sus equipos están revolucionando los conceptos de gestión industrial y produciendo sobresalientes resultados.

Los operarios diestros en sus equipos son capaces de reparar las pequeñas deficiencias, pero es más importante su habilidad para detectar anomalías. Para ser verdaderamente competente, un operario debe ser capaz de reconocer cualquier cosa que esté fuera de lo ordinario e identificarla inmediatamente como una anomalía.

Las anomalías que los operarios deben detectar son fenómenos causales que presagian averías antes de que sucedan o que señalen la posibilidad de producir artículos defectuosos en algún momento, éstas deben ser descubiertas para prevenir fallos y defectos, un operario verdaderamente competente puede detectar estas causas

anormales en su fase inicial y tratarlas rápida y eficientemente. Esta es la clase de operario que intentamos desarrollar a través del Mantenimiento Autónomo.

El desarrollo de operarios competentes en equipos, revoluciona no sólo la gestión del equipo sino toda la gestión programada. El programa de formación sobre Mantenimiento Autónomo y las capacidades de inspección que describimos aquí son el primer paso hacia el desarrollo de operarios alertas, una especie de “sensores humanos”.

La formación de operarios es costosa y toma tiempo. Deben aprender todos los aspectos de sus equipos, empezando por lo básico tal como funciones, construcción y principios de operación del equipo. Deben también formarse en procedimientos de inspección del equipo. Muchas empresas han demostrado que este es el único modo de establecer un sistema TPM apropiado para lograr excelentes resultados. El programa de formación descrito aquí refleja su experiencia. (Tablas XVI).

Tabla XVI. Esquemas para estimular el auto-desarrollo.

Elemento de formación	Coste por empleado	Unidad de curso	Elegibilidad
Cursos por correspondencia	La mitad de los honorarios del curso	Establecido por la institución de los cursos por correspondencia	Todos los empleados (los cursos empiezan en enero y julio aprox.)
Cursos de formación por video especial	Sin gasto	Disponible aproximadamente 250 videos	Todos (tema mensual seleccionado por el PET y anunciado al principio del mes). Cada video dura 40 min. aprox. y se proyecta después de las horas de trabajo
Vía internet	Sin gasto	mensual	Todos. (equipo de trabajo piloto)

Fuente: Elaboración Propia.

4.4 MEJORA DE LA EFECTIVIDAD DE MAQUINARIA Y SISTEMAS.

4.4.1 Acciones de tiempos muertos y paradas menores.

Descripción del problema.

Queremos eliminar el mal funcionamiento del motor cuando trabaja sin previo calentamiento, lo cual llega a ocasionar la rotura de la bomba hidráulica, por las condiciones climáticas de temperatura de hasta -288,15 K, produce la variación de la viscosidad del aceite hasta parecer brea.

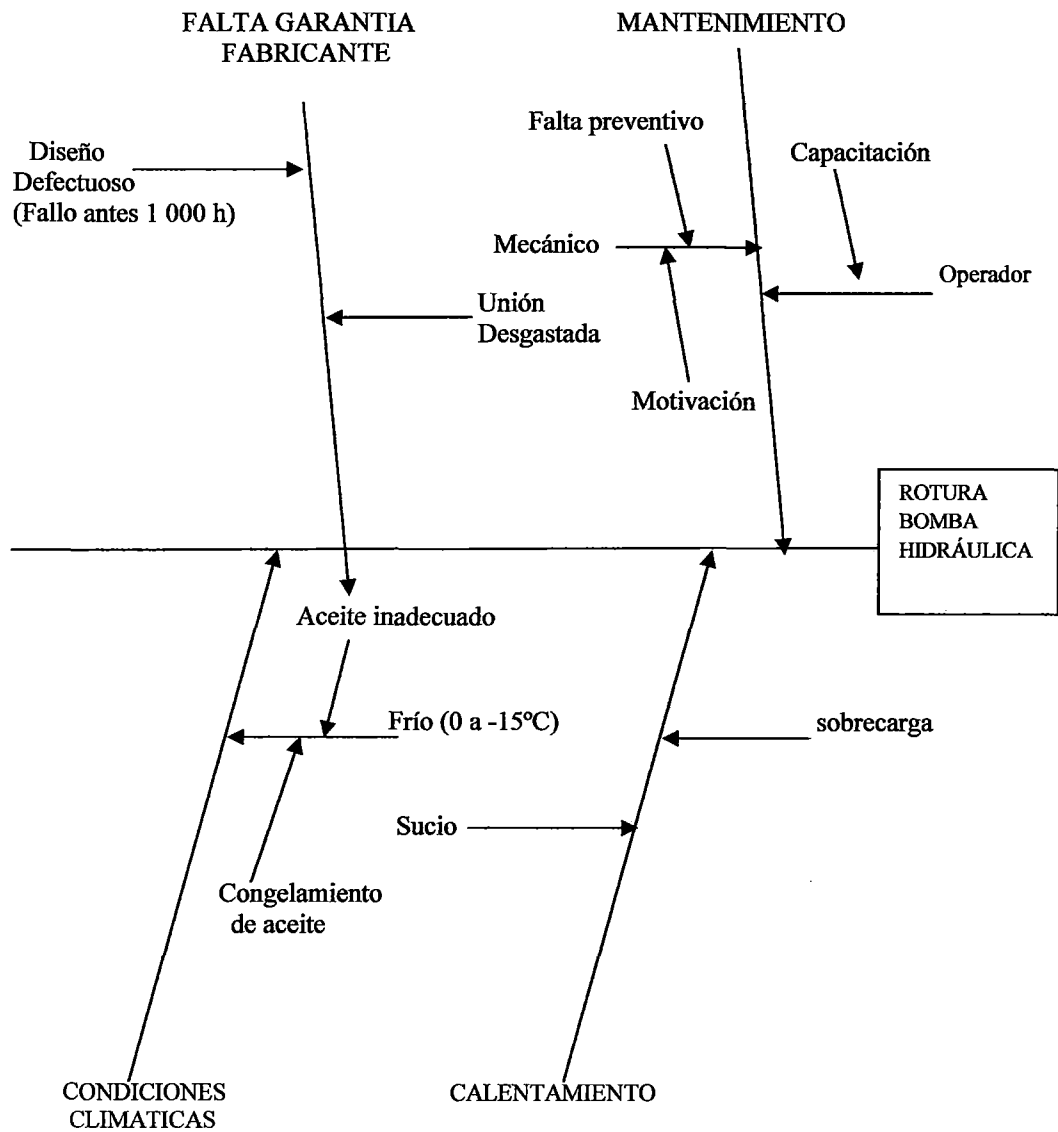
Plan de ataque al fallo.

Calentar el motor aproximadamente media hora antes de realizar el trabajo en el caso de maquinaria pesada y volquetes.

Tareas a realizar.

- Adquirir aceite adecuado de marca, que garantice el trabajo a la temperatura antes mencionada, aunque se producen problemas con logística porque la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado no permite indicar marcas.
- Estandarización de la maquinaria del PET.
- El supervisor vigilará que se cumpla con el 100% de las recomendaciones.
- Se utiliza la herramienta de la calidad: Diagrama causa-efecto.

UNIDAD	: TRACTORES DE ORUGAS
MARCA	: KOMATSU
MODELO	: D85A-21
POTENCIA NETA	: 225 HP
PESO DE OPERACIÓN	: 61950 lb
CODIGO	: 334-447



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Diagrama causa- efecto.

4.4.2 Acciones para reducción de pérdidas crónicas.

Descripción del problema.

El sistema de frenos muchas veces se afloja generando problemas en la operación normal, actualmente los operadores solo informan el hecho cuando el freno está demasiado flojo generando pequeños tiempos muertos en la producción y poniendo en riesgo la seguridad en las operaciones.

Tareas a realizar:

- Chequear las máquinas en horas muertas sin producción.
- Revisar las zapatas de ambos frenos laterales y estudiar su duración promedio en base a horas de trabajo.
- Revisar el nivel del líquido de frenos que lubrica, muchas veces hay menos del nivel adecuado y en otras veces demasiado, lo cual es peligroso ya que genera sobrepresiones en la caja del líquido, dañando las empaquetaduras y generando fugas.
- Contactar con proveedores para ver la posibilidad de mejorar el material de la zapata de freno por otro de mejor duración, actualmente es de asbesto.

4.5 Tabla XVII. Cronograma de Implementación del TPM.

FA SE	PASO	DETALLES	AÑO 2011													
			MESES													
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
Preparación	1. La alta dirección anuncia la introducción del TPM.	Cóferencia en la institución Proyecto Especial Tacna, artículos en periódicos.		X												
	2. Programas de educación y campañas para introducir TPM.	Directores: seminarios/reuniones según niveles.		X	X											
	3. Crear organizaciones para promover TPM.	Formar comités especiales en cada nivel para promover TPM; establecer oficina central y local apropiado para pequeños grupos.			X											
	4. Establecer políticas básicas TPM y metas.	Analizar las condiciones existentes; establecer metas, predecir resultados.				X										
	5. Formular plan para desarrollo TPM.	Preparar planes detallados implantación para los cinco pilares fundamentales.			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Implantación	6. Organizar un acto de iniciación TPM.	Invitar Presidente Regional, gerente general, gerentes de línea, administración. Clientes, afiliadas y compañías.				X										
Implementación TPM	7. Mejorar la efectividad de cada pieza del equipo.	Seleccionar equipo piloto, formar equipos de trabajo.				X	X									
	8. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo.	Promover los siete pasos; uso de las tarjetas de señalización, practica de las 5S, señalización de equipos y estandarización de procedimientos.				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	9. Desarrollar un programa de mantenimiento planificado.	Incluye mantenimiento periódico y predictivo; gestión de información, control de combustibles y repuestos mediante software, diagramas de flujo.					X	X	X	X						
	10. Dirigir entrenamiento para mejorar operación y capacidades de mantenimiento.	Entrenar a los líderes; los líderes comunican información con los miembros del grupo.								X	X					
	11. Desarrollar programa gestión equipos fases iniciales.	Diseño MP (prevención del mantenimiento); control encargos; análisis LCC.										X	X			

Fuente: modificado a partir del libro: "MANTENIMIENTO TOTAL DE LA PRODUCCIÓN" Francisco Rey Sacristan; (2001)

4.6 ORGANIZACIÓN DEL TPM.

4.6.1 Comité del equipo de gestión.

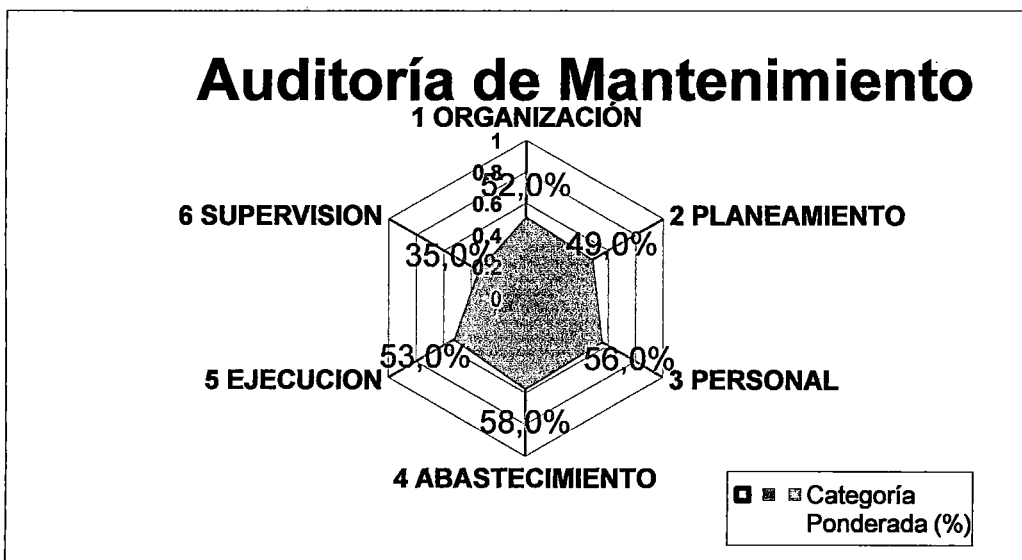
- Gerencia General Ing. Fermín Garnica Tello
- Oficina de Administración y Finanzas Mg. Nicolás Calderón Urriola
- Gerencia de Infraestructura Ing. Heracleo Flores Changano
- Gerencia de estudios y proyectos Ing. Echevarria
- Jefe Unidad de Equipo Mecánico Ing. Jorge Fajardo Castro

4.6.2 Equipo de trabajo (de maquinaria piloto).

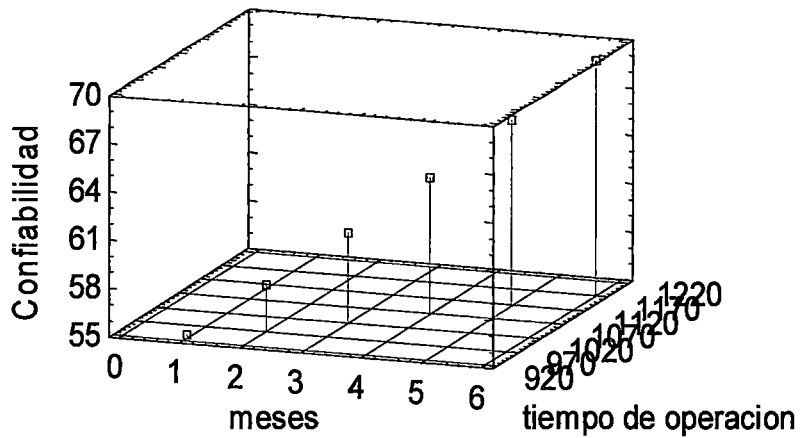
- Supervisor de mantenimiento
- Operador excavadora PC-200 Quispe Cardenas, Juan
- Operador cargador frontal WA-180 Aramburú Gamonal, Alfonso
- Operador cargador frontal WA-180 Velázquez Cruz, Alfredo
- Operador excavadora PW-100 Yana Quispe, Jose
- Operador tractor D85A Huanca Quecaño, Armingol
- Operador tractor D83E Maquera Mamani, Jacinto

5.2 Tabla XIX. Resultados de la recolección de datos del personal de la UEM.

Auditoría de Mantenimiento				
Equipo de trabajo	TPM	Organización:	PROYECTO ESPECIAL TACNA	
Aprobado:		Unidad de Operación:	UNIDAD EQUIPO MECANICO	
		Fecha:	25/04/2010	
Comparación de resultados de:			Resultados	
Nº	Componentes	Peso (/10)	Puntaje (%)	Categoría Ponderada (%)
1	ORGANIZACIÓN	10	52%	52,0%
2	PLANEAMIENTO	10	49%	49,0%
3	PERSONAL	10	56%	56,0%
4	ABASTECIMIENTO	10	58%	58,0%
5	EJECUCION	10	53%	53,0%
6	SUPERVISION	10	35%	35,0%
Total Auditoría		60		51%



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Software Statgraphis Plus version 5.1

Figura 23. Dispersión de la confiabilidad frente a meses y tiempo de operación.

5.3.1 Resumen Estadístico para Confiabilidad.

Frecuencia = 6

Media = 62,21

Varianza = 29,1837

Desviación típica = 5,40219

Mínimo = 55,24

Máximo = 69,66

Rango = 14,42

Asimetría tipi. = 0,126261

Curtosis típificada = -0,594709

Esta tabla muestra el resumen estadístico para Confiabilidad. Incluye las medidas de tendencia central, medidas de variabilidad, y medidas de forma. De particular interés están los coeficientes de asimetría y curtosis estandarizados que pueden utilizarse para determinar si la muestra procede de una distribución normal. Los valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican alejamiento significativo de normalidad que tendería a invalidar cualquier test estadístico con respecto a la desviación normal. En este caso, el valor del coeficiente de asimetría estandarizado está dentro del rango esperado para los datos de una distribución normal. El valor del coeficiente de curtosis estandarizado está dentro del rango esperado para los datos de una distribución normal.

5.3.2 Análisis de Regresión - Modelo Lineal $Y = a + b \cdot X$

Variable dependiente: Confiabilidad

Variable independiente: meses

	Error	Estadístico		
Parámetro	Estimación	estándar	T	P-Valor
Ordenada	52,11	0,202804	256,947	0,0000
Pendiente	2,88571	0,0520753	55,4143	0,0000

Análisis de la Varianza

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Modelo	145,729	1	145,729	3070,74	0,0000
Residuo	0,189829	4	0,0474571		

Total (Corr.)	145,918	5			
---------------	---------	---	--	--	--

Coefficiente de Correlación = 0,999349

R-cuadrado = 99,8699 porcentaje

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,8374 porcentaje

Error estándar de est. = 0,217847

Error absoluto medio = 0,16

Estadístico de Durbin-Watson = 1,09644 (P=0,0153)

Autocorrelación residual en Lag 1 = 0,148254

La salida muestra los resultados del ajuste al modelo lineal para describir la relación entre Confiabilidad y meses. La ecuación del modelo ajustado es:

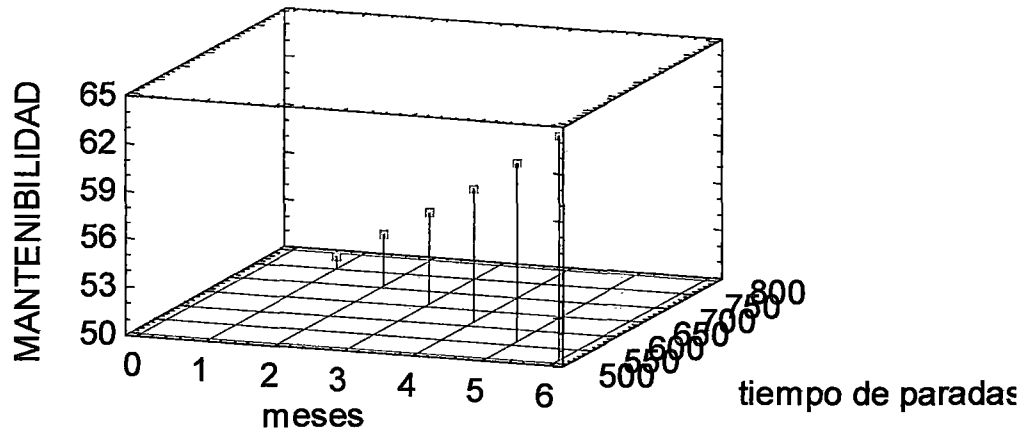
$$\text{Confiabilidad} = 52.11 + 2.88571 * \text{meses} \quad [14]$$

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es inferior a 0,01, existe relación estadísticamente significativa entre Confiabilidad y meses para un nivel de confianza del 99%.

El estadístico R-cuadrado indica que el modelo explica un 99,8699% de la variabilidad en Confiabilidad. El coeficiente de correlación es igual a 0,999349, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar de la estimación muestra la desviación típica de los residuos que es 0,217847.

Este valor puede usarse para construir límites de la predicción para las nuevas observaciones seleccionando la opción Predicciones del menú del texto.

El error absoluto medio (MAE) de 0,16 es el valor medio de los residuos. El estadístico Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se han introducido los datos en el fichero. Dado que el p-valor es inferior a 0,05, hay indicio de una posible correlación serial. Represente los residuos frente al orden de fila para ver si hay algún modelo que pueda verse.



Fuente: Software Statgraphis Plus version 5.1

Figura 24. Dispersión de la mantenibilidad frente a meses y tiempo de paradas.

5.3.3 Resumen Estadístico para Mantenibilidad.

Frecuencia = 6

Media = 57,17

Varianza = 24,7292

Desviación típica = 4,97284

Mínimo = 50,73

Máximo = 64,02

Rango = 13,29

Asimetría tipi. = 0,119001

Curtosis típificada = -0,589184

Esta tabla muestra el resumen estadístico para MANTENIBILIDAD. Incluye las medidas de tendencia central, medidas de variabilidad, y medidas de forma. De particular interés están los coeficientes de asimetría y curtosis estandarizados que pueden utilizarse para determinar si la muestra procede de una distribución normal. Los valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican alejamiento significativo de normalidad que tendería a invalidar cualquier test estadístico con respecto a la desviación normal. En este caso, el valor del coeficiente de asimetría estandarizado está dentro del rango esperado para los datos de una distribución normal. El valor del coeficiente de curtosis estandarizado está dentro del rango esperado para los datos de una distribución normal.

5.3.4 Análisis de Regresión - Modelo Lineal $Y = a + b \cdot X$

Variable dependiente: MANTENIBILIDAD

Variable independiente: meses

	Error Estadístico			
Parámetro	Estimación	estándar	T	P-Valor
Ordenada	47,872	0,175277	273,122	0,0000
Pendiente	2,65657	0,045007	59,0257	0,0000

Análisis de la Varianza

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Modelo	123,504	1	123,504	3484,03	0,0000
Residuo	0,141794	4	0,0354486		

Total (Corr.)	123,646	5			
---------------	---------	---	--	--	--

Coefficiente de Correlación = 0,999426

R-cuadrado = 99,8853 porcentaje

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,8567 porcentaje

Error estándar de est. = 0,188278

Error absoluto medio = 0,136667

Estadístico de Durbin-Watson = 1,06838 (P=0,0134)

Autocorrelación residual en Lag 1 = 0,16934

La salida muestra los resultados del ajuste al modelo lineal para describir la relación entre MANTENIBILIDAD y meses. La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{MANTENIBILIDAD} = 47.872 + 2.65657 * \text{meses} \quad [15]$$

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es inferior a 0,01, existe relación estadísticamente significativa entre MANTENIBILIDAD y meses para un nivel de confianza del 99%.

El estadístico R-cuadrado indica que el modelo explica un 99,8853% de la variabilidad en MANTENIBILIDAD. El coeficiente de correlación es igual a 0,999426, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar de la estimación muestra la desviación típica de los residuos que es

0,188278. Este valor puede usarse para construir límites de la predicción para las nuevas observaciones seleccionando la opción Predicciones del menú del texto.

El error absoluto medio (MAE) de 0,136667 es el valor medio de los residuos. El estadístico Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se han introducido los datos en el fichero. Dado que el p-valor es inferior a 0,05, hay indicio de una posible correlación serial. Represente los residuos frente al orden de fila para ver si hay algún modelo que pueda verse.

5.3.5 Periodo para incrementar la eficiencia global de la maquinaria.

Desarrollando la ecuación [14] y [15] para encontrar en cuanto tiempo se logra la meta de incrementar la Eficiencia Global en +35% del promedio.

$$\text{CONFIABILIDAD} = 52,11 + 2,88571 * \text{meses} \quad [14]$$

Reemplazando Confiabilidad = 86,75 de acuerdo con meta, indicado en tabla XVII

$$86,75 = 52,11 + 2,88571 * \text{meses}$$

$$\frac{86,75 - 52,11}{2,88571} = \text{meses}$$

$$12,00 = \text{meses.}$$

$$\text{MANTENIBILIDAD} = 47,872 + 2,65657 * \text{meses} \quad [15]$$

Reemplazando Mantenibilidad = 79,73 de acuerdo con meta, indicado en tabla XVII.

$$79,73 = 47,872 + 2,65657 * \text{meses}$$

$$\frac{79,73 - 47,872}{2,65657} = \text{meses}$$

$$11,99 = \text{meses. Aproximadamente 12 meses.}$$

6.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.

Del diagnóstico obtenido mediante la técnica de radar de mantenimiento y del trabajo de campo efectuado en la misma Unidad de Equipo Mecánico con la intención de contrastar ambos se ha llegado a los siguientes resultados.

6.1.1 Categoría organización.

- No hay una estructura orgánica sistematizada en el área de mantenimiento.
- No existen políticas, objetivos o metas preestablecidas para la gestión de mantenimiento.
- No hay procedimientos escritos para la ejecución de los trabajos.
- Los presupuestos no se ajustan a las reales necesidades de mantenimiento porque no se realizan oportunamente estudios sobre ellos.
- No se ha previsto ningún tipo de capacitación en el área de mantenimiento.
- No se ha designado ninguna persona que tenga la función específica de supervisor.

6.1.2 Categoría planeamiento.

- Prácticamente no hay mantenimiento planificado, se espera la avería para proceder a su reparación.

- Generalmente las solicitudes de mantenimiento son verbales y a veces simultáneas, quedando a criterio de los técnicos, a quien atienden primero.
- No hay formatos aprobados de órdenes de trabajo, historial de cada máquina.
- Se carece de estándares de trabajo, los técnicos aplican su experiencia personal para estimar las horas de reparación.
- Los repuestos se solicitan luego de revisar una avería.
- No hay evaluación anticipada de las necesidades de repuestos y herramientas.
- No se fijan reuniones periódicas de coordinación para analizar prioridades y problemas de recursos.

6.1.3 Categoría personal.

- Los mecánicos tienen varios años de experiencia en el aspecto operativo, pero no tienen experiencia en gestión.
- El personal de mantenimiento no recibe capacitación.
- El personal técnico no se somete a ningún tipo de evaluación.
- No hay política de motivación para el personal de mantenimiento.

6.1.4 Categoría abastecimiento.

- Hay demora en las solicitudes de compra.
- El almacén se ha convertido en depósito, sin ningún tipo de orden.
- Solo hay garantía de la calidad de los repuestos cuando son originales.
- Los repuestos son adquiridos luego que se produce una avería.
- No hay estudios de niveles mínimos de repuestos en stock.

6.1.5 Categoría ejecución.

- El personal de mantenimiento sólo ejecuta reparaciones de averías y no obedece a un trabajo planificado.
- Es mínima la aplicación de mantenimiento preventivo.
- No existe información sistematizada de documentos técnicos, historial de equipos y/o trabajos de mantenimiento.
- El personal de mantenimiento no cuenta con repuestos en stock, tiene que solicitarlos cuando es necesario para reparar una avería.
- No hay un estudio acerca de las fallas repetitivas.

6.1.6 Categoría supervisión.

- No hay una persona específica para la función de supervisión.
- No se ha establecido las funciones de control y responsabilidades para trabajos de supervisión.
- No hay participación de supervisores en la elaboración de planes y programas de mantenimiento.
- No hay supervisión de los gastos que se realizan en el área de mantenimiento.

7.1 ANÁLISIS DE COSTOS.

7.1.1 Análisis de retorno de la inversión.

La inversión de la implementación TPM en la UEM del PET proyectado, se recupera con la reducción de costo del alquiler de maquinaria a terceros y consumo de combustible, porque mejora la eficiencia global incrementando la disponibilidad de la maquinaria piloto.

El tiempo de retorno de la inversión dado un costo total de la implementación completa de S/. 1 213 000,00 del que se calcula dividiendo entre

la reducción de costo del alquiler de maquinaria y combustible para las H-M necesarias.

$$\text{tiempo de retorno} = \frac{\text{costo total implementacion}}{\text{reduccion de costo del } \frac{\text{alquiler}}{\text{año}}} = \frac{1\ 213\ 000}{576\ 616,34} = 2,5 \text{ años} \quad [16]$$

7.1.2 Costo de la implementación TPM en la UEM del PET.

Tabla XXI. Inversión en la implementación TPM en la Unidad de Equipo Mecánico del PET.

COSTOS DE ADQUISICIÓN DE CAMIÓN LUBRICADOR.						
ART.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS	TIPO	PRECIO	MONEDA
1	Camión marca IVECO modelo EUROCARGO 170E22 tector	1			80,000	USD
	Lubricador montado sobre vehículo chasis marca IVECO modelo EUROCARGO 170E22 tector	1			80,000	USD
COSTOS DE LA FABRICACIÓN DEL TECHO DE ESTRUCTURA METÁLICA PARA LA INSTALACIÓN DE LA UEM.						
ART.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS	TIPO	PRECIO	MONEDA
2					400,000	en soles
CONSTRUCCIÓN DE AMBIENTE PARA REUNIONES DE TPM						
ART.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS	TIPO	PRECIO	MONEDA
3					279,240	en soles

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXII. Costo del requerimiento de personal.

COSTOS DEL REQUERIMIENTO DE PERSONAL PARA LA UEM S/.																
ART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	MESES												PARCIAL	TOTAL
			ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SET.	OCT.	NOV.	DIC.		
4	REMUNERACIÓN BÁSICA															
	PROFESIONAL C	1	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	38,400	
	Supervisor de mantenimiento															
Leyes sociales de la		1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280	15,360		
planilla de personal 43%																
																53,760

Fuente: expediente técnico de la construcción bocatoma sector Bajo caplina.

Tabla XXIII. Recuperación del costo en la reducción de alquiler de maquinaria.

Recuperación del costo en la reducción de alquiler de maquinaria.																
DESCRIPCION			H-M PARADAS POR AVERIAS, FALLOS													
MODELO	MARCA	COMBUSTIBLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TARIFA (en soles)	COSTO PARCIAL
tractor D85A-211B	KOMATSU	petroleo	transferencia	173	113	151	205	70	128	35	105	240	240	174	306	500,004
tractor D83E-1	KOMATSU	petroleo	transferencia	115	79	69	95	90	180	40	90	240	240	158	251	350,284
retroexcavadora PW100-3A	KOMATSU	petroleo	transferencia	45	81	73	83	105	119	0	90	57	123	159	162	151,349
retroexcavadora PC-200	KOMATSU	petroleo	transferencia	70	41	166	63	66	95	45	90	64	88	96	233	205,972
cargador WA180-1 12946	KOMATSU	petroleo	transferencia	116	80	72	55	82	55	50	50	0	0	0	184	103,040
cargador WA180-1 12947	KOMATSU	petroleo	transferencia	185	59	122	80	87	139	30	30	0	96	133	184	176,890
camión plataforma N-12	VOLVO	petroleo	transferencia	34	160	74	79	66	122	40	130	63	95	118	163	159,936
tiempo paradas total mensual de la maquinaria piloto				738	613	727	660	565	839	240	585	664	881	839		
															costo de alquiler de maquinaria anual	1,647,475
															reduccion al 35% del costo total anual de acuerdo con meta	578,616

Fuente: Elaboración propia.

7.1.3 Evaluación del valor actual neto.

Este método consiste en actualizar todos los beneficios anuales esperados, sumarlos y compararlos con el monto de la inversión presente.

Este método es importante para relacionar entre proyectos excluyentes y para priorizar entre proyectos alternativos.

$$VAN = -I + \left[\frac{B1}{(1+i)^1} + \frac{B2}{(1+i)^2} + \frac{B3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{Bn}{(1+i)^n} \right] \quad [17]$$

Donde: I = inversión inicial.

B1 = flujos adicionales que dicha inversión reportara.

$$VAN_a = -0 + \left[-\frac{1\ 647\ 475,25}{(1+0,1)^1} - \frac{1\ 647\ 475,25}{(1+0,1)^2} - \frac{1\ 647\ 475,25}{(1+0,1)^3} \right]$$

$VAN_a = -4\ 097\ 027,11$ en soles.

Para la implementación proyectada (VAN_p).

$$VAN_p = -1\ 213\ 000 + \left[\frac{576\ 616,34}{(1+0,1)^1} + \frac{576\ 616,34}{(1+0,1)^2} + \frac{576\ 616,34}{(1+0,1)^3} \right]$$

$VAN_p = +220\ 959,49$ en soles.

7.1.4 Evaluación tasa interna de retorno.

La TIR de un proyecto mide la rentabilidad promedio anual que genera el capital que permanece invertido en el. Se define como la tasa de interés que hace cero el VAN de un proyecto, es decir:

$$\text{TIR} = -I + \left[\frac{B1}{(1+i)^1} + \frac{B2}{(1+i)^2} + \frac{B3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{Bn}{(1+i)^n} \right] = 0 \quad [18]$$

$$\text{TIR} = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+\rho)^t} = 0 \quad [19]$$

Donde ρ constituye la TIR del proyecto. La regla de decisión asociada con este indicador recomienda hacer el proyecto si la TIR es mayor que el COK, es decir, si el rendimiento que se obtiene con dicho proyecto es mayor a la rentabilidad de la mejor alternativa especulativa de igual riesgo.

Cabe mencionar que esta tasa de rentabilidad no toma en cuenta el dinero que se retira del negocio cada periodo por concepto de utilidad, sino solamente el que se mantiene invertido en la actividad.

$$\text{VAN}_{r\%} = \text{VAE} \left[\frac{1-(1+r)^{-n}}{r} \right] \quad [20]$$

$$\text{TIR}_{r\%} = \text{VAE} \left[\frac{1-(1+r)^{-n}}{r} \right] = 0 \quad [21]$$

Para la implementación proyectada TIR_p

$$TIR_p = -1\,213\,000 + 576\,616,34 \left[\frac{1-(1+r)^{-3}}{r} \right] = 0$$

$$TIR_p = 20,08\%$$

Nota: Siendo el TIR_p del 20,08%, superior a la tasa de interés comparado a los bancos, es conveniente realizar la inversión.

CONCLUSIONES.

- Con la implementación e implantación de la estrategia TPM se logra la meta de elevar la eficiencia global de maquinaria en 35% de una forma garantizada.
- Los jefes de unidad y supervisores deben tener también como función la motivación al personal de trabajo.
- La Unidad de Equipo Mecánico es un área de apoyo o primaria? Es área que presta un servicio muy importante, apoya a la productiva, pero la relación con esta área es tan fuerte, que se fusiona; por lo tanto, se puede considerar como un área primaria que requiere recursos para cumplir la función de funcionamiento y reparación efectiva de la maquinaria pesada, vehículos livianos y equipos.
- La implementación del TPM en la UEM del PET es una alternativa factible y de costo moderado en comparación con el costo total de alquiler de maquinaria.
- En cada una de las categorías auditadas se ha encontrado una serie de deficiencias que han sido señaladas por los resultados de los Diagramas Araña.

RECOMENDACIONES.

1. Aplicar la estrategia de mantenimiento TPM, para mejorar la eficiencia global de maquinaria, del personal de mantenimiento y de gestión.
2. Recomendaciones de mejoras en las siguientes categorías:

Organización.

- Definir políticas, misión, objetivos y metas de la Unidad de Equipo Mecánico.
- Designar responsables para capacitación y entrenamiento.
- Asegurar presupuesto necesario para cada actividad de mantenimiento.

Planeamiento:

- Elaborar planes estratégicos, operativos.
- Definir procedimientos, prioridades y tiempos para la atención de las solicitudes.
- Elaborar órdenes de trabajo y otros formatos adecuados para los trabajos de mantenimiento.
- Desarrollar estándares para los tiempos de reparación.

- Determinar stock mínimo de repuestos según el caso.
- Crear canales de comunicación para una efectiva coordinación con las otras áreas.

Personal:

- Distribuir el personal, de acuerdo a la carga de trabajo.
- Crear cultura de trabajo organizacional, compartiendo entre todos los compromisos de alcanzar los objetivos.
- Formar equipos de trabajo con personal responsable y comprometido.

Abastecimiento:

- Formalizar y sistematizar procedimientos de peticiones y otorgamiento de pedidos.
- Aplicar 5S al almacén de repuestos.
- Agilizar procedimientos de adquisiciones siguiendo el reglamento.
- Incluir al jefe de mantenimiento en el proceso de adquisiciones.

Ejecución.

- Planificar y programar los trabajos de mantenimiento en función de prioridades.
- Coordinar actividades con las gerencias de línea.

- Crear software de mantenimiento.
- Asegurar oportunamente repuestos, aplicar PARETO
- Implementar base de datos sobre costos, presupuestos, etc.

Supervisión:

- Designar al personal idóneo para la supervisión.
- Concientizar e informar a cada trabajador sobre sus funciones y responsabilidades.
- Establecer y supervisar el cumplimiento de planes y programas.
- Seleccionar y capacitar al supervisor continuamente para que cumpla a cabalidad las metas.
- Elaborar registro de costos para las distintas actividades de mantenimiento.
- Establecer canales efectivos de comunicación.

3. Facilitar y mejorar la comunicación.

- Si el personal de apoyo, no brinda información completa sobre sus requerimientos, es posible que no se alcance resultado óptimo, por ello se recomienda ser directo y claro con el personal.
- Hacer una simple prueba, solicitar al trabajador que en una hoja coloque 10 puntos, por los que se considere responsable, y por otro

lado, en otra hoja escribir los 10 puntos por las que considera responsable al trabajador. En teoría ambas hojas deben reflejar funciones similares, pero cuando las compare, encontrará grandes sorpresas. ¿Por qué es esto? Se debe a que existe un problema de comunicación que no se detecta, de los mensajes que permanentemente se les dá y que captan como indicaciones para el cumplimiento de sus funciones; de nada sirve que se haga grandes manuales de funciones, si no se soluciona antes este problema enfocando realmente lo que se quiere y cómo se les debe transmitir.

4. Delegar responsabilidades y apoyar.

- Cuando no se cuenta aparentemente, con el tiempo necesario, se recomienda realizar un cuadro de tres columnas, donde se anote las responsabilidades que se le presentan en el día, cuáles son atendidas o que pueden ser delegadas, cumpliéndolas resultará que un gran porcentaje de las responsabilidades se pueden delegar, existiendo tiempo para llegar a la visión de su empresa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arlette Beltran Hanny Cueva; (abril 1997); EJERCICIOS DE EVALUACION PRIVADA DE PROYECTOS; Editorial Universidad del Pacifico; Lima 11 Perú.
2. Daniel Goleman; (2000); LA INTELIGENCIA EMOCIONAL; Ediciones B Argentina S.A.; Paseo Colon 221-6° - Buenos Aires- Argentina.
3. Dr. Ing. Estrella M. de la Paz Martínez; (2009); TALLER DE TESIS; Maestría en Gerencia de Mantenimiento; Lima; Email: estrella@uclv.edu.cu
4. Dr. Adm. Giovanni Pelaez R.; (2007); Diplomado de Alta Dirección; Modulo III de Comunicación Empresarial; Universidad San Agustín de Arequipa; Email: revista@auracomunicaciones.com; pag. 14.
5. Dra. Agueda Muñoz del Carpio Toia; (2009); INVESTIGACION CIENTIFICA EN SALUD; Universidad Católica Santa María, Centro de Investigacion e innovación tecnológica CICA; Edicion I; Arequipa – Peru.
6. FAG Automotive Bearings; (1999); arranged according to manufacturers and applications Cars- Trucks- Buses; Kugelfischer Georg Schäfer KGaA; Postfach 1260 D-8720 Schweinfurt 1 Telephone (09721) 91-0 FAX (09721)913435
7. Francisco Rey Sacristan; (2001); “MANTENIMIENTO TOTAL DE LA PRODUCCIÓN”; Editorial Fundación Confemetal; Madrid-España.
8. Hugo Ordoñez Salazar; (2007); “FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS DE INVERSION”; publicado por el centro de estudios y promoción del desarrollo regional; Tacna-Peru
9. Ing. Jesús Ramos Salazar; (1995); EL EQUIPO Y SUS COSTOS DE OPERACIÓN; Editorial CAPECO; segunda edición del tomo 27 de la colección del constructor, Lima.

10. Jorge La Madrid Santibañez; (2008); ESPECIALIZACION EN MANTENIMIENTO “ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO”; Pontificia Universidad Católica del Perú.
11. Jose Dajes Castro- INDECOPI; (1999); “SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES DE MEDIDA”; Fondo Editorial del Congreso del Perú; Lima.
12. Lourival Tavares; (2001); publicado por Novo Polo Publicações e assessoria Ltda.; Rio de Janeiro-Brasil.
13. Lourival Tavares, Marco A. Calixto Gonzaga, Paulo R. dos Santos P., Joao Esmeraldo da Silva; (2007); GESTION ESTRATEGICA EN ACTIVOS DE MANTENIMIENTO; Ediciones técnicas Marco Antonio Alcantara;Venezuela.
14. Luis Cuatrecasas; (2000); TPM HACIA LA COMPETITIVIDAD A TRAVES DE LA EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS DE PRODUCCION; Ediciones Gestión 2000; Barcelona.
15. Milton Sagastegui Ponsignon; (2009); ESPECIALIZACION EN MANTENIMIENTO “PLANEAMIENTO, PROGRAMACION, SUPERVISION Y COORDINACION DEL MANTENIMIENTO”; Pontificia Universidad Católica del Perú.
16. Murray R. Spiegel, John J. Schiller, R. Alu Srinivasan; (2007); PROBABILIDA Y ESTADISTICA; Mc Graw - Hill, Segunda Edición; México D. F.
17. Peter Senge, Art Kleiner, Charlotte Roberts, Richard Ross, George Roth, Bryan Smith; (2000); Una herramienta para La Quinta Disciplina, LA DANZA DEL CAMBIO; Editorial Norma S.A.; bogota-Colombia.
18. Peter Senge; (1998); LA QUINTA DISCIPLINA; Ediciones Juan Granica S.A.; Barcelona-España.; Email: granica.editor@bcn.servicom.es
19. Roberto Hernandez Sampieri, Carlos Fernandez , Pilar Baptista Lucio; (2010); METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION; Editorial Mc GRAW Hill; Quinta Edición; México D.F.

20. Seiichi Nakajima; (1991); INTRODUCCION AL TPM; Tecnologías de Gerencia y Producción S.A.; Madrid.
21. TEXTO UNICO ORDENADO DE LA LEY DE CONTRATACIONES Y ADQUISICIONES DEL ESTADO; (2006); CONSUCODE; segunda edición; Lima.

VIA INTERNET.

22. Angela Maria Araujo, Maria Paula Gandur R.; STATGRAPHICS;

“Disponible en:”

www.fce.unal.edu.co/uifce/newuitee/conf/documentos/STATGRAPHICS/pdf.

“Consultado el:” 30/10/10

PLANOS

ANEXOS

ANEXO 1. Estándar del mantenimiento preventivo y correctivo.

COD	ACTIVIDAD	SERVICIO	tiempo (min)												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">UNIDAD</td> <td>: TRACTORES DE ORUGAS</td> </tr> <tr> <td>MARCA</td> <td>: KOMATSU</td> </tr> <tr> <td>MÓDELO</td> <td>: D85A-21</td> </tr> <tr> <td>POTENCIA NETA</td> <td>: 225 HP</td> </tr> <tr> <td>PESO DE OPERACIÓN</td> <td>: 61950 lb</td> </tr> <tr> <td>CODIGO</td> <td>: 334-447</td> </tr> </table>				UNIDAD	: TRACTORES DE ORUGAS	MARCA	: KOMATSU	MÓDELO	: D85A-21	POTENCIA NETA	: 225 HP	PESO DE OPERACIÓN	: 61950 lb	CODIGO	: 334-447
UNIDAD	: TRACTORES DE ORUGAS														
MARCA	: KOMATSU														
MÓDELO	: D85A-21														
POTENCIA NETA	: 225 HP														
PESO DE OPERACIÓN	: 61950 lb														
CODIGO	: 334-447														
VERIFICACION ANTES DE ARRANCAR															
A	Inspeccion visual		15												
B	Refrigerante	Controle y agregue	10												
C	Carter de aceite del motor	Controle y agregue	15												
D	combustible	Controle y agregue	5												
E	Caja de la direccion (incl. Cajas de transm. y conver.)	Controle y agregue	15												
F	Tanque de combustible	Drene agua y sedimento	10												
G	Indicador de polvo	Examine	5												
H	Pedal del freno	Mida el recorrido	5												
I	Cableado electrico	Examine	15												
J	Separador de agua	Verifique la posicion del flotador	5												
SERVICIO INICIAL DE 250 HORAS															
A	Filtro de combustible	Cambie el cartucho	15												
B	Caja de la direccion (incl. Cajas de transm. y conver.)	Cambie el aceite y limpie el colador	30												
C	Tanque hidraulico y filtro	Cambie el aceite y el elemento	30												
D	Caja de impulsión final	Cambie el aceite	30												
E	Huelgo de las valvulas de motor	Verifique y ajuste	15												
SERVICIO CADA 250 HORAS															
A	Lubricacion														
-1	Polea del ventilador	Lubrique 1 punto	5												
-2	Tomillo del brazo	Lubrique 1 punto topadora inclinable	5												
		Lubrique 2 punto topadora angular	10												
-3	Eje de soporte del cilindro	Lubrique 2 punto	10												
-4	Horsquilla de soporte del cilindro	Lubrique 4 punto	20												
-5	Junta esferica del cilindro de inclinacion	Lubrique 1 punto topadora inclinable	5												
-6	Junta esferica del tensor	Lubrique 1 punto topadora inclinable	5												
-7	Junta esferica del brazo	Lubrique 3 punto topadora inclinable	15												
-8	Junta esferica del brazo obl.	Lubrique 2 punto topadora inclinable	10												
B	Carter de aceite del motor y filtro	Cambie el aceite y el cartucho	30												
C	Filtro del aceite de la transmision y de la direccion	Cambie el elemento	15												
D	Caja de impulsión final	Controle y agregue	15												
E	Tanque hidraulico y filtro	Controle y agregue	15												
F	Filtro de combustible	Drene el agua y sedimento	5												
G	Correa de impulsión del alternador	Controle la tension	5												
H	Electrolito de la bateria	Controle y agregue	15												
I	Colador de la parte inferior del tanque de combustible	Controle	5												
SERVICIO CADA 500 HORAS															
A	Filtro de combustible	Cambie el cartucho	15												
B	Respiradero	Limpie	5												
C	Correa del ventilador	Controle	10												
SERVICIO CADA 1000 HORAS															
A	Lubricacion														
-1	Junta Universal	Lubrique 8 punto	40												
-2	Brazo diagonal	Lubrique 2 punto	10												
-3	Varilla de ajuste de la rueda guia	Lubrique 2 punto	10												
-4	Mensula de la polea de tension	Lubrique 1 punto	5												
-5	Polea de tension	Lubrique 1 punto	5												
B	Caja de la direccion (incl. Cajas de transm. y conver.)	Cambie el aceite y limpie el colador	30												
C	Caja de impulsión final	Cambie el aceite	30												
D	Tanque hidraulico y filtro	Cambie el aceite y el elemento	30												
E	Componente de la parte inferior de la carroceria	verifique la condicion de lubricacion	15												
F	Junta de abr. Del turboal.	Controle y ajuste	15												
G	Rotor del turboalimentador	Mida el juego	15												
H	Alatas del radiador	Controle y limpie	15												
I	Resistencia de corrosion	Cambie el cartucho	15												
SERVICIO CADA 2000 HORAS (El mantenimiento para cada 50, 100, 250, 500 y 1000 horas debe llevarse a cabo el mismo tiempo)															
A	Lubricacion														
-1	Eje de la barra de oscilaz.	Lubrique 1 punto	5												
-2	Eje de la palanca del pedal del freno	Lubrique 7 punto	35												
B	Respiradero del motor	Limpie el elemento	15												
C	Turboalimentador	Limpie y verifique la condicion de rotacion	15												
D	Alternador y motor de arranque	Controle	15												
E	Huelgo de las valvulas de motor	Controle y ajuste	15												
F	Amortiguador de vibracion del motor	Controle	15												
SERVICIO CADA 4000 HORAS															
A	Bomba de agua	Controle	15												
B	polea del ventilador y polea de tension	Controle	15												
SERVICIO CUANDO SEA NECESARIO															
A	Sistema de refrigeracion	Limpie	10												
B	Elemento del filtro de aire	Examine, limpie o cambie	15												
C	Oruga	Verifique la tension	15												
D	Perno de la zapata de la oruga	Examine y ajuste	15												
E	Calentador electrico del aire de admision	Examine	5												
F	Separador de agua	Drene el agua	5												

Fuente: Manual de operaciones Komatsu.

ANEXO 2. Estándar del mantenimiento preventivo y correctivo.

b

UNIDAD		CARGADORES FRONTALES NEUMÁTICOS	
MÁRCA		KOMATSU	
MODELO		WA-180	
POTENCIA NETA		110 HP	
CAPACIDAD DE CUCHARÓN		2,22 yd ³	
CÓDIGO		334-665	
COD	ACTIVIDAD	SERVICIO	TIEMPO (min)
VERIFICACION ANTES DE ARRANCAR			
A	Inspeccion visual	Inspeccion	
B	Enfriador	Inspeccion y suministro	10
C	Carter del motor	Inspeccion y suministro	15
D	Tanque de combustible	Inspeccion y suministro	5
E	Indicador de polvo	Inspeccion y suministro	5
F	Tanque de aceite de freno	Inspeccion de funcion	10
G	Freno de estacionamiento	Inspeccion de funcion	15
H	Freno de pie	Inspeccion de funcion	5
I	Bocina	Inspeccion de funcion	1
J	Lamparas	Inspeccion	2
K	Especjo retrovisor	Inspeccion	25
L	Gas de escape y color	Inspeccion de funcion	10
M	Instrumento	Inspeccion de juego	5
N	Timon	Inspeccion de funcion	5
O	Zumbador de retroceso	Inspeccion	15
P	Alambrado electrico	Inspeccion	5
Q	Separador de agua	Inspeccion	5
SERVICIO CADA 50 HORAS			
A	Tanque de combustible	Drenar agua y sedimento	15
B	Llantas	Inspeccion de presion de aire y daños	5
SERVICIO CADA 100 HORAS			
A	Lubricacion		
-1	Pasador de cucharon	Lubrique 2 punto	10
-2	Pasador, eslabon de cucharon	Lubrique 2 punto	10
-3	Pasador de pivote, eje trasero	Lubrique 2 punto	10
B	Tanque hidraulico y filtro	Inspeccion y suministro	15
SERVICIO CADA 250 HORAS			
*	Filtro de combustible	Reemplazar cartucho	15
*	Filtro de aceite de transmision	Reemplazar el elemento	15
*	Espacio libre, valvula de motor	Cambio de aceite reemplazo de filtro	15
A	Lubricacion		
-1	Pasador, palanca de inclinacion	Lubricar 1 punto	5
-2	Pasador, palanca de volteo	Lubricar 2 punto	10
-3	Pasador, cilindro de elevacion	Lubricar 4 punto	20
-4	Pasador de pivote, brazo de elevacion	Lubricar 2 punto	10
-5	Pasador, cilindro direccional	Lubricar 4 punto	10
B	Tuercas, cubo de rueda	Inspeccion reapretar	10
C	Correa del ventilador	Inspeccion de tension	10
D	Electrolito de bateria	Inspeccion de nivel de liquido	10
E	Carter del motor y filtro	Cambio de aceite, reemplazo de filtro	15
SERVICIO CADA 500 HORAS			
A	Lubricacion		
-1	Estria del eje im' pulsor central	Lubricar 1 punto	5
-2	Pasador de bisagra central	Lubricar 2 punto	10
B	Filtro de combustible	Reemplazar cartucho	15
C	Filtro, aceite transmision	Reemplazar el elemento	15
SERVICIO CADA 1000 HORAS			
A	Lubricacion		
-1	Eje impulsor delantero	Lubricar 2 punto	10
-2	Apoyo central, eje impulsor	Lubricar 1 punto	5
-3	Eje impulsor central	Lubricar 2 punto	10
-4	Eje impulsor trasero	Lubricar 2 punto	10
-5	Valvula del motor electrico de parada del motor	Lubricar 1 punto	5
B	Tanque hidraulico y filtro	Reemplazar el elemento	15
C	Respirador, caja de transmision	Limpiar	15
D	Caja de transmision y cotador	Cambio de aceite y limpiar el cotador	15
E	Resistor de corrosion	Reemplazar cartucho	15
F	Sujetadores, turbocompador	Inspeccion reapretar	15
G	Rotor, turbocompador	Inspeccion de juego	15
SERVICIO CADA 2000 HORAS (El mantenimiento para cada 50, 100, 250, 500 y 1000 horas debe llevarse a cabo al mismo tiempo)			
A	Acilte del eje	Cambio de aceite	30
B	Respirador, tanque hidraulico	Reemplazar el elemento	15
C	Alternador y motor de arranque	Inspeccion	15
D	Espacio libre, valvula de motor	Inspeccion	15
E	Disco del freno	Inspeccion	15
F	Amortiguador de vibracion	Inspeccion	5
G	Turboalimentador	Inspeccion, condicion de giro	15
SERVICIO CADA 4000 HORAS			
A	bomba de agua	Inspeccion	10
SERVICIO CUANDO SEA NECESARIO			
A	Sistema de enfriamiento	Limpiar	10
B	Depurador de aire	Inspeccion, limpieza o reemplazo cuando sea necesario	15
C	Calentador electrico, aire de admision	Inspeccion una vez al año	15
D	Transmision	Inspeccion y suministro	15
E	Aletas de radiador	Limpiar	10
F	Tanque lavador de parabrisas	Inspeccion y limpiar	5
G	Acilte del eje	Inspeccion y suministro	30
H	Respiradero, caja de eje	Limpiar	5
I	Lubricante		
-1	Varillaje de valvula de control del equipo de trabajo	Lubricar 5 punto	25
-2	Varillaje del pedal de aceleracion	Lubricar 1 punto	5
-3	Varillaje de control de transmision	Lubricar 6 punto	30
-4	Varillaje de control de freno	Lubricar 3 punto	15
J	Boeyrde cortante	Invertir y reemplazar	60
K	Dientes del cucharon	Reemplazar	60
L	Separador de agua	Drenar el agua	15

NOTA: Los ítem indicados con * se efectúan después de las 250 horas solo para máquinas nuevas

Fuente: Manual de operaciones Komatsu.

ANEXO 3. Modelo de calendario de actividades de mantenimiento.

		CALENDARIO PROGRAMADO DE MANTENIMIENTO - NOVIEMBRE 2007				
UNIDAD DE EQUIPO MECANICO Responsable : JUAN VIZCARRA CHAMBI		Horometro ← 17605 03 → Fecha Modelo Equipo ← TRACTOR ORUGA D85A-21 → Tipo de Equipo ← →				
LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADOS	DOMINGO
			01	02	03	04
05	06	07	 	09	10	17488 11 cambio de 4 pemos de rueda sproket ambos lados
12	17504 13 cambio de filtro y aceite motor, tambien filtro petroleo	 	16	 	17	
17548 19 limpieza de cañorias de combustible	20	21	22	23	24	25
26	17599 27 revisión del sistema hidraulico, limpio filtro hidraulico, cambio de filtro tanque hiraulico	17605 28 revisión de botellas hidraulicas, falla en la bomba hidraulica	29	30		

Fuente: Elaboracion propia.

ANEXO 5. Modelo de hoja de servicio.

PROYECTO ESPECIAL YAGNA
UNIDAD DE EQUIPO MECANICO

No. :

HOJA DE SERVICIO - TALLER			
EQUIPO PESADO :		PLACA :	FECHA :
MARCA :	OPERADOR :	HOROMETRO :	
MOTOR :	SERIE :	CODIGO PATRIMONIAL :	
DETALLE	SERVICIO		DETALLE
	Reparación	Mantenimiento	
Motor :			SISTEMA HIDRAULICO
Cabeza de cilindros (culata)			Tanque Hidráulico
Manobrick			Motor Hidráulico
Carter			Bomba Hidráulica
SISTEMA DE LUBRICACIÓN			Cañerías de alta presión
Filtro de aceite			Brazos y botellas hidráulicas
Conducto de lubricación			Enfriador de aceite hidráulico
Económizador			Caja de control de mando hidráulico
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE			SISTEMA DE TRANSMISIÓN
Bomba de Inyección			Caja de transmisión
Inyectores			Bomba de transmisión
Bomba de Transferencia			Convertidor de Torque
Tanque de Combustible			Cardan y cruzetas
Filtro de Combustible			Filtro de transmisión
Cañerías de alta presión			Enfriador de aceite de transmisión
			Válvulas de control
			Palancas de dirección
			Tandem Role
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AIRE			SISTEMA DE RODAMIENTO
Turbo alimentador			Uñetas
Portafiltros			Cadenas
Filtros de aire			Zapatas
Conductos de admisión			Eslabones
Múltiple de escape y silenciador			Rodillos inferiores
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN			Rodillos superiores
Radiador			Templador de cadena
Bomba de agua			Rueda guía
Ventilador			Rueda Motriz
Fajas			Segmentos
Protector de radiador			Mandos finales
Conductos y mangueras de agua			Ejes
Intercambiador de temperatura			SISTEMA DE FRENOS
SISTEMA ELECTRICO			Compresor de aire
Baterías			Conductos y cañerías de aire
Alternador			Pedales de freno
Arrancador			
Panel de Instrumentos (fusibles)			
Tablero de control de mando			
Elementos y Componentes de Trabajo :			
Cabina			
Lampón			
Cucharon			
Uñas			
Escarificador			
Canteneras			
Cuchillas			
Ripper			
Pines y brazos			
Bocinas			
Tornamesa			
Repuestos, Lubricantes y Otros Utilizados :			
Detalle de repuestos usados informados :			
Proximo Servicio :			
- Fecha :		- Horómetro	

Operador

Mecánico

VºBº JEFE UNIDAD EQUIPO MECANICO

Fuente: Elaboracion propia.

ANEXO 6. Puntos a chequear para pernos y tuercas.

Ligeros defectos	<input type="checkbox"/> Hay tuercas o pernos flojos. <input type="checkbox"/> Faltan alguna tuerca o perno
Longitud de pernos	<input type="checkbox"/> Sobresalen todos los pernos de las tuercas en 2 o 3 pasos de tornillo.
Arandelas	<input type="checkbox"/> Se usan arandelas planas en los grandes orificios. <input type="checkbox"/> Se usan arandelas roscadas en angulares y canales. <input type="checkbox"/> Se usan arandelas de resorte en piezas sujetas a vibración. <input type="checkbox"/> Se usan arandelas idénticas en piezas idénticas.
Montaje de pernos y tuercas	<input type="checkbox"/> Se insertan los pernos desde abajo y son visibles las tuercas desde el exterior. <input type="checkbox"/> Están las chavetas dobladas correctamente.

ANEXO 7. Puntos a chequear para lubricación.

Almacenaje de lubricantes	<input type="checkbox"/> Están los almacenes de lubricantes siempre limpios, ordenados, y bien organizados aplicando los principios 5S. <input type="checkbox"/> Están siempre tapados los contenedores de lubricantes. <input type="checkbox"/> Están claramente indicados los tipos de lubricantes y se controla apropiadamente el stock.
Entradas de lubricantes	<input type="checkbox"/> Se mantiene siempre limpias las boquillas de grasa, los conductos de lubricante de reductores de velocidad y otras entradas de lubricante. <input type="checkbox"/> Están a prueba de polvo los conductos de los lubricantes. <input type="checkbox"/> Están los conductos de lubricantes correctamente etiquetados con los tipos y cantidades de lubricantes.
Indicadores de nivel de aceite	<input type="checkbox"/> Se mantienen limpios siempre los calibres de nivel de aceite y es fácil verlos niveles de aceite. <input type="checkbox"/> Está claramente marcado el nivel de aceite. <input type="checkbox"/> Está la maquinaria libre de fugas de aceite, y sin obstrucciones los tubos de aceite y válvulas de respiración.
Condiciones de lubricación	<input type="checkbox"/> Están siempre limpias y bien lubricadas las piezas rotativas, deslizantes, y transmisiones. <input type="checkbox"/> Están los alrededores libres de contaminación por exceso de lubricante.

ANEXO 8. Puntos a chequear de sistemas de transmisión.

Correas en V y poleas	<input type="checkbox"/> Hay correas desgastadas, fisuradas, con abultamiento, o contaminadas por aceite o grasa. <input type="checkbox"/> Hay correas torcidas o que falten. <input type="checkbox"/> Hay correas flojas o estiradas excesivamente. <input type="checkbox"/> Hay correas múltiples bajo tensión uniforme y todas del mismo tipo. <input type="checkbox"/> Sobresalen las superficies superiores de las correas por encima de las coronas de las poleas, están los fondos de cualquier polea de garganta brillantes (indicando una correa o polea desgastada) <input type="checkbox"/> Están las poleas correctamente alineadas.
Cadenas de rodillos	<input type="checkbox"/> Hay alguna cadena estirada (indicando desgaste de dientes o cojinetes). <input type="checkbox"/> Hay dientes articulados desgastados, dañados, o faltan. <input type="checkbox"/> Es suficiente la lubricación entre dientes y cojinetes. <input type="checkbox"/> Están las articulaciones correctamente alineadas.
Ejes, cojinetes y acoplamientos	<input type="checkbox"/> Hay algún sobrecalentamiento, vibración o ruido anormal debido a una holgura excesiva o lubricación deficiente. <input type="checkbox"/> Hay algunas llaves flojas o faltan. <input type="checkbox"/> Hay acoplamientos mal alineados u oscilante. <input type="checkbox"/> Están desgastadas las juntas de algún acoplamiento, falta algún perno.
Engranajes	<input type="checkbox"/> Están los engranajes apropiadamente lubricados con la cantidad correcta de lubricante, están limpios los alrededores. <input type="checkbox"/> Hay algún diente desgastado, roto, dañado, o agarrotado. <input type="checkbox"/> Hay algún ruido o vibración anormales.

ANEXO 9. Puntos a chequear del sistema hidráulico.

Unidades hidráulicas	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Está en la reserva hidráulica la cantidad correcta de fluido, y se indica el nivel correcto.<input type="checkbox"/> Está el fluido en la temperatura correcta, se indican las temperaturas máxima y mínima permisibles.<input type="checkbox"/> Está el fluido turbio (indicando entrada de aire).<input type="checkbox"/> Están todas las entradas de aire y filtros limpios.<input type="checkbox"/> Está bloqueado algún filtro de succión.<input type="checkbox"/> Operan normalmente todas las bombas de fluido sin ruido o vibración inusuales.<input type="checkbox"/> Son correctas las presiones hidráulicas, y se muestran claramente las gamas de operación.
Intercambiadores de calor	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Hay alguna fuga de agua o fluido en los tubos o refrigeradores de fluido.<input type="checkbox"/> Son correctas las diferencias de temperatura entre las entradas y salidas de agua y fluido, está bloqueado algún tubo.
Equipo hidráulico	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Hay alguna fuga de fluido.<input type="checkbox"/> Están apropiadamente asegurados los mecanismos hidráulicos sin alguna fijación improvisada.<input type="checkbox"/> Operan correctamente los mecanismos hidráulicos sin pérdidas de velocidad o alimentación.<input type="checkbox"/> Son correctas las presiones hidráulicas, y funcionan correctamente todos los calibres de presión (punto cero, desviación).
Tuberías y cableado	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Están todos los tubos y mangueras debidamente fijados.<input type="checkbox"/> Hay alguna fuga de fluido, hay alguna manguera fisurada o dañada.<input type="checkbox"/> Funcionan correctamente todas las válvulas, es fácil ver si las válvulas están abiertas y cerradas.<input type="checkbox"/> Hay tubos, cables o válvulas innecesarios.

NEXO 10. Puntos a chequear del sistema neumático.

FRLs*

- Se mantienen siempre limpios los FRLs, es fácil ver su interior, están montados suficientemente cerca.
- Tienen suficiente aceite, y están limpios los drenajes.
- Es correcta la tasa de goteo del aceite (aprox. 1 gota cada diez carreras).
- Están los FRLs instalados a no más de 3m. del equipo neumático.
- Están las presiones ajustadas al valor correcto y se indican claramente los rangos de operación.

Equipo neumático

- Hay alguna fuga de aire comprimido de los cilindros neumáticos o válvulas solenoides.
- Están firmemente montados todos los cilindros neumáticos y válvulas solenoides.
- Están en uso algunos arreglos improvisados (cable, cinta adhesiva, etc.)
- Hay algunos pistones sucios, desgastados o dañados.
- Están instalados los controles de velocidad inmediatamente cerca.
- Hay algún ruido anormal o sobrecalentamiento en las válvulas solenoides, o algunos cables conductores rayados o estirados en exceso.

Tuberías y cabrería

- Hay puntos en los tubos o mangueras neumáticos propensos a acumular fluido.
- Están todos los tubos y mangueras firmemente sujetos.
- Hay alguna fuga de aire comprimido, esta alguna manguera dañada.
- Operan correctamente todas las válvulas, es fácil ver si las válvulas están abiertas o cerradas.
- Hay tubos, cables o válvulas innecesarios.

*Conjunto de filtro-regulador-lubricador.

ANEXO 11. Puntos a chequear de sistema eléctrico.

Paneles de control	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Se mantiene los interiores de los tableros de distribución, tableros de conmutadores, y paneles de control limpios, pulidos y bien organizados aplicando los principios 5S.<input type="checkbox"/> Se han dejado en el interior algunos objetos extraños o materiales inflamables.<input type="checkbox"/> Están en buenas condiciones los cables del interior de los paneles de control, hay cables enroscados o estirados.<input type="checkbox"/> Funcionan correctamente todos los amperímetros y voltímetros y están claramente marcados.<input type="checkbox"/> Está roto algún instrumento o lámpara de aviso, funciona mal alguna lámpara.<input type="checkbox"/> Están en buenas condiciones las puertas de los paneles de control, abren y cierran correctamente.<input type="checkbox"/> Hay posiciones u orificios no usados, son los paneles de control a prueba de agua y polvo.
Equipo eléctrico *	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Están todos los motores libres de sobrecalentamiento, vibraciones, y ruidos y olores inusuales.<input type="checkbox"/> Están limpios todos los ventiladores y aletas de enfriamiento de motores.<input type="checkbox"/> Hay algún perno de unión flojo, están libres de fisuras o daños los pedestales.
Sensores	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Están limpios y libres de holguras excesivas todos los sensores de límite.<input type="checkbox"/> Están limpios los interiores de los sensores de límite, esta estirado algún cable.<input type="checkbox"/> Están todas las cubiertas en buenas condiciones.<input type="checkbox"/> Están incorrectamente instalados algunos sensores de límite.<input type="checkbox"/> Tienen los sensores de límite algunas pinzas desgastadas, deformadas, o de forma incorrecta.<input type="checkbox"/> Están los sensores fotoeléctricos y los de proximidad limpios y libres de holguras excesivas.<input type="checkbox"/> Hay algún sensor mal posicionado, están claramente indicadas las posiciones correctas.<input type="checkbox"/> Están libres de desgastes o rozaduras todos los cables conductores, y el aislamiento intacto en los puntos de entrada.
Conmutadores	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Están todos los conmutadores manuales limpios, sin daños y libres de holguras excesivas.<input type="checkbox"/> Están todos los conmutadores instalados en la posición correcta.<input type="checkbox"/> o Están instalados en el punto adecuado los conmutadores de parada de emergencia y funcionan correctamente.
Tubería y cableado	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Hay tubos, hilos o cables de energía flojos o no asegurados.<input type="checkbox"/> Hay alguna toma de tierra dañada o desconectada.<input type="checkbox"/> Hay tubos corroídos o dañados, hay cables que tengan dañado el aislamiento.<input type="checkbox"/> Hay cables enrollados sobre el suelo o colgados de forma insegura.

