



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

IMPLANTACIÓN DEL TPM EN LA ZONA DE ENDEREZADORAS DE ACEROS AREQUIPA

Jorge Enrique Silva Burga

Piura, 20 de Mayo de 2005

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Industrial y Sistemas

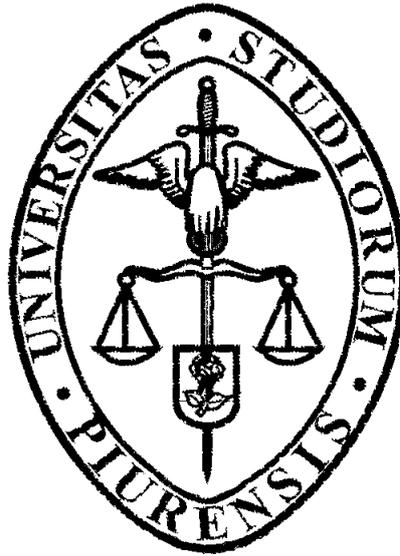
Mayo 2005



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

**UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



“Implantación del TPM en la zona de enderezadoras de Aceros Arequipa”

**Tesis para optar por el Título de
Ingeniero Industrial y de Sistemas**

Jorge Enrique Silva Burga

Asesor : Ing. Víctor Lizana Bobadilla

Piura, Marzo 2005

Dedico mi tesis:

A mis padres Carmen y Jorge,

a mis hermanos Melissa y Javier,

a mis abuelos Albertina, Enrique, Carmela y Jorge.

PRÓLOGO

El Mantenimiento Productivo Total, TPM es una herramienta de calidad desarrollada para asegurar que el proceso de producción funcione de manera eficiente, con la consiguiente eliminación de las paradas innecesarias y reducción de los tiempos muertos. Por su naturaleza funciona fundamentalmente como un sistema de prevención, más que de corrección de anomalías, aunque en sus instructivos también fija los procedimientos a seguir para una rápida solución de los problemas que pudieran alterar el ritmo de la producción.

Los conceptos del TPM han cambiado muy poco en estos años desde su introducción y se ha implantado en muchas industrias diferentes y actualmente se está aplicando crecientemente en industrias de proceso.

Este estudio pretende exponer las pautas para poner en práctica los principios de este instrumento y con sus aportes servir como una guía para la implantación del TPM en una planta de procesos industriales, en todos sus niveles.

Deseo dar las gracias al personal que labora en la Corporación Aceros Arequipa S.A. que me dieron todo el apoyo posible para desarrollar este estudio.

RESUMEN

El mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles e instalaciones. El buen estado de las máquinas también permite un ambiente seguro para el personal que labora en planta.

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal desde operadores hasta la alta dirección, y orientando sus acciones apoyándose en las actividades en pequeños grupos.

El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales. Una vez que un buen programa de TPM toma lugar, los beneficios comienzan a fluir hacia toda la organización.

Se ha realizado la implantación del TPM en el área de Laminado en Frío de la Corporación Aceros Arequipa S.A. en la zona de las enderezadoras. Esta implantación ha seguido las siguientes etapas:

- Etapa inicial
- Etapa de implantación.
- Etapa de consolidación.

Se realizó la medición de la Efectividad Global de los Equipos (EGE) desde el inicio de la implantación y se aprecia una notable mejora en la Disponibilidad, Índice de Rendimiento y Tasa de Calidad.

También se obtuvo mejora en la limpieza y el orden del área, reducción de situaciones inseguras, mejor cuidado de las máquinas, aumento de la motivación, fortalecimiento del trabajo en equipo, mayor participación de los operadores en la resolución de problemas y crecimiento de la capacidad profesional de los operadores.

IMPLANTACIÓN DEL TPM EN LA ZONA DE ENDEREZADORAS DE ACEROS AREQUIPA

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I - Mantenimiento: Generalidades	3
1.1 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO	3
1.2 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO	4
1.3 LA EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	4
1.4 TIPOS DE MANTENIMIENTO	9
CAPÍTULO II - Mantenimiento Productivo Total	13
2.1 TPM: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	13
2.2 HISTORIA DEL TPM	14
2.3 OBJETIVOS DEL TPM	15
2.4 BENEFICIOS DEL TPM	16
2.5 PROCESOS FUNDAMENTALES DEL TPM (PILARES)	17
2.6 LAS 5S's, UNA FILOSOFÍA ESCENCIAL	20
2.7 LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS	21
2.8 LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS	24
2.9 IMPLANTACIÓN DEL TPM	29
CAPÍTULO III - Información general de la empresa, del área y del equipo	35
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	35
3.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	36
3.3 DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO ACTUAL	41

CAPÍTULO IV - Implantación del TPM en las enderezadoras de Laminado en Frío	45
4.1 PROBLEMAS	45
4.2 CAUSAS	46
4.3 DESARROLLO DE LA IMPLANTACIÓN	46
4.4 EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS EN LAS ENDEREZADORAS	53
4.5 COSTOS DE LA IMPLANTACIÓN	57

CONCLUSIONES

RESULTADOS

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INTRODUCCIÓN

Para que un proceso de producción sea eficaz, las plantas de proceso deben operar de forma continua durante largos periodos. Los accidentes y averías, incluso los que involucran una sola unidad de instalación, pueden parar una planta entera y poner en peligro vidas y entorno ocasionando pérdidas financieras que pueden ser devastadoras. Las industrias de proceso necesitan de un sistema de gestión de equipos con fuertes rasgos colaboradores como el Mantenimiento Productivo Total (TPM) que garantiza la seguridad y una operación estable a bajo costo.

En la actualidad, las organizaciones siempre están pensando como mejorar la eficiencia y seguridad de sus trabajadores y equipos, por esto el TPM constituye una poderosa herramienta que involucra todos los procesos de la organización, mejora la gestión de los mismos y en consecuencia eleva la productividad de las organizaciones. El TPM no es un simple programa de mantenimiento, requiere cooperación y participación de todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operarios de planta, donde cada uno debe asumir su parte.

El TPM mejora en forma ostensible los resultados de las empresas y estimula la creación de lugares de trabajo seguros, gratos y productivos, optimizando las relaciones entre las personas y el equipo que emplean.

El TPM debe ingresar a una organización identificando nuevas metas de progreso, concentrando esfuerzos en la fabricación, en el trabajo en campo, impulsando la mejora continua, la innovación y la creatividad como tarea de todos.

El primer capítulo trata sobre el mantenimiento, su evolución y tipos.

En el segundo capítulo se describe el TPM, sus objetivos, beneficios, pilares, la filosofía de las 5 S's, la efectividad global de los equipos, las seis grandes pérdidas y el proceso de implantación del TPM.

El tercer capítulo describe la empresa y el área donde se ha realizado este trabajo de tesis, los equipos en los que se ha implantado el TPM y una descripción del mantenimiento al que fueron sometidos antes de la implantación del TPM.

En el cuarto capítulo se indican los problemas y causas presentes en el área de trabajo y se describe cada etapa del proceso de implantación del TPM en un grupo de equipos.

La intención de este estudio es cooperar proporcionando una guía para la implantación del TPM en planta y así obtener mayores beneficios. Además, el centro de atención a largo plazo de un programa de TPM moderno debe ser mejorar la fiabilidad y mantenibilidad de modo que las labores de los operarios incluyan la inspección constante, inteligente y responsable.

CAPITULO I

Mantenimiento: Generalidades

1.1 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles e instalaciones. Además permite eliminar condiciones inseguras que podrían afectar a las personas.

Anzola (1992), lo describe como "Aquél que permite alcanzar una reducción de los costos totales y mejorar la efectividad de los equipos y sistemas".

El Centro Internacional de Educación y Desarrollo (1995), define al mantenimiento como: "El conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorables y de acuerdo a las normas de protección integral".

Para Moubray (1997), el mantenimiento significa "Acciones dirigidas a asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas".

A partir de los criterios formulados por los autores citados en relación al concepto de mantenimiento, se puede definir como el conjunto de actividades que se realiza a un sistema, equipo o componente para asegurar que continúe desempeñando las funciones deseadas dentro de un contexto operacional determinado⁽¹⁾.

El mantenimiento en la empresa incide en:

- Costos de producción.
- Calidad del producto.
- Capacidad operacional.

- Capacidad de respuesta de la empresa como un ente organizado e integrado: por ejemplo, al generar e implantar soluciones innovadoras y manejar oportuna y eficazmente situaciones de cambio.
- Seguridad e higiene industrial.
- Calidad de vida de los trabajadores de la empresa.
- Imagen y seguridad ambiental de la compañía.

1.2 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

Los objetivos del mantenimiento son los siguientes:

- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.
- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas de los equipos de la empresa.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar parada de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Disminuir los costos de mantenimiento.

El mantenimiento adecuado tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

1.3 LA EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Durante los últimos veinte años el mantenimiento ha cambiado debido al importante aumento en número y variedad de los activos físicos (planta, equipamiento, edificaciones) que deben operar en todo el mundo, diseños más complejos, nuevos métodos de mantenimiento y una óptica cambiante en la organización del mantenimiento y sus responsabilidades.

El mantenimiento también está respondiendo a expectativas cambiantes. Éstas incluyen una creciente toma de conciencia para evaluar hasta qué punto las fallas en los equipos afectan a la seguridad y al medio ambiente; conciencia de la relación entre el mantenimiento y la calidad del producto, la presión de alcanzar una alta disponibilidad en la planta y mantener acotado el costo.

Estos cambios están llevando al límite las actitudes y habilidades en todas las ramas de la industria. El personal de Mantenimiento se ve obligado a adoptar maneras de pensar completamente nuevas y actuar como ingenieros y como gerentes. Al mismo tiempo las limitaciones de los sistemas de mantenimiento se hacen cada vez más evidentes, sin importar cuánto se hayan informatizado.

Históricamente, el mantenimiento ha evolucionado a través de tres generaciones. Como todo proceso de evolución, el dominio del mantenimiento ha seguido una serie de etapas cronológicas que se han caracterizado por una metodología específica. Es conveniente destacar, sin embargo, que el alcanzar una etapa más avanzada no significa necesariamente

que se abandonen por completo las metodologías anteriores sino que, aún perdiendo peso, siguen complementando a las más actuales.

La Primera Generación

La Primera Generación cubre el período que se extiende hasta la Segunda Guerra Mundial. En esos días la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que el tiempo de parada de máquina no era de mayor importancia. Esto significaba que la prevención de las fallas en los equipos no era una prioridad para la mayoría de los gerentes. A su vez la mayor parte de los equipos eran simples y una gran cantidad era sobredimensionada. Esto los hacía confiables y fáciles de reparar. Como resultado, no había necesidad de un mantenimiento sistemático mas allá de una simple rutina de limpieza, servicio y lubricación.

La Segunda Generación

Durante la Segunda Guerra Mundial todo cambió drásticamente. La presión de los tiempos de guerra aumentó la demanda de todo tipo de bienes, al mismo tiempo que decaía abruptamente el número de los trabajadores industriales. Esto llevó a un aumento en la mecanización. Ya en los años '50 había aumentado la cantidad y complejidad de todo tipo de máquinas y la industria estaba empezando a depender de ellas. Al incrementarse esta dependencia, se centró la atención en el tiempo de parada de máquina. Esto llevó a la idea de que las fallas en los equipos deberían ser prevenidas, llegando al concepto de mantenimiento preventivo. En la década del sesenta esto consistió principalmente en reparaciones mayores a intervalos regulares prefijados.

El costo del mantenimiento comenzó a elevarse rápidamente en relación a otros costos operacionales y esto llevó al crecimiento de sistemas de planeamiento y control del mantenimiento. Estos ciertamente ayudaron a tener el mantenimiento bajo control y han sido establecidos como parte de la práctica del mantenimiento.

Por último, la suma de capital ligado a activos fijos junto con un elevado incremento en el costo del capital, llevó a la gente a buscar la manera de maximizar la vida útil de estos activos/ bienes.

La Tercera Generación

Desde mediados de la década del setenta el proceso de cambio en la industria ha adquirido aún mas impulso. Los cambios han sido clasificados en: nuevas expectativas, nuevas investigaciones y nuevas técnicas.

El tiempo de parada de máquina siempre ha afectado la capacidad de producción de los activos físicos al reducir la producción, aumentar los costos operacionales e interferir con el servicio al cliente. En las décadas de los sesenta y setenta esto ya era una preocupación en las áreas de minería, manufacturas y transporte. En la manufactura los efectos del tiempo de parada de máquina fueron agravados por la tendencia mundial hacia sistemas "just-in-time", donde los reducidos inventarios de material en proceso hacen que una pequeña falla en un equipo probablemente hiciera parar toda la planta. Actualmente el crecimiento en la mecanización y la automatización han tomado a la confiabilidad y a la disponibilidad en factores clave en sectores tan diversos como el cuidado de la salud, el procesamiento de datos, las telecomunicaciones, la administración de edificios y el manejo de las organizaciones.

Una mayor automatización también significa que más y más fallas afectan nuestra capacidad de mantener parámetros de calidad satisfactorios. Esto se aplica tanto para parámetros de servicio como para la calidad del producto. Por ejemplo, hay fallas en equipos que pueden afectar el control del clima en los edificios y la puntualidad de las redes de transporte, así como interferir con el logro de las tolerancias deseadas en la producción.

Nuevas Expectativas

Cada vez aparecen más fallas que acarrear serias consecuencias para el medio ambiente o la seguridad, al tiempo que se elevan las exigencias sobre estos temas. En algunas partes del mundo se ha llegado a un punto en que las organizaciones deben, o bien adecuarse a las expectativas de seguridad y cuidado ambiental de la sociedad, o dejar de operar. Nuestra dependencia de la integridad de nuestros activos físicos cobra ahora una nueva magnitud que va más allá del costo y que se toma una cuestión de supervivencia de la organización.

Al mismo tiempo que crece nuestra dependencia de los activos físicos, crece también el costo de tenerlos y operarlos. Para asegurar la amortización de la inversión que representan, deben funcionar eficientemente siempre que se los necesite.

Por último el costo de mantenimiento aún está ascendiendo, en términos absolutos y como proporción del gasto total. En algunas industrias representa ahora el segundo ítem mas alto, o hasta el más alto costo operativo.

En consecuencia, en sólo treinta años ha pasado a la primera prioridad en el control de costos.

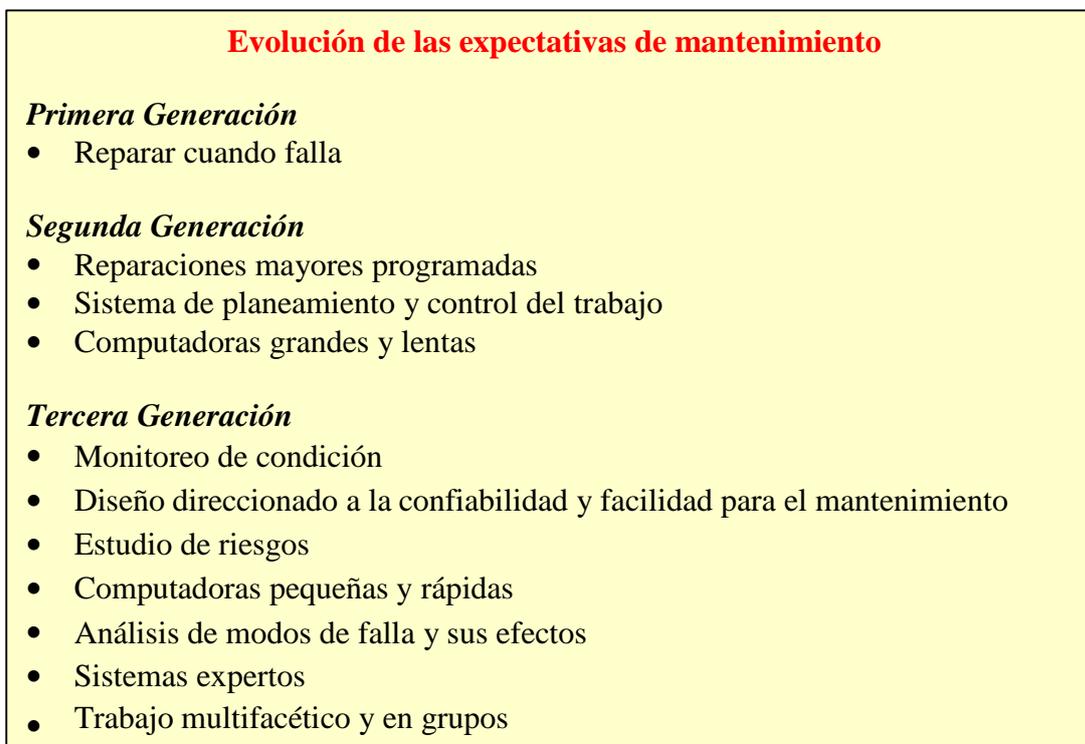


Fig. 1.1 Evolución de las expectativas de mantenimiento

Nuevas Investigaciones

Las nuevas investigaciones están cambiando muchas de nuestras creencias más profundas referidas a la relación entre edad y las fallas. En particular, parece haber cada vez menos conexión entre la edad de la mayoría de los activos y la probabilidad de que éstos fallen.

La figura 1.2 muestra cómo en un principio la idea era simplemente que a medida que los activos envejecían eran más propensos a fallar. Una creciente conciencia de la "mortalidad infantil" llevó a la Segunda Generación a creer en la curva de "bañera", o "bañadera". Sin embargo, las investigaciones en la Tercera Generación revelan no uno sino seis patrones de falla que realmente ocurren en la práctica.

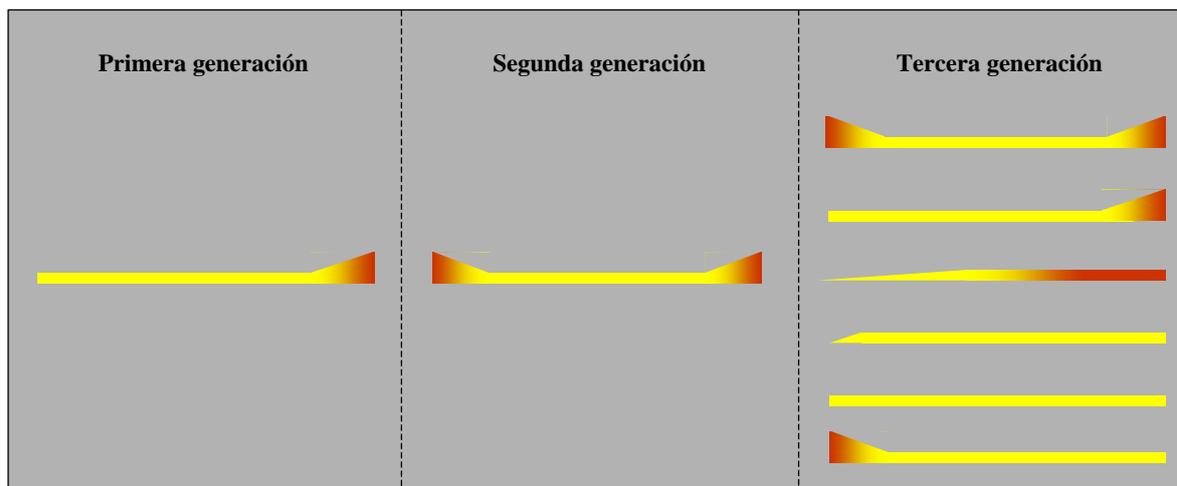


Fig. 1.2 Puntos de vista cambiantes sobre la falla de equipos

Nuevas Técnicas

Ha habido un crecimiento explosivo de nuevos conceptos y técnicas de mantenimiento. Cientos de ellos han sido desarrollados en los últimos quince años, y emergen aún más cada semana.

La Figura 1.3 muestra cómo ha crecido el énfasis en los clásicos sistemas administrativos y de reparaciones mayores para incluir nuevos desarrollos en diferentes áreas. Los nuevos desarrollos incluyen:

- Herramientas de soporte para la toma de decisiones, tales como el estudio de riesgo, análisis de modos de falla y sus efectos y sistemas expertos.
- Nuevos métodos de mantenimiento, tal como el monitoreo de condición.
- Diseño de equipos, con un mayor énfasis en la confiabilidad y facilidad para el mantenimiento.
- Un drástico cambio en el modo de pensar de la organización hacia la participación, trabajo en grupo y flexibilidad.

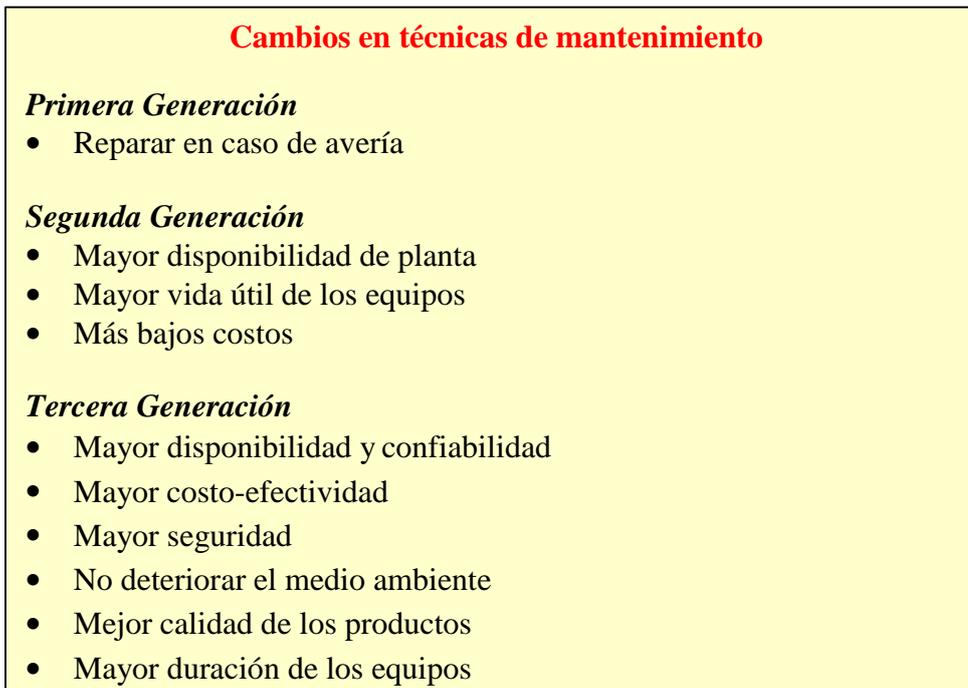


Fig. 1.3 Cambios en las técnicas de mantenimiento

Los seis patrones de falla

Los gráficos de la figura 1.4 muestran la probabilidad condicional de falla en relación a la edad operacional para una variedad de elementos mecánicos y eléctricos.

El patrón A es la ya conocida curva de la "bañera", comienza con una gran incidencia de fallas (llamada *mortalidad infantil*), seguida por un incremento constante o gradual de la probabilidad condicional de falla y por último una zona de desgaste.

El patrón B muestra una probabilidad condicional de falla que es constante o de lento incremento y que termina en una zona de desgaste.

El patrón C muestra una probabilidad condicional de falla que crece lentamente pero no tiene una edad de desgaste claramente identificable. El patrón D muestra una baja probabilidad condicional de falla cuando el equipo es nuevo o recién salido de la fábrica y luego un veloz incremento hasta un nivel constante, mientras que el patrón E muestra una probabilidad condicional de falla constante a todas las edades por igual (falla al azar).

El patrón F comienza con una alta mortalidad infantil que finalmente cae a una probabilidad de falla constante o que asciende muy lentamente.

Estudios realizados en aeronaves comerciales demostraron que un 4% de los elementos correspondían al patrón A, un 2% al B, un 5% al C, un 7% al D, un 14% al E, y no menos de un 68% al patrón F. (El número de veces que estos patrones ocurren en aeronaves no es necesariamente el mismo que en el área industrial, pero no cabe duda de que a medida que los elementos se hacen más complicados, encontramos más patrones E y F).

Estos hallazgos contradicen la creencia de que siempre hay conexión entre la confiabilidad y la edad operacional.

Esta creencia dio origen a la idea de que cuanto más seguido un ítem es reparado, menos posibilidades tiene de fallar. Actualmente esto es cierto en muy pocos casos, a menos que exista un modo de falla dominante relacionado con la edad, los límites de edad tienen que

ver poco o nada con mejorar la confiabilidad de los componentes complejos. De hecho las reparaciones pueden en realidad aumentar los promedios de falla generales al introducir la mortalidad infantil en sistemas que de otra manera serían estables. La toma de conciencia de estos hechos ha llevado a algunas organizaciones a abandonar por completo la idea de mantenimiento proactivo. Y esto puede que sea lo más acertado para fallas con consecuencias menores. Pero cuando las consecuencias de las fallas son importantes, algo debe hacerse para prevenir o predecir las fallas o al menos para reducir las consecuencias⁽²⁾.

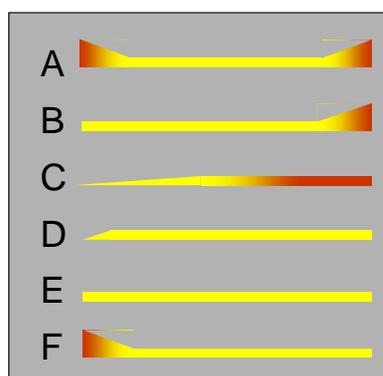


Fig. 1.4 Cambios en las técnicas de mantenimiento

1.4 TIPOS DE MANTENIMIENTO

1.4.1 Mantenimiento correctivo

A lo largo de los años, el Mantenimiento Preventivo fue cambiando gradualmente para hacer frente a las nuevas demandas que el mundo exigía en la industria. Fruto de este cambio fue la introducción del concepto de Mantenimiento Correctivo que va más allá del mantenimiento de restauración que se lleva a cabo como parte del Mantenimiento Preventivo. El Mantenimiento Correctivo consiste en efectuar reparaciones orientadas a mejorar las instalaciones para reducir las posibilidades de que la misma avería vuelva a ocurrir.

a. Correctivo de emergencia:

Este es el estado más simple del mantenimiento. Este tipo de mantenimiento consiste simplemente en actuar únicamente ante el hecho consumado de la avería para reparar. Se limita a reparar cuando un equipo falla y a restaurar si es fruto de una inspección.

No se trata de un procedimiento optimizado, pues tiene ciertos inconvenientes:

- **Incertidumbre:** La avería es probable que se produzca y es imprevisible el momento. Por ello, la aparición de la avería puede producirse en el peor momento afectando directamente la producción o a otros equipos.
- **Daños:** Los daños producidos pueden ser mayores que los que se tendrían al detectar temprano el defecto, pues pueden quedar afectados otros componentes e incluso máquinas anexas.

- Inventarios: Se requiere una gran cantidad de repuestos inmovilizados, puesto que cualquier equipo es capaz potencialmente de sufrir una avería en cualquier parte.
- Personal: Se exige una disponibilidad inmediata de personal para realizar la reparación.

En conclusión se tienen las siguientes desventajas:

- Mayor requerimiento de personal.
- Los paros continuos impiden el cumplimiento de las metas de la compañía.
- Los costos de reparación son mayores.
- La incertidumbre influye en el personal.
- La calidad de la reparación es baja.
- El equipo puede sufrir daños irreparables en tiempos útiles y beneficiosos.

b. Correctivo programado:

Resulta de inspecciones o análisis de tendencias que definen que el estado de un equipo amerita una intervención, la cual es programada.

1.4.2. Mantenimiento Progresivo

Este mantenimiento consiste en tener muy bien determinadas todas las operaciones que se deben realizar en una sección o parte de la instalación cuando esta, por cualquier causa, se detiene.

Ante esta parada, programada o no, se intenta realizar el máximo de operaciones de mantenimiento que con los equipos en marcha sería imposible.

En realidad no se realiza ningún control de horas de funcionamiento, sino que depende en gran parte de la observación del operario responsable el cual, al comprobar el estado de los componentes durante la intervención decide en ese mismo momento si se debe sustituir (o efectuar algún trabajo) o no.

Estas intervenciones no siguen una periodicidad pues dependen directamente de las paradas, dentro de las cuales hay: programadas y no programadas, pero en ningún caso se basan en una periodicidad presupuesta.

Este tipo de mantenimiento es un primer intento de anticiparse a la avería mediante la intervención en paradas, pero justamente gran parte de paradas son causadas precisamente por dichas averías.

1.4.3. Mantenimiento periódico (a período fijo)

Es aquel que se realiza conociendo el desgaste normal de las partes y se ejecuta según normas del fabricante, en la mayoría de las veces; consiste en revisiones, cambios o lubricación cada determinado período de tiempo; generalmente horas de trabajo del equipo o unidades producidas.

Cada determinada cantidad de horas o de piezas producidas cuando se cumple un ciclo de vida útil se hace una reparación completa.

Las desventajas que presenta este tipo de mantenimiento es que se intervienen máquinas que están trabajando satisfactoriamente y se pierde precisión en el ajuste del equipo y en el desmontaje y ensamble, disminuyendo su confiabilidad.

El parámetro principal que rige todo mantenimiento programado, aunque existen otros, suele ser las horas de funcionamiento de un componente determinado. En ocasiones se usan otros parámetros, como las revoluciones, ciclos de funcionamiento, kilómetros recorridos, toneladas de producción, etc.

1.4.4. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento es un programa que incluye las inspecciones planificadas, reemplazo de piezas, y reparaciones como medidas proyectadas para evitar las fallas catastróficas y controlar el deterioro.

El Mantenimiento Preventivo se dirige a la prevención de averías y defectos. Las actividades diarias incluyen chequeos del equipo, controles de precisión, hacer una revisión total o parcial en momentos específicos, cambios de aceite, lubricación, etc.⁽³⁾

1.4.5. Mantenimiento predictivo

Es el mantenimiento planeado con base en el análisis, muestreo y registro de variables que determinan el estado de la máquina y que se controlan para predecir la falla; tales variables pueden ser nivel de vibraciones, temperatura, presión, velocidad, etc.

El mantenimiento predictivo emplea varias tecnologías para determinar la condición del equipo o de los componentes mediante la medición y el análisis de la tendencia de parámetros físicos con el objeto de detectar, analizar y corregir problemas en los equipos antes de que se produzca la falla.

Es un sistema de advertencia temprana que nos indica que algo malo está sucediendo en el equipo, antes de que podamos oírlo, verlo o sentirlo⁽⁴⁾.

1.4.6. Mantenimiento Productivo

Este tipo de mantenimiento indica básicamente las actividades necesarias para mantener ciertas condiciones en el equipo. El mantenimiento Productivo se dirige a ampliar la productividad hasta el nivel máximo, lo que quiere decir rentabilidad.

La gestión de los equipos evolucionó pasando del mantenimiento preventivo al productivo, pero continuaba siendo primordial una actividad realizada por el departamento de mantenimiento, lo que no tenía regularmente mucho éxito en el logro de cero averías o defectos. Esta es la razón por la que apareció el TPM (Mantenimiento Productivo Total). Basado en la actividad de pequeños grupos de operarios, el TPM amplía la acción del Mantenimiento Productivo, con el apoyo y cooperación de la Dirección y los empleados a todos los niveles.

1.4.7. Otros tipos de mantenimiento

Recientemente los métodos de mantenimiento mejorados, como el TPM, el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y el mantenimiento basado en la confiabilidad (RBM), han tenido gran acogida. Con sus metas ambiciosas, estas estrategias prometen resultados pero frecuentemente fallan, porque la empresa los implementa, persistiendo en conservar

esquemas de desempeño de mantenimiento tradicional, y consecuentemente se presenta una resistencia al cambio.

No son tipos diferentes de mantenimiento sino filosofías diferentes para aplicar los tipos de mantenimiento.

Componentes del TPM:

- Redefinición de papeles y responsabilidades de los operadores y mecánicos en actividades preventivas.
- Remoción de barreras organizacionales entre mantenimiento y producción. A través del trabajo en equipo se busca un mejoramiento de la disponibilidad del equipo.

Componentes del RCM:

- Aplicación de análisis estadísticos de historias de fallas de equipos para optimizar la inversión en equipos.
- Fortalecimiento de la ingeniería de mantenimiento a través de equipos técnicos para optimizar diseños, compras, ventas e instalaciones.

Componentes del RBM

- Definición de dos tendencias: planeamiento de las actividades preventivas y mejoramiento de la confiabilidad.
- Integración de prácticas de tendencias, benchmarking y mejora continua.

CAPITULO II

Mantenimiento Productivo Total

2.1 TPM: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Mantenimiento Productivo Total es la traducción de TPM (Total Productive Maintenance). El TPM es el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de "mantenimiento preventivo" creado en la industria de los Estados Unidos ⁽¹⁾.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal desde operadores hasta la alta dirección, y orientando sus acciones apoyándose en las actividades en pequeños grupos.

En la fábrica ideal, la maquinaria debe operar al 100% de su capacidad el 100% del tiempo. El TPM es un poderoso concepto que nos conduce cerca del ideal sin averías, defectos ni problemas de seguridad. El TPM amplía la base de conocimientos de los operarios y del personal de mantenimiento y los une como un equipo cooperativo para optimizar las actividades de operación y mantenimiento.

La innovación principal del TPM radica en que los operadores se hacen cargo del mantenimiento básico de su propio equipo. Mantienen sus máquinas en buen estado de funcionamiento y desarrollan la capacidad de detectar problemas potenciales antes de que ocasionen averías.

El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como *estrategia*, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos.

El TPM es una nueva dirección para la producción. El TPM, que organiza a todos los empleados desde la alta dirección hasta los trabajadores de la línea de producción, es un sistema de mantenimiento del equipo a nivel de compañía que puede apoyar las instalaciones de producción más sofisticadas.

2.2 HISTORIA DEL TPM

El origen del término “Mantenimiento Productivo Total” (TPM) se ha discutido en diversos escenarios. Mientras algunos afirman que fue iniciado por los manufactureros americanos hace más de cuarenta años, otros lo asocian al plan que se usaba en la planta Nippodenso, una manufacturera de partes eléctricas automotrices de Japón a fines de la década de los 60. Seiichi Nakajima, un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de la Planta (JIPM), recibe el crédito de haber definido los conceptos de TPM y de ver por su implementación en cientos de plantas en Japón ⁽²⁾.

Después de la segunda guerra mundial, las industrias japonesas llegaron a la conclusión de que para competir con éxito en el mercado mundial tenían que mejorar la calidad de sus productos. Con este fin, incorporaron técnicas de gestión y fabricación procedentes de los Estados Unidos y las adaptaron a sus particulares circunstancias. Posteriormente, sus productos llegaron a conocerse a través de todo el mundo por su calidad superior, concentrando la atención del mundo en el estilo japonés de técnicas de gestión ⁽³⁾.

El mantenimiento preventivo se introdujo en los años cincuenta y el mantenimiento productivo alcanzó un buen grado de implantación en los años sesenta. El desarrollo del TPM comenzó en los años setenta. El tiempo que precede a los años cincuenta puede denominarse período de “mantenimiento de averías”⁽⁴⁾.

Cuando nos referimos al TPM, se trata en realidad de mantenimiento productivo de estilo americano, modificado e intensificado para adaptarlo al entorno industrial japonés. El mantenimiento productivo reconoce la importancia de la fiabilidad, mantenimiento y eficiencia económica en el diseño de la planta, pero aplica la división del trabajo entre el personal de mantenimiento y producción. El departamento de mantenimiento es el encargado de las reparaciones y entregar el equipo al departamento de producción para que cumpla con su función exclusiva de producir. Contrariamente, muchas corporaciones japonesas han modificado el mantenimiento productivo americano de forma que todos los empleados pueden participar.

En Japón, el TPM ha sido generalmente aceptado desde su introducción. Por ejemplo, constituye un soporte esencial del sistema de producción Toyota. El TPM ha sido igualmente implantado por muchas de las filiales de Toyota. De acuerdo con su creador, Taiichi Ohno, el sistema de producción Toyota está basado en la eliminación absoluta del despilfarro. En la producción “justo a tiempo” de Toyota, solamente se producen los elementos necesarios. En otras palabras el sistema de producción es un esfuerzo para lograr los defectos cero y niveles de inventarios cero.

La figura 2.1 ilustra la relación entre el TPM y las características básicas del sistema de producción Toyota (TPS). Tal como muestra esta matriz, el propósito del TPM es eliminar

las seis grandes pérdidas, que corresponden a la eliminación absoluta del despilfarro de Toyota ⁽⁵⁾.

TPM	Averías	Preparación y ajuste	Paradas menores y t. muertos	Velocidad reducida	Defectos calidad	Arranque
Implantación proceso de flujo	○					
Eliminación de defectos					○	○
Producción sin stocks	○	○				
Reducción tamaño lote		○				
Preparación rápida		○				
Tiempos ciclo estándar	○	○	○	○	○	
Secuencia producción estándar	○	○	○	○	○	
Tiempo vacío estándar	○	○	○	○	○	
Control visual línea <i>andon</i> - señal parada	○	○	○			
Mejora operabilidad máquina	○	○				
Mejora mantenibilidad	○					

TPM Programa de desarrollo, Seiichi Nakajima

Figura 2.1 Sistema de producción Toyota y TPM

2.3 OBJETIVOS DEL TPM

El proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costes operativos y conservación del “conocimiento” industrial.

El TPM tiene como propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallas, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada. Cuando esto se ha logrado, el período de operación mejora, los costos son reducidos, el inventario puede ser minimizado y en consecuencia la productividad se incrementa.

El TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral del trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí; todo esto con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.

2.4 BENEFICIOS DEL TPM

El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costes, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

a. Beneficios con respecto a la organización

- Mejora de calidad del ambiente de trabajo.
- Mejor control de las operaciones.
- Incremento de la moral del empleado.
- Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas.
- Aprendizaje permanente.
- Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad.
- Redes de comunicación eficaces.

b. Beneficios con respecto a la seguridad

- Mejora las condiciones ambientales.
- Cultura de prevención de eventos negativos para la salud.
- Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas.
- Entendimiento del por qué de ciertas normas, en lugar de cómo hacerlo.
- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes.
- Elimina radicalmente las fuentes de contaminación y polución.

c. Beneficios con respecto a la productividad

- Elimina pérdidas que afectan la productividad de las plantas.
- Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Reducción de los costes de mantenimiento.
- Mejora de la calidad del producto final.
- Menor coste financiero por recambios.
- Mejora de la tecnología de la empresa.
- Aumento de la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado.
- Crea capacidades competitivas desde la fábrica.

Una vez que un buen programa de TPM (Mantenimiento Productivo Total) toma lugar, los beneficios comienzan a fluir hacia toda la organización. Es el momento en que toda la gente comienza a apoyar el sistema. Los participantes se sienten animados y se acostumbran a compartir sus ideas confiados en la nueva actitud de "disposición a escuchar" de todo el equipo de trabajo.

Para crear el ambiente adecuado, debemos siempre cumplir con los requisitos más elementales:

- Compromiso total por parte de la alta gerencia.
- Difusión adecuada del plan y sus resultados.
- Auténtica delegación de la responsabilidad de decidir y respeto mutuo a todos los niveles.

2.5 PROCESOS FUNDAMENTALES TPM (PILARES)

Los procesos fundamentales han sido llamados por el JIPM como "pilares". Estos pilares sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva. Los pilares considerados por el JIPM como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son:

2.5.1 MEJORAS ENFOCADAS O KOBETSU KAISEN

Son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo con el objetivo de maximizar la Efectividad Global de Equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos funcionales e interfuncionales que emplean metodología específica y centran su atención en la eliminación de las pérdidas existentes en las plantas industriales.

Se trata de desarrollar el proceso de mejora continua similar al existente en los procesos de Control Total de Calidad aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento. Si una organización cuenta con actividades de mejora similares, simplemente podrá incorporar dentro de su proceso, Kaizen o mejora, nuevas herramientas desarrolladas en el entorno TPM. No deberá modificar su proceso de mejora actual.

Las técnicas TPM ayudan a eliminar ostensiblemente las averías de los equipos. El procedimiento seguido para realizar acciones de mejoras enfocadas sigue los pasos del conocido Ciclo Deming o PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).

El desarrollo de las actividades Kobetsu Kaizen se realizan a través de los pasos mostrados en la figura 2.2:

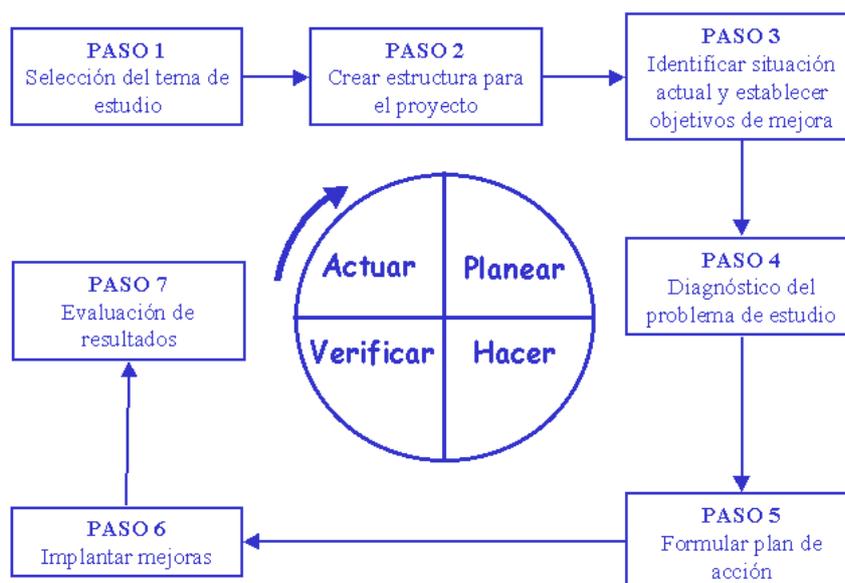


Figura 2.2 Ciclo Deming o PHVA

2.5.2 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO O JISHU HOZEN

Una de las actividades del sistema TPM es la participación del personal de producción en las actividades de mantenimiento. Este es uno de los procesos de mayor impacto en la mejora de la productividad. Su propósito es involucrar al operador en el cuidado del equipo a través de un alto grado de formación y preparación profesional, respeto de las condiciones de operación, conservación de las áreas de trabajo libres de contaminación, suciedad y desorden.

El mantenimiento autónomo se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipo, esto es, mecanismos, aspectos operativos, cuidados y conservación, manejo, averías, etc. Con este conocimiento los operadores podrán comprender la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de problemas y la realización de trabajos de mantenimiento liviano en una primera etapa, para luego asimilar acciones de mantenimiento más complejas.

El Mantenimiento Autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Estas actividades se deben realizar siguiendo estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios. Los operarios deben ser entrenados y deben contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que operan.

2.5.3 MANTENIMIENTO PLANIFICADO O PROGRESIVO

El objetivo del mantenimiento planificado es el de eliminar los problemas del equipo a través de acciones de mejora, prevención y predicción. Para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento es necesario contar con bases de información, obtención de conocimiento a partir de los datos, capacidad de programación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades.

2.5.4 MANTENIMIENTO DE CALIDAD O HINSHITSU HOZEN

Esta clase de mantenimiento tiene como propósito mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad mediante el control de las condiciones de los componentes y condiciones del equipo que tienen directo impacto en las características de calidad del producto. Frecuentemente se entiende en el entorno industrial que los equipos producen problemas cuando fallan y se detienen, sin embargo, se pueden presentar averías que no detienen el funcionamiento del equipo pero producen pérdidas debido al cambio de las características de calidad del producto final. El mantenimiento de calidad es una clase de mantenimiento preventivo orientado al cuidado de las condiciones del producto resultante.

Mantenimiento de Calidad no es:

- Aplicar técnicas de control de calidad a las tareas de mantenimiento.

- Aplicar un sistema ISO a la función de mantenimiento.
- Utilizar técnicas de control estadístico de calidad al mantenimiento.
- Aplicar acciones de mejora continua a la función de mantenimiento.

Mantenimiento de Calidad es:

- Realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad.
- Prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para “cero defectos” y que estas se encuentran dentro de los estándares técnicos.
- Observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a la situación de anormalidad potencial.
- Realizar estudios de ingeniería del equipo para identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en las características de calidad del producto final, realizar el control de estos elementos de la máquina e intervenir estos elementos.

2.5.5 PREVENCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Son aquellas actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos, con el objeto de reducir los costes de mantenimiento durante su explotación. Una empresa que pretende adquirir nuevos equipos puede hacer uso del historial del comportamiento de la maquinaria que posee, con el objeto de identificar posibles mejoras en el diseño y reducir drásticamente las causas de averías desde el mismo momento en que se negocia un nuevo equipo. Las técnicas de prevención de mantenimiento se fundamentan en la teoría de la fiabilidad, esto exige contar con buenas bases de datos sobre frecuencia de averías y reparaciones.

2.5.6 MANTENIMIENTO EN ÁREAS ADMINISTRATIVAS

Esta clase de actividades no involucra el equipo productivo. Departamentos como planificación, desarrollo y administración no producen un valor directo como producción pero facilitan y ofrecen el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione eficientemente, con los menores costos, oportunidad solicitada y con la más alta calidad. Su apoyo normalmente es ofrecido a través de un proceso productivo de información.

2.5.7 ENTRENAMIENTO Y DESARROLLO DE HABILIDADES DE OPERACIÓN

Las habilidades tienen que ver con la correcta forma de interpretar y actuar de acuerdo a las condiciones establecidas para el buen funcionamiento de los procesos. Es el conocimiento adquirido a través de la reflexión y experiencia acumulada en el trabajo diario durante un tiempo. El TPM requiere de un personal que haya desarrollado habilidades para el desempeño de las siguientes actividades:

- Habilidad para identificar y detectar problemas en los equipos.
- Comprender el funcionamiento de los equipos.
- Entender la relación entre los mecanismos de los equipos y las características de calidad del producto.
- Poder de analizar y resolver problemas de funcionamiento y operaciones de los procesos.

- Capacidad para conservar el conocimiento y enseñar a otros compañeros.
- Habilidad para trabajar y cooperar con áreas relacionadas con los procesos industriales.

2.6 LAS 5 S's , UNA FILOSOFÍA ESCENCIAL

Basada en palabras japonesas que comienzan con una "S", esta filosofía se enfoca en trabajo efectivo, organización del lugar y procesos estandarizados de trabajo. 5 S's simplifica el ambiente de trabajo, reduce los desperdicios y actividades que no agregan valor, al tiempo que incrementa la seguridad y eficiencia de calidad.

- **Seiri** (ordenamiento o acomodo), la primera "S" se refiere a eliminar del área de trabajo todo aquello que no sea necesario. Una forma efectiva de identificar estos elementos que habrán de ser eliminados es llamado "etiquetado en rojo". En efecto una tarjeta roja (de expulsión) es colocada a cada artículo que se considera no necesario para la operación. Enseguida, estos artículos son llevados a una área de almacenamiento transitorio. Más tarde, si se confirmó que eran innecesarios, estos se dividirán en dos clases, los que son utilizables para otra operación y los inútiles que serán descartados. Este paso de ordenamiento es una manera excelente de liberar espacios de piso desechando cosas tales como: herramientas rotas, aditamentos o herramientas obsoletas, recortes y excesos de materia prima. Este paso también ayuda a eliminar la mentalidad de "Por Si Acaso".
- **Seiton** (Todo en Su Lugar) es la segunda "S" y se enfoca a sistemas de guardado eficientes y efectivos.
 - a) ¿Qué necesito para hacer mi trabajo?
 - b) ¿Dónde lo necesito tener?
 - c) ¿Cuántas piezas de ello necesito?
- Algunas estrategias para este proceso de "todo en Su lugar" son: pintura de pisos delimitando claramente áreas de trabajo y ubicaciones, tablas con siluetas, así como estantería modular y/o gabinetes para tener en su lugar cosas como un bote de basura, una escoba, trapeador, cubeta, etc. ¡No nos imaginamos cómo se pierde tiempo buscando una escoba que no está en su lugar! Esa simple escoba debe tener su lugar donde todo el que la necesite, la halle. "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar".
- **Seiso** (¡que brille!) Una vez que ya hemos eliminado la cantidad de estorbos y hasta basura, y relocalizado lo que sí necesitamos, viene una super-limpieza del área. Cuando se logre por primera vez, habrá que mantener una diaria limpieza a fin de conservar el buen aspecto y comodidad de esta mejora. Se desarrollará en los trabajadores un orgullo por lo limpia y ordenada que tienen su área de trabajo. Este paso de limpieza realmente desarrolla un buen sentido de propiedad en los trabajadores. Al mismo tiempo comienzan a aparecer evidentes problemas que antes eran ocultados por el desorden y suciedad. Así, se dan cuenta de fugas de aceite, aire, refrigerante, partes con excesiva vibración o temperatura, riesgos de contaminación, partes fatigadas, deformadas, rotas, desalineamiento, etc. Estos elementos, cuando no se atienden,

pueden llevarnos a una falla del equipo y pérdidas de producción, factores que afectan las utilidades de la empresa.

- **Seiketsu** (Estandarizar) Al implementar las 5S's, nos debemos concentrar en estandarizar las mejores prácticas en nuestra área de trabajo. Dejemos que los trabajadores participen en el desarrollo de estos estándares o normas. Estas normas son fuentes de información muy valiosas en lo que se refiere a su trabajo, pero con frecuencia no se les toma en cuenta. Pensemos en lo que McDonald's, Pizza Hut, UPS, el Ejército de los EE.UU. serían si no tuvieran efectivas normas de trabajo o estándares.
- **Shitsuke** (Sostener) Esta "S" es la más difícil de alcanzar e implementar. La naturaleza humana es resistir el cambio y no pocas organizaciones se han encontrado dentro de un taller sucio y amontonado a solo unos meses de haber intentado la implementación de las "5S's". Existe la tendencia de volver a la tranquilidad del "Status Quo" y la "tradicional" forma de hacer las cosas. El sostenimiento consiste en establecer un nuevo "status quo" y una nueva serie de normas o estándares en la organización del área de trabajo.

Una vez bien implementado, el proceso de las 5S's eleva la moral, crea impresiones positivas en los clientes y aumenta la eficiencia la organización. No solo se sienten los trabajadores mejor acerca del lugar donde trabajan, sino que el efecto de superación continua genera menores desperdicios, mejor calidad de productos y más rápida revolvencia, cualquiera de los cuales, hace a nuestra organización más remunerativa y competitiva en el mercado⁽⁶⁾.

2.7 LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS (EGE)

Es un indicador que muestra las pérdidas reales de los equipos medidas en tiempo. Este indicador posiblemente es el más importante para conocer el grado de competitividad de una planta industrial. Está compuesto por los siguientes tres factores:

- *Disponibilidad*: mide las pérdidas de disponibilidad de los equipos debido a paradas no programadas.
- *Eficiencia de rendimiento*: Mide las pérdidas por rendimiento causadas por el mal funcionamiento del equipo, no funcionamiento a la velocidad y rendimiento original determinada por el fabricante del equipo o diseño.
- *Índice de calidad*: Estas pérdidas por calidad representan el tiempo utilizado para elaborar productos que son defectuosos o tienen problemas de calidad. Este tiempo se pierde ya que el producto se debe destruir o re-procesar. Si todos los productos son perfectos no se producen estas pérdidas de tiempo del funcionamiento del equipo.

La EGE es un índice importante en el proceso de introducción y durante el desarrollo del TPM. Este indicador responde elásticamente a las acciones realizadas tanto de mantenimiento autónomo, como de otros pilares TPM. Una buena medida inicial de EGE ayuda a identificar las áreas críticas donde se podría iniciar una experiencia piloto TPM. Sirve para justificar a la alta dirección sobre la necesidad de ofrecer el apoyo de recursos

necesarios para el proyecto y para controlar el grado de contribución de las mejoras logradas en la planta.

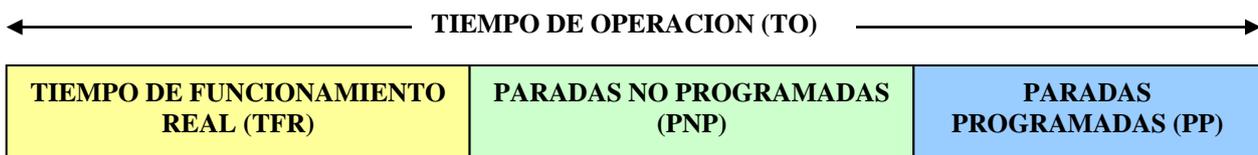
Las cifras que componen el EGE nos ayudan a orientar el tipo de acciones TPM y la clase de instrumentos que debemos utilizar para el estudio de los problemas y fenómenos. El EGE sirve para construir índices comparativos entre plantas (benchmarking) para equipos similares o diferentes. En aquellas líneas de producción complejas se debe calcular el EGE para los equipos componentes, esta información será útil para definir en el tipo de equipo en el que hay que incidir con mayor prioridad con acciones TPM. Algunos directivos de planta consideran que obtener un valor global EGE para un proceso complejo o una planta no es útil del todo, ya que puede combinar múltiples causas que cambian diariamente y el efecto de las acciones del TPM no se logran apreciar adecuadamente en el EGE global. Por este motivo es mejor obtener un valor de EGE por equipo, con especial atención en aquellos que han sido seleccionados como piloto o modelo⁽⁷⁾.

Cálculo de la efectividad Global de los Equipos (EGE):

$$\text{EGE} = \text{DISPONIBILIDAD} \times \text{INDICE DE RENDIMIENTO} \times \text{TASA DE CALIDAD}$$

a. DISPONIBILIDAD

La disponibilidad mide las pérdidas originadas por las paradas no programadas. Es el porcentaje del tiempo en que el equipo está operando realmente.



$$\text{Disponibilidad} = \frac{(TO - PP) - PNP}{(TO - PP)} \times 100$$

EJEMPLO N°1

Una máquina para cortar planchas trabaja dos turnos de 8 horas cada uno durante un mes (30 días). Todos los días tiene una parada programada de 1 hora. Al fin de mes la máquina ha parado 12 horas por fallas imprevistas (averías y cortes de energía sin programar).

Dos turnos por día: 16 horas al día
 En el mes: (16 x 30) = 480 horas al mes

TO = 480 h/mes

PP = 1 hora al día = 30 h/mes

PNP = 12 h/m

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(480 - 30) - 12}{(480 - 30)} \times 100\% = \mathbf{97.33\%}$$

b. ÍNDICE DE RENDIMIENTO

Este índice mide las pérdidas por rendimiento causadas por el mal funcionamiento del equipo, y el funcionamiento a velocidades menores a las de diseño indicadas por el fabricante del equipo.

$$\text{Índice de Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo ideal de ciclo} \times \text{Cantidad procesada}}{\text{Tiempo de funcionamiento real TFR}}$$

EJEMPLO N°2

La máquina ha producido en el mes 10000 planchas. La máquina trabaja a un ritmo ideal de 2 minutos por plancha. Tomar datos del EJEMPLO N°1.

Tiempo ideal de ciclo = 2 minutos/plancha

Cantidad Procesada = 10000 planchas/mes

TFR = TO - (PP+PNP) = 480-(30+12) = 438 horas/mes

Convirtiendo el TFR a minutos/mes: TFR = 26280 minutos/mes

$$\text{Índice de rendimiento} = [(2 \times 10000)/26280] \times 100 = 76.1\%$$

c. TASA DE CALIDAD

Las pérdidas por calidad representan el tiempo utilizado para producir productos que son defectuosos o tienen problemas de calidad. Este tiempo se pierde ya que el producto se debe destruir o reprocesar. Si todos los productos son perfectos no se producen estas pérdidas de tiempo del funcionamiento del equipo.

$$\text{Tasa de Calidad} = \frac{\text{Piezas producidas} - \text{Rechazos}}{\text{Piezas producidas}}$$

EJEMPLO N°3

La máquina en el mes que tuvo una producción de 10000 planchas, tuvo 500 planchas rechazadas por presentar defectos en el corte.

Piezas producidas = 10000 planchas/mes

Rechazos = 500 planchas/mes

Tasa de calidad = $[(10000 - 500) / 10000] \times 100 = 95\%$

La efectividad total de la máquina para cortar planchas es:

EGE = $(0.9733 \times 0.7610 \times 0.95) \times 100 = 70.3\%$

2.8 LAS SEIS GRANDES PERDIDAS

El TPM aumenta al máximo la efectividad del equipo a través de dos tipos de actividad:

- Cuantitativa: aumentando la disponibilidad total del equipo y mejorando su productividad dentro de un período dado de tiempo operativo.
- Cualitativa: reduciendo el número de productos defectuosos estabilizando y mejorando la calidad.

La meta del TPM es aumentar la eficacia del equipo de forma que cada pieza del mismo pueda ser operada óptimamente y mantenida a ese nivel. El personal y la maquinaria deben funcionar ambos de manera estable bajo condiciones de averías y defectos cero. Aunque sea difícil aproximarse al cero, el creer que los defectos cero pueden lograrse es un requerimiento importante para el éxito del TPM.

La efectividad del equipo se limita por los seis tipos de pérdidas siguientes:

a. Pérdidas por averías

Las averías son el grupo de pérdidas más grande de entre las seis citadas. Hay dos tipos: averías de pérdida de función y averías de reducción de función.

Las averías de pérdida de función suelen producirse esporádicamente (de repente) y son fáciles de detectar ya que son relativamente dramáticas: el equipo se detiene por completo. Por otra parte, las averías de función reducida permiten que el equipo siga funcionando pero a un nivel de eficacia inferior. Un ejemplo sería el de una lámpara fluorescente que empieza a apagarse o empieza a perder fuerza intermitentemente. Muchas veces se descubren las averías de función reducida sólo después de una exhaustiva observación, pero cuando no se detectan pueden causar momentos de inactividad y paradas pequeñas, repeticiones de trabajos, velocidad reducida y otros problemas y pueden llegar a ser la causa de averías de falla de función esporádicas.

En general, las averías pueden causarse por todo tipo de factores pero solemos darnos cuenta únicamente de los grandes defectos y pasamos por alto la multitud de defectos pequeños que también contribuyen a ellas. Obviamente, los grandes defectos merecen nuestra atención, pero los defectos pequeños merecen igual atención porque se acumulan y también causan averías. De hecho, muchas se producen simplemente por no hacer caso a detalles que parecen insignificantes tales como un tornillo suelto, abrasión, suciedad y contaminantes, y los efectos de estas pequeñas cosas se acumulan hasta afectar a la eficacia del equipo.

Para alcanzar la meta de cero averías hay que llevar a cabo las siguientes siete acciones:

Impedir el deterioro acelerado

El deterioro acelerado es simplemente un deterioro generado artificialmente. Por ejemplo, en talleres donde el equipo se sobrecalienta porque no se repone aceite tan a menudo como se debería o donde no se hacen controles o ajustes al equipo. Pronto, una pieza suelta afecta a otras y se produce una reacción en cadena que finalmente acaba en avería. Cuando el deterioro acelerado se deja sin corregir se acorta la vida del equipo y ocurren averías. De hecho, la mayoría de las averías se deben al deterioro acelerado. La mayoría de los talleres están plagados de esto y no es de sorprender que haya tantas averías como hay. Por lo tanto, el primer paso decisivo hacia la reducción de averías tiene que ser obviamente la eliminación del deterioro acelerado.

Mantenimiento de condiciones básicas del equipo

Existen actividades básicas -limpieza, orden, lubricación, inspección y ajuste- que hay que llevar a cabo para mantener las condiciones básicas del equipo. Si éstas no se realizan periódicamente seguramente el equipo sufrirá muchas averías.

Hay varias razones por las cuales los trabajadores no mantienen las condiciones básicas del equipo. A veces algunos no saben cómo y otros saben cómo hacerlo pero están demasiado despreocupados o preocupados para molestarse. Hay que enseñar a los que no saben pero no sólo enseñarles cómo hacer las actividades básicas del mantenimiento, sino también la razón de su importancia. A veces los trabajadores realmente tienen ganas de mantener las condiciones básicas del equipo, pero por alguna razón les es demasiado difícil. Por ejemplo, hacer un control a una máquina puede necesitar un proceso de desmontaje que exige mucho tiempo tal como, por ejemplo, quitar una tapa que está fijada con pernos, o subir una escalera alta, plataforma u otros elementos peligrosos. En estos casos no hay más remedio que mejorar el equipo para que su mantenimiento sea más fácil.

Adherirse a las condiciones correctas de operación

Muchas averías son el resultado de un equipo que tiene que "esforzarse" para operar más allá de su rango normal porque no se cumplen las condiciones normales. Operar un equipo bajo condiciones que sobrepasan los límites especificados en el manual de operaciones – tales como sobrecargarlo al permitir que el fluido hidráulico se sobrecaliente o utilizar una potencia de 24V cuando se especifica una potencia de 12V- es exponer el equipo a averías. Por esta razón es tan importante el mantenimiento de las condiciones correctas de operación.

Mejorar la calidad del mantenimiento

A veces ocurren averías en piezas recientemente reemplazadas o reparadas debido a que el trabajador de mantenimiento no conocía las técnicas necesarias para llevar a cabo correctamente la reparación o instalación. Para impedir que ocurran estos errores, hay que mejorar los niveles de conocimiento técnico a través de la formación y de esta manera mejorar la calidad del trabajo de mantenimiento.

Hacer que el trabajo de reparación sea algo más que una medida transitoria

El trabajo de reparación normalmente se realiza con el apremio de poner el equipo en marcha con la mayor rapidez posible sin dar demasiada importancia a conocer las causas de la avería. Por ejemplo, si la causa más obvia era un tornillo que mantenía un cilindro en su sitio, el trabajo de reparación muchas veces consiste simplemente en reemplazar el tornillo sin investigar por que se rompió. Obviamente, tal actitud da lugar a una repetición del mismo problema. Lo que hace falta aquí es una actitud que busque la raíz del problema lo cual, hay que admitirlo, no siempre se puede encontrar. Sin esto, sin embargo, no puede existir el mantenimiento exhaustivo que requiere el TPM.

Corregir debilidades de diseño

Una razón por la cual las averías se hacen crónicas es que no se lleva a cabo una investigación suficiente de las debilidades incorporadas en el diseño del equipo, tales como mecanismos mal diseñados, malas configuraciones de sistemas, o selección incorrecta de materiales. Con demasiada frecuencia, no hay ninguna investigación que trate los defectos de diseño, o si la hay no se profundiza lo suficiente como para descubrir las implicaciones totales. Como resultado, el mantenimiento no está orientado hacia la mejora y por lo tanto las averías se hacen crónicas.

Aprender lo máximo posible de cada avería

Una vez que haya ocurrido una avería, asegúrese de aprender todo lo que pueda sobre ella. Al estudiar las causas, condiciones preexistentes y exactitud de métodos utilizados anteriormente en controles y reparaciones se puede aprender mucho sobre cómo impedir que la avería vuelva a ocurrir no sólo en el equipo afectado, sino también en modelos parecidos.

Se pueden aprender muchas cosas de una avería y es lamentable que no se aproveche más de estas experiencias. A menudo los informes de una avería se archivan y quedan olvidados cuando podrían servir como referencia en el futuro. Hay que aprender a aprovechar material de referencia de este tipo porque puede enseñar a trabajadores de mantenimiento y operarios lo que ellos pueden hacer para impedir las averías.

b. Pérdidas por preparación y ajuste

Las pérdidas por preparación y ajustes son pérdidas que se deben a paradas que ocurren durante el proceso de reutilización tales como cambio de útiles, etc. Las pérdidas por preparación y ajuste comienzan cuando la fabricación de un producto se ha concluido, y

finaliza cuando se consigue la calidad estándar en la fabricación del producto siguiente. Los ajustes son los que consumen la mayor parte del tiempo.

A veces se necesitan de los ajustes debido a una falta de rigidez o alguna otra deficiencia mecánica. Sin embargo, al intentar reducir el número de ajustes primero hay que investigar los mecanismos de ajuste y dividir los ajustes en los evitables (que se pueden mejorar) y los inevitables (no mejorables).

c. Pérdidas por tiempos muertos y paradas pequeñas

A diferencia de las averías ordinarias la inactividad y paradas pequeñas son el resultado de problemas transitorios en el equipo. Por ejemplo, una pieza puede atascarse en una tolva o un sensor de control de calidad puede parar temporalmente el equipo. Tan pronto como alguien quita la pieza atascada o vuelve a poner en marcha el sensor, funciona normalmente de nuevo. Por lo tanto, la inactividad y paradas pequeñas difieren cualitativamente de las averías normales, pero tienen tanta o mayor incidencia que ellas en la eficacia del equipo sobre todo en máquinas de proceso automático, de ensamble o de línea.

Ya que se pueden restaurar con bastante facilidad los tiempos muertos y paradas pequeñas, hay una tendencia a pasarlos por alto y no considerarlos como pérdidas. Pero son, de hecho, pérdidas y esto hay que hacerlo entender a todo el mundo. Sin embargo, aún después de haber explicado esto, puede que sea difícil entender la importancia de las pérdidas por tiempos muertos desde un punto de vista cuantitativo. Por ello, mientras no se haga patente su nocividad, difícilmente se podrán tomar medidas exhaustivas para eliminarlas.

En fábricas con muchas unidades de equipos, cada caso de inactividad o parada pequeña necesitará su tiempo de reparación, pero obviamente cuanto más tiempo se tarda, más grande es el problema. Hoy en día cada vez más fábricas que han ido reduciendo su personal, sufren inactividad y paradas pequeñas que suponen un problema muy grave pues no hay nadie allí que pueda responder de inmediato. Entonces, en estos casos, es esencial la meta de cero inactividades y paradas pequeñas.

d. Pérdidas por reducción de velocidad

Las pérdidas por reducción de velocidad se producen cuando hay una diferencia entre la velocidad prevista en el diseño de la máquina y su velocidad de operación actual. Las pérdidas por reducción de velocidad se ignoran generalmente, aunque constituyen un gran obstáculo para la eficacia del equipo y deben estudiarse cuidadosamente. La meta debe ser eliminar el desfase entre la velocidad de diseño y la actual.

El equipo puede estar operando por debajo de la velocidad ideal o de diseño por una variedad de razones: problemas mecánicos y calidad defectuosa, una historia de problemas anteriores o el temor de sobrecargar el equipo. A menudo, simplemente no se conoce la velocidad óptima. Por otro lado, aumentar deliberadamente la velocidad de operación contribuye a la resolución de problemas revelando fallos latentes en la condición del equipo.

e. Defectos de calidad y repetición de trabajos

Los defectos de calidad y trabajos rehechos son pérdidas originadas por disfunciones de las máquinas. En general, los defectos esporádicos se corrigen fácil y rápidamente devolviendo el equipo a su condición normal. Estos defectos incluyen los aumentos súbitos en la cantidad de defectos u otros fenómenos dramáticos. Por otra parte, las causas de los defectos crónicos son de identificación difícil. Las reparaciones rápidas para restaurar el status de la máquina raramente resuelven el problema, y las condiciones que realmente causan los defectos pueden ignorarse o dejarse de lado. Deben también registrarse como pérdidas crónicas, y no ignorarse, los defectos que se pueden corregir a través de rectificaciones y trabajos rehechos.

La eliminación de los defectos crónicos, como las averías crónicas, exige una profunda investigación y medidas innovadoras. Deben determinarse las condiciones que provocan los defectos y entonces controlarse eficazmente. La meta principal es siempre la eliminación total de los defectos.

Ya que hay distintos tipos de defectos -esporádicos y crónicos- alcanzar la meta de cero defectos se vuelve cada vez más difícil. Llegar a ella, requiere la consideración de medidas basadas en una comprensión amplia de todos los defectos.

f. Pérdidas de puesta en marcha

Las pérdidas entre la puesta en marcha y la producción estable son las que ocurren debido al rendimiento reducido entre el momento de arranque de máquina y la producción estable. Muchas veces, las pérdidas entre la puesta en marcha y la producción estable son difíciles de identificar y su alcance varía según la estabilidad de las condiciones del proceso, la disponibilidad de plantillas y troqueles, la formación de los trabajadores, las pérdidas debidas a operaciones de prueba y otros factores. En todo caso, el resultado es tener muchas pérdidas ⁽⁸⁾.



Figura 2.3 Las 6 grandes pérdidas y la efectividad del equipo

2.9 IMPLANTACIÓN DEL TPM

Para la implantación de la fase preparatoria del TPM en una empresa, se ha estimado una media de 3 a 6 meses y de 2 a 3 años, considerando que se ha seguido los 12 pasos siguientes ⁽⁹⁾ (Ver figura 2.4):



Figura 2.4 Etapas de la implantación del TPM

Etapa inicial

1º Paso – Compromiso de la alta gerencia

Es muy importante el compromiso por parte de la alta gerencia lo que no solo debe estar comprometida sino también involucrada, además este compromiso debe ser divulgado a todos los niveles indicando las intenciones y expectativas con relación al método.

Los informes emitidos por la dirección superior informando sobre la decisión de implantación, deben ser comunicados durante reuniones tanto del directorio como de las gerencias y divulgada a través de escritos.

Es recomendable que la decisión de implantar el TPM se divulgue de manera formal a través de documentos que circulen por la empresa para el conocimiento de todos los empleados.

La alta gerencia debe estar consciente y segura de cumplir los siguientes puntos y así obtener el éxito en la implantación del TPM:

- Verificar personalmente el nivel de comprensión de los colaboradores, a través de visitas a las áreas.
- Verificar y celar por la correcta divulgación de los conceptos de TPM.
- Cuidar para que sean desarrolladas siempre con actitudes positivas.
- Brindar elogios por el esfuerzo del trabajo realizado.
- Verificar y comentar los resultados presentados evitando extrapolaciones y conclusiones apresuradas.
- Mostrarse interesado por los problemas y ofrecer ayuda a los grupos.
- Usar las críticas moderadamente y que sean siempre para incentivar el trabajo.
- Cuando se presenten preguntas, hablar abierta y francamente sobre los problemas tratando de motivar el grupo en la búsqueda de soluciones.

2° Paso – Campaña de difusión del método

La meta del TPM es la reestructuración de la cultura empresarial a través del perfeccionamiento, tanto de los recursos humanos como de los equipos y de las instalaciones. Basado en esto, se debe elaborar un programa de educación introductoria a todos los niveles.

El TPM no funciona cuando se trata de colocarlo inmediatamente después de la decisión de la alta gerencia. Su implantación demanda una adecuada capacitación y educación previa.

Se debe capacitar al personal de todas las áreas para que todos puedan cooperar y participar de las actividades pertinentes. Además de esto, se recomienda una campaña con carteles y otros medios de divulgación.

3° Paso – Definición del comité de coordinación y nombramiento de los responsables para la gestión del programa y formación de los grupos de trabajo.

En este paso se establece un comité de coordinación de implantación (de preferencia jefes de departamentos) que a su vez nombrarán sus equipos de trabajo en cada área.

El TPM está basado en las actividades en equipo realizadas por los trabajadores. Estos equipos o grupos son liderados, en las respectivas etapas, por elementos que se destacan en las funciones de supervisión.

Como el éxito depende enormemente de la selección, tanto del jefe, del comité, como de los encargados de la implantación, estos deben ser seleccionados en el ámbito de las personas más responsables para desarrollar esas funciones.

4° Paso – Política básica y metas.

Promoción del TPM como parte de una política y de una administración objetiva, esclareciendo su integración, a mediano y largo plazo, con las políticas de la empresa, así como la introducción de su meta en el objetivo comercial de la empresa.

Se deben definir las metas a ser obtenidas como: porcentajes de reducción de fallas, porcentajes de incremento de la disponibilidad, porcentajes de aumento de la productividad, etc. Estas metas se deben establecer tomando como referencia los valores actuales.

5° Paso – Plan piloto.

Se debe establecer un plan piloto para el acompañamiento desde la preparación para la introducción del TPM hasta su implantación definitiva para posibilitar la verificación de los progresos obtenidos, establecer parámetros actuales y comparar con el desarrollo cambiando los esquemas, si fuese necesario.

Como el TPM se destina al perfeccionamiento de los recursos humanos y de los equipos e instalaciones, tanto sus objetivos iniciales como sus respectivos resultados pueden llevar algún tiempo para ser alcanzados.

Etapa de implantación

6° Paso – Inicio de la implantación

Se debe haber concluido el proceso de educación introductoria al TPM a todos los empleados antes del inicio de la implantación.

Se debe planificar un evento para dar inicio a la implantación en el cual deberán participar todos los empleados. Los directores deberán pronunciar palabras de estímulo para el éxito del programa.

Es recomendable realizar una visita a todas las áreas con preguntas directas a los empleados para verificar si comprendieron plenamente los objetivos a ser alcanzados a través del TPM.

7° Paso – “Kobetsu-Kaisen” para la obtención de la eficiencia de los equipos e instalaciones.

“Kobetsu-Kaisen” es el levantamiento detallado de las necesidades de mejora de un equipo, efectuado por un grupo multidisciplinario formado por ingenieros, gerentes de línea, personal de mantenimiento y operadores.

El grupo debe seleccionar una línea de equipos donde se presente un “cuello de botella”, que genera pérdidas crónicas en la cual sea posible alcanzar la perfección a través de esfuerzos continuos.

Se debe estimular a los integrantes del grupo a presentar sugerencias que ayuden a mejorar el equipo en estudio.

8º Paso – Establecimiento del “Jishu-Hozen” (mantenimiento autónomo).

El “Jishu-Hozen” es un método de desarrollo que permite al mismo operador controlar su propio equipo. El “Jishu-Hozen” es desarrollado en siete pasos, pasando de uno a otro después de haber concluido el anterior con el apoyo y la evaluación de los gerentes.

El primer paso es la inspección de limpieza. Tiene como objetivo elevar la fiabilidad del equipo a través de tres actividades:

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

El segundo paso se compone de: medidas defensivas contra causas de suciedad y mejora del acceso a las áreas de difícil limpieza y lubricación. En este paso se hacen mejoras para eliminar la contaminación y fugas de lubricante, aire o agua.

El tercer paso corresponde a formulación de los estándares de trabajo y está destinado a la preparación de los criterios que deben ser observados por los operadores. Se busca crear el hábito para el cuidado de los equipos mediante la elaboración y utilización de estándares de limpieza, lubricación y ajuste de tornillos, pernos y otros elementos de ajuste; se busca prevenir el deterioro del equipo manteniendo las condiciones básicas de acuerdo a los estándares diseñados. Estos estándares deben ser preparados por el operador quien ha sido capacitado para realizar esta labor.

El cuarto paso es la inspección general, para esto se debe capacitar a los operadores de cómo se debe hacer la inspección de cada componente del equipo.

El quinto paso es la inspección autónoma que tiene como finalidad que los operadores puedan realizar la inspección de sus equipos y puedan a la vez detectar problemas y corregir pequeños daños.

El sexto paso es la estandarización y está destinado a establecer y mantener las condiciones de control de los equipos.

El séptimo y último paso es el control totalmente autónomo y está destinado a dar continuidad a las actividades “Jishu-Hozen” aprovechando al máximo los conocimientos obtenidos en los seis pasos anteriores.

9º Paso – Eficacia de los equipos por la ingeniería de producción (operación y mantenimiento).

Implantación de la metodología en el equipo piloto, normalizando y transformando en rutina, todo aquello que fue suministrado en el paso anterior.

Desarrollo de productos fáciles de fabricar y de equipos fáciles de operar y mantener.

Establecimiento de las condiciones para eliminar defectos de productos y facilitar los controles.

10°Paso – Establecimiento del sistema para la obtención de la eficiencia global en las áreas de administración.

Apoyo a la producción incrementando la eficiencia tanto en el ámbito de las oficinas como de los equipos.

Desarrollo y aplicación del JIT (just in time). El JIT es una filosofía industrial de eliminación de todo lo que implique desperdicio en el proceso de producción, desde las compras hasta la distribución.

Análisis de criterios para reducir esperas (material, herramientas, traslados, transporte, etc.).

11°Paso – Establecimiento del sistema, buscando la promoción de condiciones ideales de seguridad, higiene y ambiente agradable de trabajo.

Análisis e implantación de “Recomendaciones de seguridad”.

Implantación de estímulos a la notificación de condiciones inseguras en el trabajo y de perjuicio al medio ambiente.

Planteamiento y búsqueda de la meta: “cero accidentes y cero polución”.

Etapa de implantación**12°Paso – Aplicación plena del TPM e incremento de los respectivos niveles.**

En este paso se hace una ampliación del TPM a los demás equipos de la planta, se definen nuevas metas y desafíos y se realiza una consultoría para la implantación de ajustes.

CAPITULO III

Información general de la empresa, del área y del equipo

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La Empresa *Aceros Arequipa* fue fundada en 1966 en la ciudad de Arequipa iniciando sus operaciones con la producción y comercialización de perfiles y barras lisas de acero para la industria metal-mecánica, civil y de cerrajería, convirtiéndose rápidamente por su alta calidad en el principal abastecedor de dichos productos en todo el Perú.

En 1983 *Aceros Arequipa* da un salto en su desarrollo: inaugura su segunda planta de laminación en la ciudad de Pisco, al sur de Lima, e incursiona en la fabricación de barras corrugadas, alambrón de construcción y de trefilería y barras de molino. Gracias a la calidad de sus productos, en pocos años *Aceros Arequipa* se convierte en el líder del mercado peruano.

En 1987, *Aceros Arequipa* se fusiona con Laminadora del Pacífico S.A., ampliando sus operaciones a la fabricación de acero en forma de palanquillas, materia prima para los productos laminados en caliente.

A comienzos de la década del 90, se empiezan a introducir los conceptos de calidad total en el personal de *Aceros Arequipa*, como paso previo a la modernización de su organización en las plantas. Es así como, luego de varios años de inculcar la calidad total a través de círculos de calidad y de obtener importantes premios, *Aceros Arequipa* recibe en 1997 la *Certificación ISO 9002* para los procesos en su planta de Pisco, y meses más tarde para su planta de Arequipa. Actualmente la empresa adecuó su sistema de calidad a las nuevas exigencias de la norma *ISO 9001 versión 2000*.

En 1996, *Aceros Arequipa* puso en funcionamiento su moderna planta de Hierro Esponja, con una inversión de 15 millones de dólares en tecnología de vanguardia, con el objetivo

de mejorar la calidad de sus aceros más finos y asegurar el abastecimiento oportuno del mercado.

A fines de 1997, *Aceros Arequipa* se fusiona con la empresa *Aceros Calibrados S.A.*, con la finalidad de ampliar su portafolio de productos incorporando barras calibradas que poseen un mayor valor agregado en lo que se refiere al acabado superficial. Es así como nace *Corporación Aceros Arequipa S.A.*

En la actualidad la empresa cuenta con cuatro sedes:

- Sede N°1: Planta ubicada en la ciudad de Arequipa. Constituida por la Planta de Laminación con una capacidad de producción de 65 000 t/año
- Sede N°2: Planta ubicada en la ciudad de Pisco. Conformada por la Planta de Reducción Directa con una capacidad de 80 000 t/año; la Planta de Acería con una capacidad de 304 438 t/año; la Planta de Laminación con una capacidad de 225 000 t/año y la Planta de Laminado en Frío con una capacidad de 25,000 t/año. Además, cuenta con instalaciones para ofrecer al cliente servicios de corte y doblado de barras de construcción a medida.
- Sede N°3: Sede principal ubicada en Lima e integrada por las oficinas y áreas de Administración, Comercialización, Finanzas y Compras.
- Sede N°4: Planta de Aceros Calibrados. Ubicada en la ciudad de Pisco dedicada a la producción de productos calibrados, con una producción de 3,600 t/año.

La implantación del TPM se realizó en las enderezadoras de la Planta de Laminado en Frío, la cual está ubicada en la Sede N°2.

El organigrama de toda la corporación y de la Sede N°2 se encuentran en el *anexo 1 y 2* respectivamente.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

- La Planta de Laminado en Frío entró en operación en Febrero del año 2002.
- Nace a raíz de la necesidad de aumentar la capacidad para enderezar y cortar a medida rollos de alambón corrugado y tener presencia en el mercado del alambón trefilado con varillas rectas corrugadas de 4.7mm de diámetro.

Procesos de producción en la planta de Laminado en Frío:

a. Laminado en Frío de Rollos

Este proceso consiste en laminar en frío alambón reduciendo el diámetro desde 8.0mm hasta 4.7mm, corrugarlo, luego enderezarlo y cortarlo a medida.

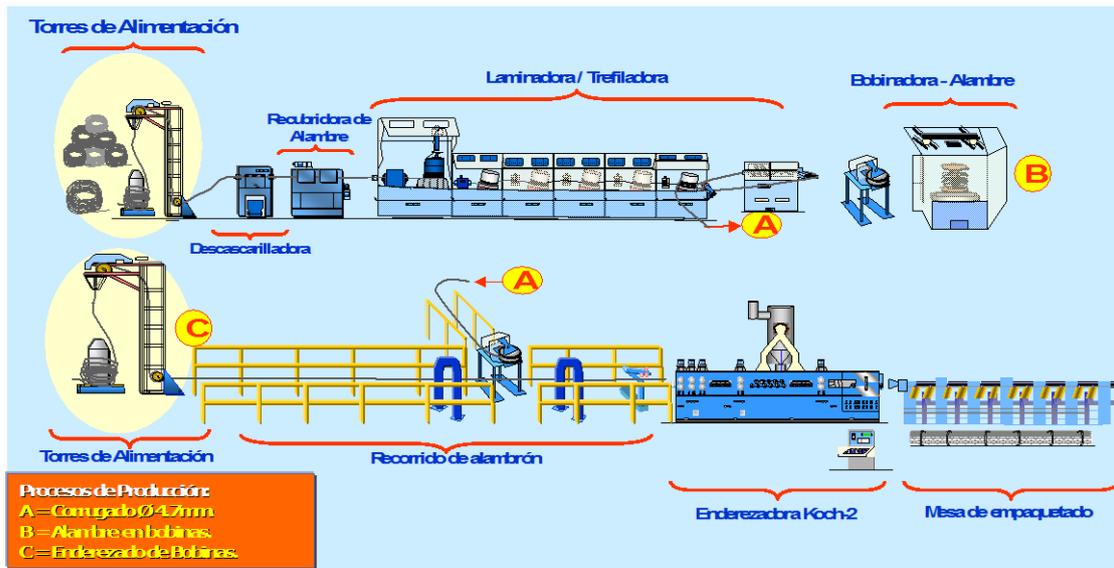


Fig. 3.1 Laminado en Frío de Rollos

b. Soldado y Prensado de Rollos

Este proceso consiste en la unión de bobinas de alambre liso para trefilería, el cual es producido en la planta de Laminación. Las bobinas son unidas con la ayuda de una máquina de soldar a tope para luego ser prensada en equipos para este fin.



Fig. 3.2 Soldado de Rollos



Fig. 3.3 Prensado de Rollos

c. Acero Dimensionado

La producción de barras de acero cortadas y dobladas a medida está destinada a los clientes del sector de la construcción según las necesidades de cada obra, dándole un valor agregado al producto que comercializa la empresa.



Fig 3.4 Acero Dimensionado

d. Enderezado de Bobinas

Este proceso se efectúa con rollos de alambón corrugado producidos en Laminación en Caliente de 6.00mm de diámetro.

Aquí se endereza el alambión para obtener varillas rectas de 9.00m y 11.90m de longitud. Para lograr el enderezado del alambión corrugado se cuenta con tres enderezadoras: Spama, Koch y Delisi. Estas máquinas cuentan con un *spinner* en su interior que gira a altas revoluciones permitiendo dicho enderezado.

El proceso se inicia colocando los rollos de alambión en los conos de alimentación; aquí se suelda la espira final de un rollo con la espira inicial del otro. Unas torres de alimentación ayudan con el desenvolvimiento de los rollos y llevan el alambión a las enderezadoras.

En las enderezadoras el alambión pasa por tres zonas:

Zona1: Rodillos arrastradores de entrada.

Zona2: *Spinner* enderezador (centro).

Zona3: Rodillos arrastradores de salida.

Las varillas enderezadas son recibidas en una mesa de empaquetado. Una vez que se ha amarrado el paquete se procede a pesarlo e identificarlo.

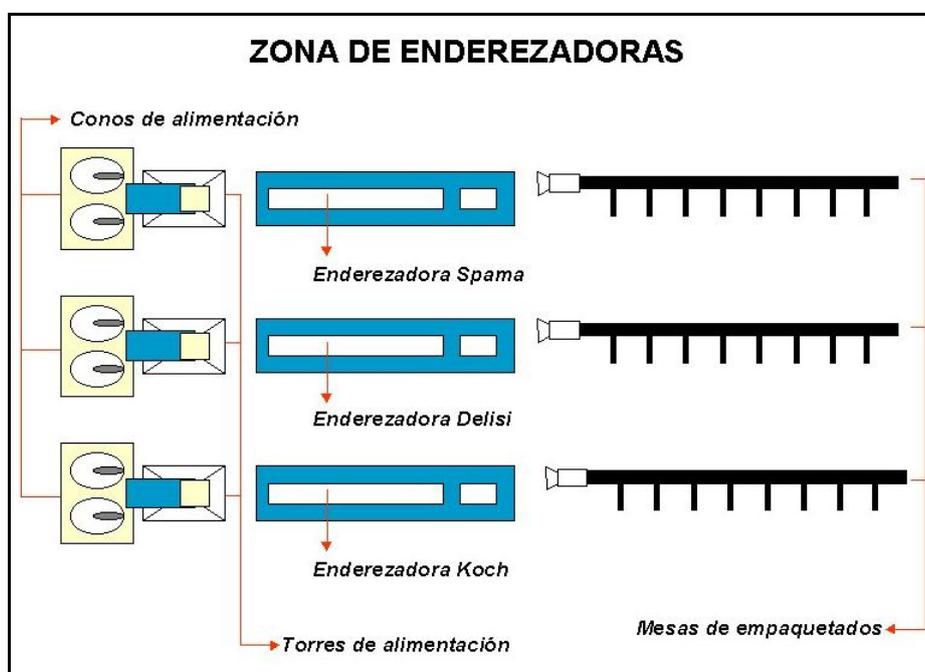


Fig. 3.5 Zona de enderezadoras

Enderezadora Spama:

Esta enderezadora de bobinas tiene como función enderezar los rollos de alambión de 6 mm a través de 02 bancos de rodillos enderezadores compuesto cada uno por 01 par de rodillos, además del *Spinner* o comúnmente llamado martillo. El corte de la varilla se realiza a 9.00m solamente, logrando obtener generalmente una velocidad de salida del alambión de 1.55 t/h.



Fig. 3.6 Enderezadora Spama

Enderezadora Koch:

Esta enderezadora de bobinas tiene como función enderezar los rollos de alambón de 6mm a través de 04 bancos de rodillos enderezadores, además del *Spinner*. El corte de la varilla se realiza a 9.00m y 11.90m, logrando obtener generalmente una velocidad de salida del alambón de 1.40 t/h.



Fig. 3.7 Enderezadora Koch

Enderezadora Delisi:

Esta enderezadora de bobinas tiene como función enderezar los rollos de alambón de 6mm a través de 02 bancos de rodillos enderezadores compuesto cada uno por 02 pares de rodillos y 01 loco, además del *Spinner*. El corte de la varilla se realiza a 9.00m y 11.90m, logrando obtener generalmente una velocidad de salida del alambón de 1.40 t/h.



Fig. 3.8 Enderezadora Koch

3.3 DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO ANTES DE IMPLANTAR EL TPM

En la sección de las enderezadoras de la planta de Laminado en Frío en Aceros Arequipa se tiene dos formas de mantenimiento, el preventivo y el correctivo.

a. Mantenimiento Preventivo

Este tipo de mantenimiento es un programa que incluye las inspecciones planificadas, reemplazo de piezas, ajustes y lubricación del equipo. Está dirigido a prevenir averías y defectos.

El mantenimiento preventivo para las enderezadoras se realiza una vez al mes. Cuando el personal de mantenimiento tiene que hacer el mantenimiento preventivo programado se presentan los siguientes problemas:

- El área de producción no puede parar las máquinas en el día programado para que intervenga mantenimiento y el mantenimiento preventivo se tiene que realizar días después de lo programado.
- Demora en la sustitución de piezas que fueron encontradas con desgaste durante los preventivos. El departamento de Compras tiene que hacer el pedido con anticipación, ya que la adquisición de estas piezas no es inmediata.

b. Mantenimiento Correctivo

Este mantenimiento consiste en efectuar reparaciones orientadas a mejorar las máquinas para reducir las posibilidades de que la misma avería vuelva a ocurrir.

Los operadores reportan los problemas que presenta el equipo durante el turno por medio de un *check list* y el llenado de un cuaderno de incidencias. Cuando ocurre una avería, avisan al supervisor de turno y éste llama a personal de mantenimiento para que realice las reparaciones correspondientes.

Los operadores tienen un cronograma mensual de lubricación de algunos puntos de las enderezadoras. Existen partes del equipo que requieren lubricación y no están incluidos en este cronograma.

La sección de Planeamiento y Control de Mantenimiento del departamento de Mantenimiento cuenta con un software llamado “*Maximo*”, el cual facilita la gestión del mantenimiento en toda la planta. En este sistema se ingresan las reparaciones por paradas imprevistas y mantenimientos preventivos realizados por personal de mantenimiento en los equipos incluyendo el tiempo requerido en su realización.

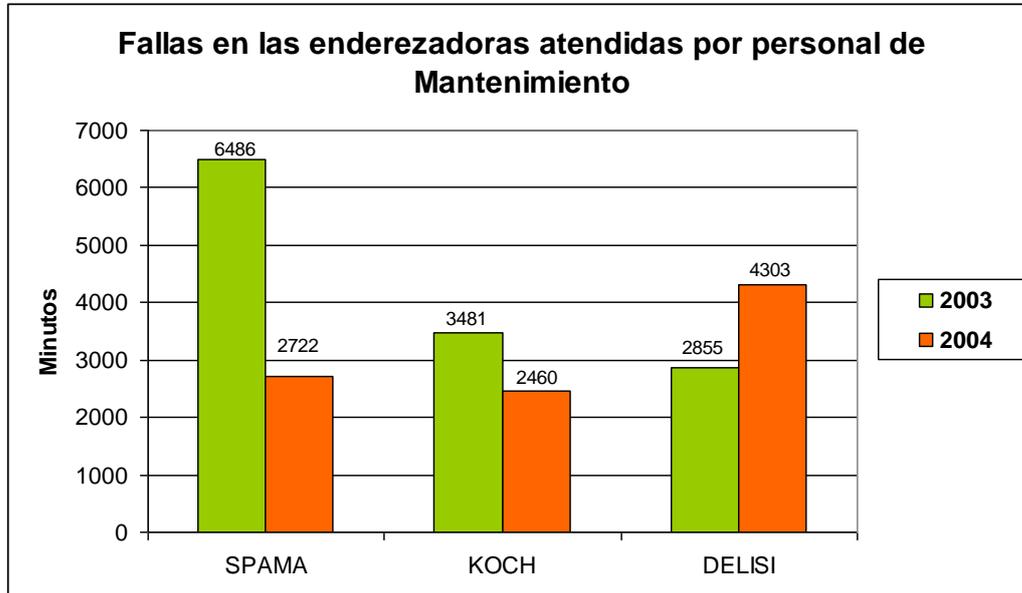
El historial de fallas registradas en el software “*Maximo*” de las tres enderezadoras en el año 2003 y 2004 es el siguiente:

Enderezadora SPAMA				
Id	PARTE	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	DURACIÓN (min)	FECHA
1	E21640	Avería del reductor principal	4536	07-Ene-03
2	E21662	Falla en rodillos arrastradores	706	28-Feb-03
3	E17720	Falla en cuchilla de corte	61	01-Mar-03
4	E21660	Falla de rodamientos - cambio	527	09-Mar-03
5	E21700	Falla eléctrica de tablero	59	17-Mar-03
6	E17720	Falla en el sistema de corte	400	15-May-03
7	E21620	Falla en el motor principal	151	22-Oct-03
8	E21662	Atascamiento en rodillos	46	24-Nov-03
9	E17720	Falla en sistema de corte	110	12-Ene-04
10	E21700	Falla en tablero eléctrico	150	25-Ene-04
11	E21621	Cambio de fajas	50	16-Feb-04
12	E21661	Recalentamiento en rodamiento del martillo	45	29-Feb-04
13	E21620	Falla de motor principal	150	04-Abr-04
14	E21620	Falla eléctrica en motor	450	11-Abr-04
15	E17720	Falla en cuchilla de corte	350	09-Jun-04
16	E17720	Falla en portacuchilla	47	06-Jul-04
17	E17720	Falla en sistema de corte	120	19-Ago-04
18	E21620	Falla en motor principal	280	12-Sep-04
19	E21660	Falla en los rodamientos - cambio	200	15-Oct-04
20	E17724	Falla en electroválvula	260	10-Nov-04
21	E21700	Falla en tablero eléctrico	510	11-Dic-04

Enderezadora KOCH				
Id	PARTE	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	DURACIÓN (min)	FECHA
1	E17523	Falla en rodillos de arrastre	84	11-Ene-03
2	E21330	Cambio de fajas	40	28-May-03
3	E21341	Falla en rodamientos	210	06-Jul-03
4	E15250	Falla del contactor K2 del mando del motor	70	18-Ago-03
5	E21350	Falla en sistema de freno de cizalla	360	02-Sep-03
6	E17525	Falla en sensor de corte	37	20-Sep-03
7	E21320	Falla en sistema de corte	430	26-Nov-03
8	E21340	Falla en eje de transmisión inferior	2250	20-Dic-03
9	E17523	Falla en transmisión principal	60	03-Feb-04
10	E15251	Falla en electroválvulas	75	13-Feb-04
11	E21350	Falla de freno - embrague	275	08-Mar-04
12	E21320	Falla en sistema de corte	150	12-Jun-04
13	E21341	Falla en los rodamientos	260	05-Ago-04
14	E21300	Falla eléctrica en tablero de mando	40	06-Ago-04
15	E21340	Falla en eje de transmisión inferior	1600	15-Nov-04

Enderezadora DELISI				
Id	PARTE	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	DURACIÓN (min)	FECHA
1	E21470	Falla en motor (motoventilador)	123	21-Ene-03
2	E15455	Falla de válvula neumática	81	21-Ene-03
3	E21470	Falla del motor	20	02-Feb-03
4	E15485	Falla en accionamiento del motor	179	05-Feb-03
5	E15455	Revisión de volante	22	18-Mar-03
6	E21500	Falla en transmisión del motor	145	24-Mar-03
7	E21490	Falla en eje de transmisión secundario	1020	20-May-03
8	E15451	Falla de eje inferior de caja de arrastre lado sur	360	16-Jun-03
9	E21470	Falla en motor	110	23-Ago-03
10	E15400	Falla en contactor de arranque	150	05-Sep-03
11	E21502	Cambio de faja	60	25-Sep-03
12	E17538	Reparación del martillo	555	24-Oct-03
13	E17537	Falla en rodamientos del martillo	30	23-Nov-03
14	E21490	Falla de transmisión de rodillos de entrada	140	07-Ene-04
15	E15455	Falla en la tapadera	180	14-Ene-04
16	E15453	Falla en accionamiento de corte	30	02-Feb-04
17	E15455	Falla de sistema neumático	180	04-Abr-04
18	E17537	Falla de rodamientos - cambio	900	08-Abr-04
19	E15455	Falla en la tapadera	128	15-Ago-04
20	E15455	Falla en la tapadera	150	01-Sep-04
21	E21490	Rotura del soporte del motor	2550	24-Sep-04
22	E21530	Falla en ventilador de intercambiador	45	12-Dic-04

En el siguiente gráfico se muestra el tiempo requerido para reparar las averías solucionadas por mantenimiento durante los años 2003 y 2004. Estos datos sólo corresponden a las paradas registradas por el personal de mantenimiento.



CAPITULO IV

Implantación del TPM en las enderezadoras de Laminado en Frío

4.1 PROBLEMAS

En la zona de las enderezadoras se han encontrado los siguientes problemas:

- Muchas piezas de las enderezadoras presentan desgaste.
- En la zona de las enderezadoras hay objetos extraños y no se han ubicado correctamente utensilios de limpieza, herramientas ni tachos de basura.
- Los equipos se encuentran sucios por la acumulación de laminillo (polvo metálico que se desprende de la barra metálica que pasa por las enderezadoras).
- Hay fugas de lubricante.
- Los equipos fallan continuamente.
- Hay situaciones inseguras.
- Falta mejorar la iluminación de la zona de enderezadoras para el turno nocturno.
- No se lleva un control de las lubricaciones y ajustes que se hacen en los equipos. Se cuenta con un cronograma de lubricación, pero este no tiene todos los puntos que necesitan ser lubricados ni las frecuencias correctas.

4.2 CAUSAS

Los problemas anteriormente citados se deben a las siguientes causas:

- Los operadores no conocen las actividades de mantenimiento autónomo para mantener sus equipos. Falta capacitación para que puedan desarrollar estas actividades.
- Los operadores no cuentan con las herramientas necesarias para realizar ajustes y pequeñas reparaciones.
- No se realizan inspecciones de estado de piezas ni de niveles de lubricante. Además hay equipos que no cuentan con visores que faciliten la inspección.
- Hay partes del equipo que no se lubrican con la frecuencia requerida.
- No se ha establecido un programa de 5S's para mantener el orden y la limpieza en el área de trabajo.
- No se llenan formatos donde se registre lubricación, ajuste y limpieza.
- Los operadores no cuentan con una engrasadora neumática para la lubricación de los equipos.

Los problemas y causas se obtuvieron de entrevistas con el personal de producción y de mantenimiento. En las entrevistas al personal de producción se realizaron encuestas, las cuales fueron realizadas en forma anónima. La encuesta se encuentra en el *anexo 3*. Además se realizaron inspecciones a las tres enderezadoras en presencia de personal de mantenimiento.

Con el TPM se logrará atacar estas causas y así resolver los problemas presentes, obteniendo equipos en buen estado, un lugar de trabajo agradable y una importante mejora en la actitud del personal.

4.3 DESARROLLO DE LA IMPLANTACIÓN

Etapa inicial

1° Paso – Compromiso de la alta gerencia

El departamento de TQM (*Total Quality Managment*) encargado de la mejora continua en la Corporación Aceros Arequipa identificó las deficiencias y problemas presentes en las máquinas, por lo que se planteó ante la gerencia la necesidad y los beneficios de implantar el TPM en la planta.

Es por ello que la alta gerencia se ha comprometido a participar y dar los recursos necesarios para permitir la implantación del TPM en el área de Laminado en Frío como piloto para la plena implantación del TPM en planta.

El éxito del TPM depende ante todo, del entusiasmo de los directivos, si ellos están motivados y decididos se logrará implantar exitosamente el TPM en toda la organización.

2° Paso – Campaña de difusión del método

Con la finalidad de difundir el TPM se ha dictado el curso “Filosofía de TPM” a todo el personal de producción del área de Laminado en Frío. Este curso contiene la definición del TPM, su historia, el mantenimiento autónomo y las seis grandes pérdidas. Además se mostraron ejemplos prácticos en cada uno de los temas contenidos en el curso.



Fig. 4.1 Dictado del curso “Filosofía de TPM”

Además, se ha repartido volantes con información sobre el TPM a todo el personal del área y se ha publicado información referente a TPM en los paneles de la planta de Laminado en Frío. Para lograr que el personal no ponga resistencia a los cambios que trae la implantación del TPM, es importante darle información inicial que lo motive.

3° Paso – Definición del comité de coordinación y nombramiento de los responsables para la gestión del programa y formación de los grupos de trabajo.

Se ha definido las siguientes responsabilidades:

a. Presidente del Comité TPM

- Dictar las políticas necesarias para facilitar la implementación y ejecución del TPM.
- Supervisar y revisar los avances del TPM en la Planta.
- Asignar los recursos necesarios para la implementación del TPM.
- Brindar el reconocimiento de los logros del personal involucrado con el TPM.
- Promover las actividades de grupos de TPM.
- Fomentar el compromiso y participación de los trabajadores.

b. Jefe de departamento – Mantenimiento

- Garantizar el cumplimiento del mantenimiento preventivo de los equipos.
- Apoyar en la formación de los grupos TPM.
- Apoyar en la elaboración de los módulos de capacitación.
- Entregar Indicadores de costo de mantenimiento de equipos definidos.
- Asistir en la determinación de las actividades de mantenimiento autónomo que los operadores realizaran en sus equipos.
- Controlar y revisar el plan de mantenimiento preventivo de los equipos.
- Participar en el restablecimiento de las condiciones operativas óptimas del equipo.

c. Jefe de departamento – Producción

- Crear las directivas necesarias para la ejecución adecuada del TPM en su departamento.
- Informar en el Comité de TPM los avances en su área.
- Programar y hacer cumplir los cronogramas de implantación del TPM establecidos en cada departamento.
- Asegurar la disponibilidad de los equipos para el mantenimiento preventivo.
- Entregar indicadores de los equipos mensualmente al departamento de TQM.
- Controlar los costos de implantación del TPM.

d. Jefe de Sección

- Llevar el control de los indicadores de TPM de la sección.
- Revisar y mantener actualizado los programas de mantenimiento autónomo.
- Generar las órdenes de trabajo a partir de las inspecciones de los operadores y de los acuerdos en las reuniones de los grupos de TPM.
- Realizar el seguimiento a las ordenes de trabajo generadas en la sección.
- Garantizar la disponibilidad de los equipos para el mantenimiento preventivo, según programa.
- Verificar el cumplimiento del mantenimiento preventivo.
- Supervisar el cumplimiento de las reuniones de los grupos de TPM.
- Supervisar el cumplimiento del mantenimiento autónomo.
- Garantizar que los equipos sean operados por personal con las competencias necesarias.
- Brindar las herramientas y materiales necesarios, para el mantenimiento autónomo.

e. Responsable del programa de TPM

- Coordinar los trabajos de mejora de los equipos.
- Coordinar la preparación de los cursos, así como asegurar la capacitación a todo el personal operativo.
- Llevar el control de la documentación referente a la capacitación y certificación de los operadores.
- Difundir la Filosofía del TPM en todas los departamentos y en todos lo niveles.
- Ejecutar Auditorías de TPM.

- Evaluar el rendimiento de los operadores y gestionar su certificación.
- Llevar el control de costos de la implantación del TPM.
- Apoyar en la difusión de material referente al TPM.
- Apoyar en la capacitación a los trabajadores.

f. Líder de grupo

- Dirigir las reuniones del grupo TPM.
- Coordinar y programar las reuniones del grupo TPM, levantar el acta de las reuniones de su grupo TPM, y distribuirla a los responsables indicados.
- Realizar el seguimiento a las actividades programadas en las reuniones de los grupos TPM.
- Comprometer y motivar a su personal en la asistencia a las reuniones.
- Supervisar el cumplimiento de las actividades asignadas en las reuniones de TPM.
- Mantener actualizado y archivado la documentación de sus equipos.
- Verificar el adecuado mantenimiento, almacenamiento y control de las herramientas de su equipo.
- Difundir y fomentar la aplicación de las 5S's.

g. Personal de mantenimiento (apoyo)

- Brindar asesoramiento técnico a los operadores para el cumplimiento de la capacitación autónoma.
- Capacitar y entrenar a los operadores en las actividades de mantenimiento autónomo, así como en reparaciones básicas de sus equipos.
- Apoyar en la evaluación de los operadores.
- Participar en las reuniones de TPM del grupo asignado.
- Apoyar en la elaboración de los documentos para la ejecución de las actividades de mantenimiento autónomo.

h. Operadores, miembros de grupo

- Cumplir con las actividades de mantenimiento autónomo y aplicación de las 5S's en sus equipos.
- Participar en la "Capacitación Autónoma" para compartir sus conocimientos con compañeros.
- Llenar formatos y mantenerlos archivados de acuerdo a lo establecido.
- Conservar y controlar adecuadamente los recursos asignados.
- Comprometerse en las actividades designadas por el grupo para la mejora de sus equipos.
- Participar en el mantenimiento de sus equipos.
- Analizar las posibles mejoras en sus equipos.
- Comunicar oportunamente los principales problemas en sus equipos.
- Elaborar objetivos de grupo que formen parte de objetivos mayores del TPM.

Se formó el grupo de TPM "*Máquinas en acción*" conformado por los trece operadores de las enderezadoras. El acta de constitución del grupo se encuentra en el *anexo 4*.

4° Paso – Política básica y metas.

En la empresa se tiene la siguiente política de TPM:

“Corporación Aceros Arequipa S.A. promueve el trabajo en equipo, en todos sus niveles jerárquicos con equipos conformados por personal de producción y mantenimiento, en la búsqueda de la mejora continua que nos permita alcanzar niveles óptimos de rendimiento y eficiencia de los equipos”.

Para esto, la empresa se compromete a:

- Difundir la cultura de TPM en todos los niveles de la empresa.
- Formar trabajadores con iniciativa, creatividad y capacidad de análisis.
- Cumplir con las actividades de mantenimiento programadas.

5° Paso – Plan piloto.

Se estableció una programación para la implantación del TPM en las enderezadoras del área de Laminado en Frío. El cronograma de la implantación se encuentra en el *anexo 5*.

La implantación del TPM en las enderezadoras será el piloto para una implantación posterior en todos los equipos del área y después llegar a implantar el TPM en toda la planta.

Se seleccionó las enderezadoras como piloto para la implantación por ser máquinas con gran carga de trabajo y son necesarias en el proceso de producción de varillas corrugadas.

Etapas de implantación

6° Paso – Inicio de la implantación

Se realizó reuniones con todos los operadores de las enderezadoras, donde se han tratado temas acerca de la importancia de medir la Efectividad Global del Equipo (EGE), la realización de actividades autónomas y los problemas que presenta el equipo y cómo podrían ser resueltos. Además se comprobó mediante evaluaciones, si los operadores comprenden la importancia del TPM y los objetivos a los que se quiere llegar con su implantación.

Con la finalidad de conocer el estado actual del equipo y en que condiciones está siendo operado, se realizó una auditoría imprevista a las tres enderezadoras en un día normal de producción. Se presentó un informe a las jefaturas de Laminado en Frío y Mantenimiento, donde se muestran los problemas encontrados. El informe se encuentra en el *anexo 6*.

7°Paso – “Kobetsu-Kaisen” para la obtención de la eficiencia de los equipos e instalaciones.

El levantamiento detallado de las necesidades de mejora de las enderezadoras se ha realizado aprovechando el mantenimiento preventivo, esto fue complementado con sugerencias dadas por el jefe del departamento, personal de mantenimiento y operadores.

8°Paso – Establecimiento del “Jishu-Hozen” (mantenimiento autónomo).

Se realizó un listado de las actividades de mantenimiento autónomo. Esta lista se elaboró con personal de mantenimiento y de producción y contó con la aprobación de las jefaturas.

El personal que opera las enderezadoras fue evaluado para identificar el nivel en que se encontraba. Una vez identificados los conocimientos y habilidades que se necesitaban se inició la capacitación, la cual fue desarrollada por personal de mantenimiento. Esta capacitación se realizó en forma práctica y escrita. Además se tomaron evaluaciones para identificar el avance en el aprendizaje por parte de los operadores.

Una vez trasladadas todas las actividades autónomas a los operadores, se ha elaborado formatos de TPM, para que sean llenados por los operadores. Estos formatos fueron revisados por el supervisor del área y por personal del departamento de Mantenimiento, una vez aprobados se inició con el llenado por parte de los operadores en cada turno. Para el correcto llenado de los formatos, los operadores fueron capacitados por personal del departamento de Mantenimiento. Los formatos llenados son revisados por la jefatura del área y por personal de mantenimiento en cada turno con la finalidad de resolver cualquier avería o problema generado en la inspección del equipo. Los formatos se encuentran en el *anexo 7*.

9°Paso – Eficacia de los equipos por la ingeniería de producción (operación y mantenimiento).

Se instalaron visores, para mejorar la inspección de niveles de aceite. También se facilitó graseras para mejorar la lubricación de las máquinas y se han realizado algunos cambios de piezas.

Se realizó un inventario de las herramientas existentes y se hizo el pedido de las que se necesitan para realizar el mantenimiento autónomo y reparaciones menores. Se ha mandado a colocar un panel para mantener un control ordenado de las herramientas.

Todo esto se ha realizado con la finalidad de facilitar un mantenimiento autónomo eficiente y rápido.

10° Paso – Establecimiento del sistema para la obtención de la eficiencia global en las áreas de administración.

La calidad, precisión y oportunidad en el tiempo de la información de los departamentos de ingeniería y administración afectan profundamente a lo que hace el departamento de producción. El núcleo del TPM está en mejorar esta información.

Para facilitar la gestión de atención de reparación de averías imprevistas se ha designado una persona del área de Laminado en Frío para que realice actividades exclusivas de mantenimiento y que sirva de apoyo al personal del departamento de Mantenimiento.

Se ha implantado la filosofía de 5 S's en las oficinas de Laminado en Frío para mejorar el orden y la limpieza.

Se ha elaborado un formato para el ingreso de los datos de producción y las incidencias en el turno. Esto ha facilitado el llenado de los datos por parte de los operadores debido a que anteriormente se llenaba un parte de producción y un cuaderno de incidencias, en los cuales se repetían varios datos que el operador tenía que llenar en cada turno.

Cambios en otras áreas por la implantación del TPM:

El departamento de Mantenimiento determinó las piezas que necesitaban cambio frecuente en las enderezadoras. La adquisición de estas piezas tiene demoras cuando son solicitadas a los proveedores, por lo que se ha decidido contar con ellas en Almacén, y así tenerlas en stock para una oportuna sustitución en el equipo. Estas piezas son: Rodillos enderezadores, cuchillas y dados del *spinner*. El área de Planeamiento y Control de Inventarios (P.C.I.) en coordinación con el área de Compras tiene que asegurar la llegada de estos repuestos al Almacén General para mantener el stock mínimo de repuestos.

Con respecto al departamento de Recursos Humanos, dentro de su plan de capacitación se ha incluido cursos para incrementar el nivel de conocimientos técnicos de los operadores.

11° Paso – Establecimiento del sistema, buscando la promoción de condiciones ideales de seguridad, higiene y ambiente agradable de trabajo.

Se han analizado las situaciones inseguras que existen en la zona de las enderezadoras y se han realizado las mejoras, por ejemplo, se instaló una sirena de alerta a la grúa que evacua el material terminado procesado en las enderezadoras.

Se ha mejorado la iluminación del área para facilitar el trabajo en los turnos nocturnos.

El tener una filosofía de 5 S's aplicada en toda la planta permite mantener el área de trabajo limpia y libre de elementos extraños, asegurando un ambiente de trabajo agradable.

Etapa de implantación

12° Paso – Aplicación plena del TPM (ampliación a los demás equipos) e incremento de los respectivos niveles.

Una vez terminado la implantación del TPM en las enderezadoras se ha conseguido lo siguiente:

- Los operadores realizan el mantenimiento autónomo y llenan los formatos de TPM en cada enderezadora todos los turnos, esto permite llevar un control del funcionamiento y mantenimiento de las máquinas disminuyendo la frecuencia de fallas.
- Los operadores realizan mensualmente reuniones de grupo donde se plantean actividades de mejora en los equipos y en la zona de trabajo. Estas actividades tienen un responsable y un plazo para su realización.
- Los operadores realizan cursos de capacitación autónoma, los cuales son dictados al resto de sus compañeros, esto permite un incremento de conocimientos y habilidades en el personal.
- Se lleva un control semanal del EGE (Efectividad Global de los Equipos) para detectar las pérdidas que afectan la efectividad de las enderezadoras.

Ahora se tiene el TPM en las enderezadoras y ya se puede iniciar la implantación en el resto de equipos de la planta de Laminado en Frío para luego ser difundido en toda la empresa.

Con la medición del EGE se han definido como metas para las tres enderezadoras los siguientes valores:

- Disponibilidad 0.960
- Rendimiento 0.850
- Tasa de Calidad 0.999

4.4 EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS EN LAS ENDEREZADORAS

El cálculo de la Efectividad Global de las enderezadoras de Laminado en Frío se realiza semanalmente de la siguiente manera:

a. Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(TO - PP) - PNP}{(TO - PP)} \times 100$$

Donde:

TO = Tiempo de operación de las enderezadoras: 144 horas/semana

PP = Paradas programadas medidas en horas.

PNP = Paradas no programadas medidas en horas.

b. Índice de Rendimiento

$$\text{Índice de Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo ideal de ciclo} \times \text{Cantidad procesada}}{\text{Tiempo de funcionamiento real TFR}}$$

Donde:

Tiempo ideal de ciclo: - Enderezadora SPAMA: 0.645 horas/Tonelada

- Enderezadora DELISI : 0.714 horas/Tonelada

- Enderezadora KOCH : 0.714 horas/Tonelada

Cantidad Procesada: Cantidad de producto procesado en una semana en toneladas.

Tiempo de funcionamiento real: TO-(PP+PNP)

c. Tasa de Calidad

$$\text{Tasa de Calidad} = \frac{\text{Piezas producidas} - \text{Rechazos}}{\text{Piezas producidas}}$$

Donde:

Piezas producidas : Cantidad de producto procesado en una semana en toneladas.

Rechazos : Cantidad de producto defectuoso causado por la enderezadora.

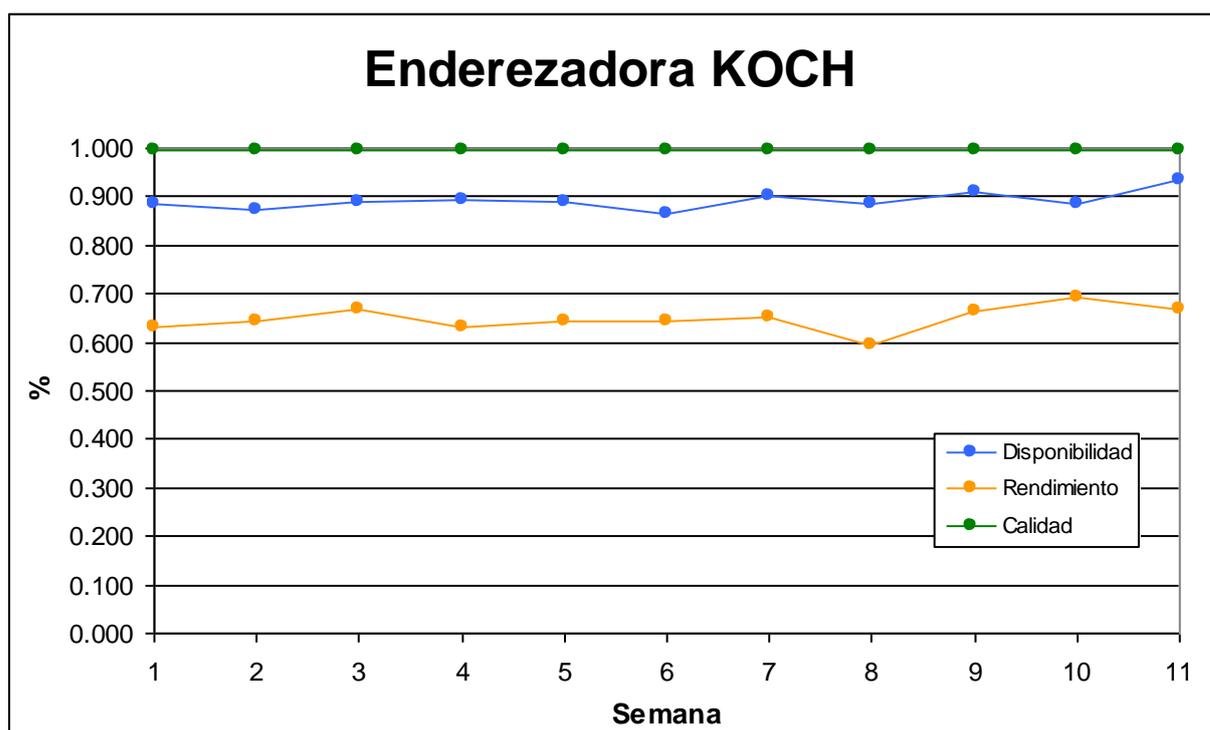
La efectividad Global de los Equipos (EGE), el cual se expresa en porcentaje, es:

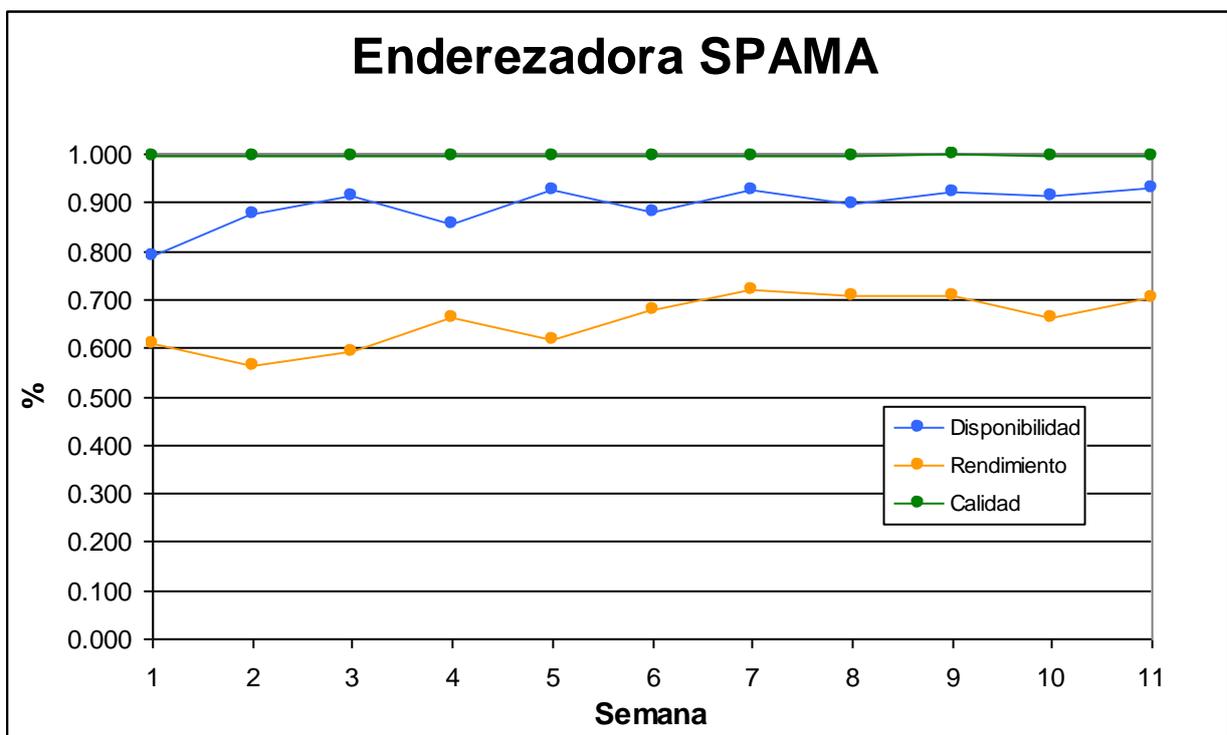
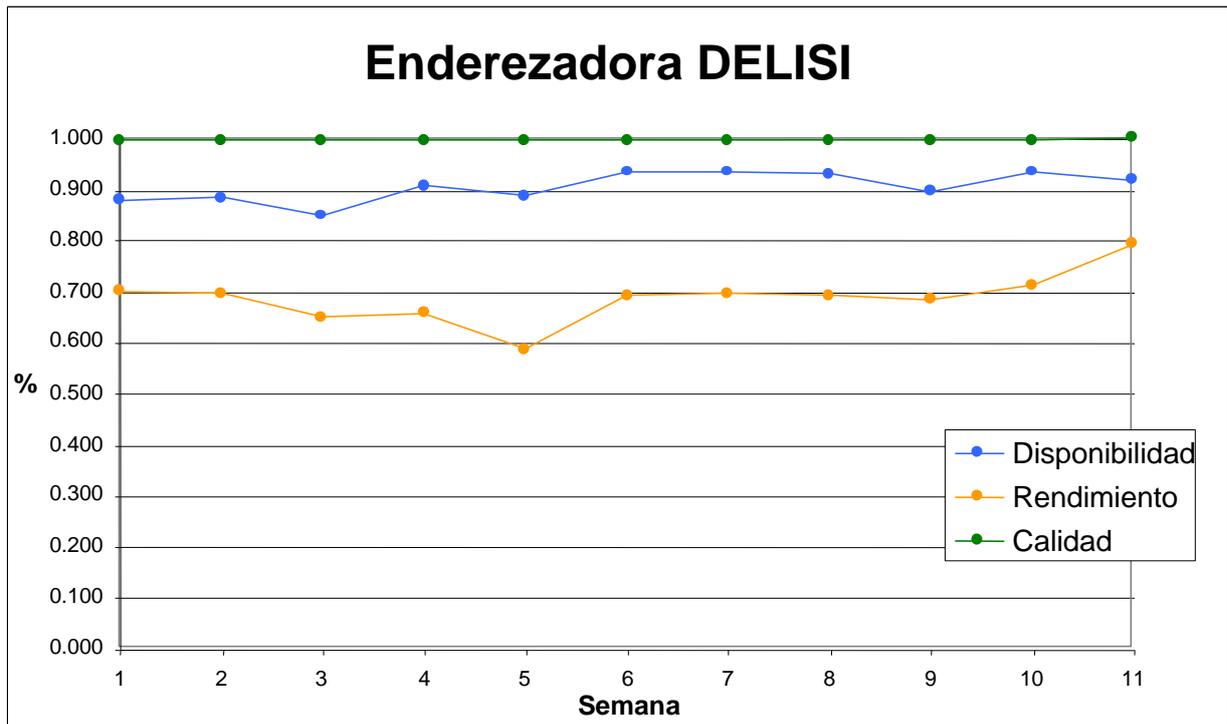
$$\text{EGE} = [\text{Disponibilidad} \times \text{Índice de Rendimiento} \times \text{Tasa de Calidad}] \times 100$$

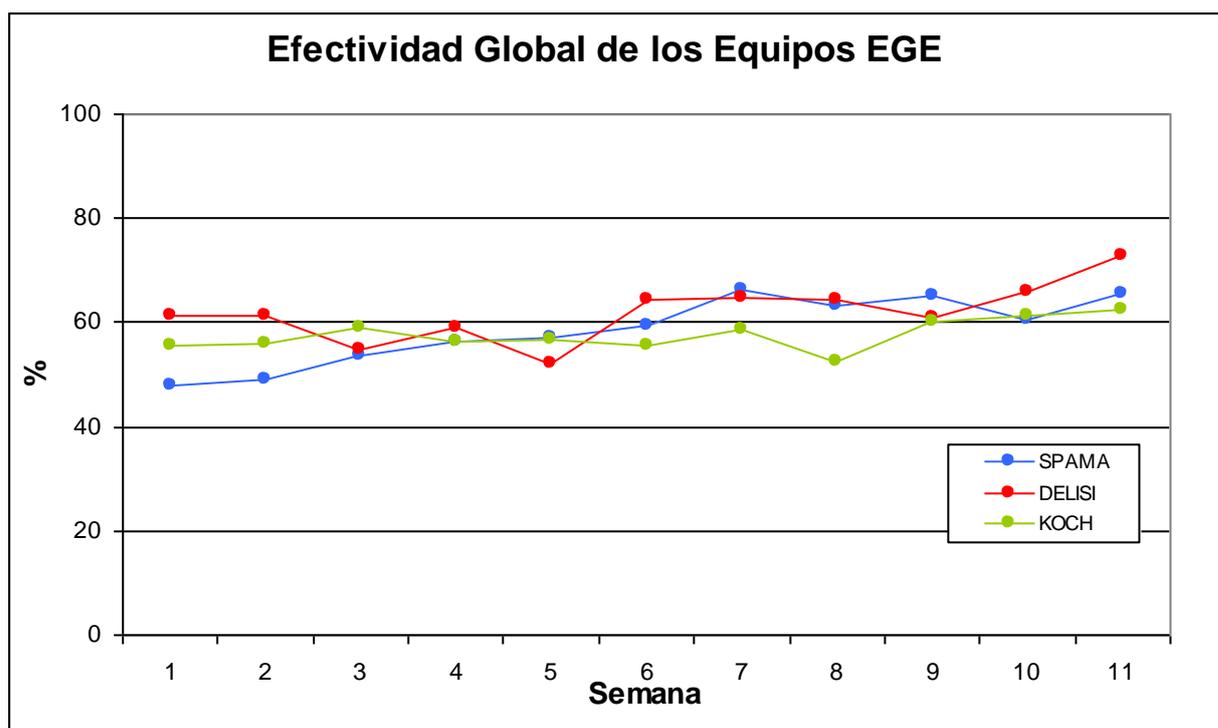
En el *anexo 8* se muestra el cuadro del cálculo del EGE correspondiente a una semana de producción en la zona de enderezadoras.

En las gráficas siguientes se muestra la Efectividad Global de los Equipos obtenida en las enderezadoras Spama, Koch y Delisi durante once semanas:

Semana	SPAMA				DELISI				KOCH			
	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	EGE %	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	EGE %	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	EGE %
1	0.789	0.611	0.995	47.98	0.879	0.700	0.995	61.25	0.885	0.632	0.995	55.65
2	0.876	0.564	0.996	49.19	0.882	0.697	0.997	61.23	0.871	0.645	0.997	56.00
3	0.914	0.591	0.995	53.74	0.848	0.649	0.996	54.79	0.887	0.666	0.997	58.92
4	0.854	0.661	0.996	56.20	0.907	0.654	0.997	59.16	0.892	0.632	0.996	56.16
5	0.928	0.617	0.997	57.04	0.888	0.587	0.998	52.03	0.889	0.642	0.996	56.88
6	0.880	0.678	0.998	59.50	0.933	0.693	0.997	64.48	0.865	0.644	0.997	55.56
7	0.926	0.718	0.998	66.34	0.932	0.695	0.998	64.66	0.902	0.652	0.997	58.64
8	0.899	0.706	0.998	63.30	0.930	0.693	0.998	64.28	0.885	0.593	0.997	52.39
9	0.921	0.707	0.998	65.03	0.893	0.683	0.998	60.86	0.909	0.662	0.998	60.04
10	0.916	0.664	0.997	60.63	0.932	0.710	0.997	65.99	0.887	0.693	0.997	61.23
11	0.930	0.705	0.998	65.40	0.919	0.792	0.998	72.62	0.936	0.667	0.998	62.34







En las gráficas se nota una mejora en la efectividad global de los equipos a medida que se ha ido implantando el TPM en las enderezadoras.

4.5 COSTOS DE LA IMPLANTACIÓN

Los costos de la implantación del TPM en la planta de Laminado en Frío en las diferentes etapas se detallan a continuación:

- Etapa Inicial

Campaña de difusión del método.

Descripción	Costo S/.
Separatas del curso de filosofía de TPM	26.00
Volantes de TPM y publicaciones	75.00
Incentivos	70.00
Horas-Hombre de personal asistente	338.00
Horas-Hombre del expositor	84.00
Sub-Total	S/. 593.00

- Etapa de implantación

Establecimiento del mantenimiento autónomo.

Descripción	Costo S/.
Elaboración de formatos	100.00
Reposición de herramientas	2050.20
Sub-Total	S/. 2,150.20

Eficacia de los equipos por la ingeniería de producción.

Descripción	Costo S/.
Cambios y mejoras en las máquinas	3200.00
Horas-hombre personal de mantenimiento	312.00
Sub-Total	S/. 3,512.00

Establecimiento del sistema, buscando la promoción de condiciones ideales de seguridad, higiene y ambiente agradable de trabajo.

Descripción	Costo S/.
Instalación de reflectores para mejorar iluminación	540.00
Instalación de sirena en grúa	385.00
Sub-Total	S/. 925.00

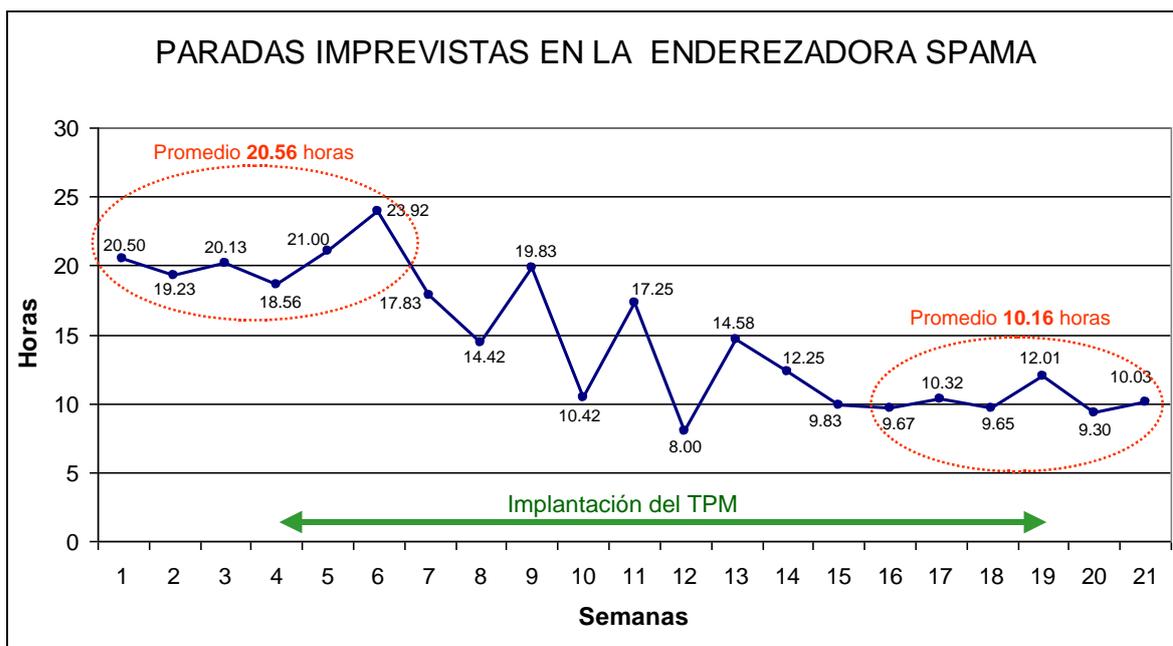
El costo total es de **S/. 7,180.20** durante la implantación del TPM en la planta de Laminado en Frío.

La implantación del TPM en la zona de enderezadoras en el área de Laminado en Frío ha traído grandes ahorros en los costos producidos por las paradas imprevistas. Estos ahorros se muestran en el siguiente cuadro:

Enderezadora	Antes de implantación			Después de implantación		
	Horas de parada a la semana	Costo de parada por hora S/.	Costo mensual por paradas S/.	Horas de parada a la semana	Costo de parada por hora S/.	Costo mensual por paradas S/.
SPAMA	20.56	17.78	1,461.95	10.16	17.78	722.78
DELISI	17.43	14.75	1,028.47	10.13	14.75	597.80
KOCH	16.96	14.98	1,015.97	12.74	14.98	763.65
	Total mensual S/.		3,506.39	Total mensual S/.		2,084.22

Esto significa un ahorro mensual de **S/. 1,422.16** por la disminución de horas de paradas imprevistas después de la implantación del TPM.

- El cálculo de *horas de parada* se ha obtenido de la medición semanal del tiempo por paradas imprevistas. El tiempo por paradas antes y después de la implantación se ha calculado en base a promedios. A continuación se muestra la obtención de las horas de parada antes y después en la implantación del TPM en la enderezadora Spama:



- El *costo de parada por hora* es un dato proporcionado por el área de Planeamiento y Control de la Producción en función de la distribución de los costos fijos de la zona de enderezadoras en el producto terminado.

RESULTADOS

- La motivación de los operadores ha mejorado considerablemente. Además, el personal de producción ha mejorado sus habilidades y ha adquirido nuevos conocimientos gracias a la capacitación autónoma.
- Los operadores realizan un mejor cuidado de las máquinas enderezadoras del área de Laminado en Frío, ya que con la capacitación recibida conocen mejor su equipo. Aceptan con mayor responsabilidad los cuidados que deben tener con sus equipos asignados.
- Con la medición de la Efectividad Global de los Equipos se obtuvo lo siguiente:
 - La Tasa de Calidad es alta debido a que el producto que se pierde al ser procesado por las enderezadoras es muy poco.
 - Ha habido una mejora en la Disponibilidad y en la Tasa de Rendimiento ya que el mantenimiento autónomo ha mejorado las condiciones de la máquina reduciendo las averías que producen paradas de producción.
- La limpieza y el orden han mejorado notablemente en toda el área. Además se han eliminado las fugas de lubricante.
- Con el TPM se ha fortalecido el trabajo en equipo: el personal de producción y el de mantenimiento trabajan en equipo para conseguir mejores resultados de operación, la confiabilidad del equipo y la calidad del producto, rompiendo el paradigma de “yo opero, tú reparas”.
- El equipo de operadores se reúnen mensual o regularmente en donde continuamente se plantean actividades de mejora para la maquinaria y el área.
- Los costos resultantes de la implantación no son muy elevados comparado con los grandes beneficios que se obtienen con el TPM.

CONCLUSIONES

- Los operadores participan en la solución de problemas y mejoras en el equipo. Además la implantación del TPM ayudó a que los operadores contribuyan con sugerencias para mejorar las condiciones de operación, seguridad y mantenimiento del equipo.
- El equipo sometido a TPM será elevado a su desempeño óptimo, corrigiendo cualquier anomalía encontrada. También será adaptado con modificaciones principalmente sugeridas por el operador y supervisores de producción, analizadas y aprobadas por el equipo de trabajo en conjunto. Estas modificaciones no solo mejoran la eficiencia de la máquina misma, sino también del área en general.
- Aplicando correctamente el TPM se tienen equipos limpios y conservados, esto permite una menor probabilidad de sufrir una falla o desperfecto; cualquier anomalía que pudo derivar en un problema mayor, será detectada y resuelta en sus etapas iniciales.
- Mediante su participación en el mejoramiento y la puesta en óptimas condiciones de la máquina, operadores, supervisores y todo el equipo de trabajo desarrollan un sentimiento de propiedad. Esta es tal vez una de las partes más importantes del proceso de implantación del TPM. Participando en esta clase de proyectos se crea en cada individuo un sentido de orgullo y compromiso que les hace sentir parte de la empresa.
- La implantación del TPM requiere de tiempo y los resultados positivos no son tan fáciles de conseguir, pero se llega a ellos con el apoyo de la gerencia y la participación de todos los trabajadores de todo nivel. Al principio se tuvo un poco de resistencia al cambio por parte de los trabajadores, pero esto fue superado poco a poco.
- El objetivo del TPM es hacer que las personas cambien sus ideas y comportamientos, implicando una alteración positiva de la cultura general de la organización. Para conseguir esto, es indispensable que todos los empleados participen en todos los niveles y en especial, en los niveles superiores; no se debe olvidar que el TPM es implantado de arriba hacia abajo.
- La dirección de la empresa debe involucrar la inversión en programas como el TPM, lo que requiere un convencimiento racional y económico, lo cual no es fácil de lograr. Se debe eliminar los antagonismos entre jefes y trabajadores para laborar en común acuerdo, ofrecer mayor capacitación en todos los niveles de la organización y estimular la incorporación de nuevas tecnologías.

- El TPM plantea nuevas formas de pensamiento, comunicación y trabajo que involucran a todas las personas de la organización y promueve el conocimiento, la información e innovación.
- La implantación del TPM trae grandes beneficios como: mejora generalizada en la eficiencia de los equipos, productos de alta calidad, mejora del ambiente de trabajo, reducción de accidentes, crecimiento de la capacidad profesional, etc. Además, los operadores mejoran el cuidado de sus equipos, hay un sentido de pertenencia y de trabajo en equipo, se genera un sentido de orgullo y lealtad por la empresa, mayor motivación y mayor seguridad laboral.
- El control de la Efectividad Global de los Equipos (EGE) permite identificar el tipo de pérdida que afecta la efectividad de las máquinas permitiendo atacar las causas y resolver los problemas aumentando la productividad.

REFERENCIAS

CAPÍTULO I

(1) www.monografias.com

(2) CONFERENCIA:EL NUEVO PARADIGMA DEL MANTENIMIENTO RCM2 LA HERRAMIENTA DE TERCERA GENERACIÓN. Ellmann, Sueiro y asociados.

(3) TPM para operadores, Kunio Shirose, Pág. 10

(4) II Simposio Internacional de Mantenimiento 9-12 de Setiembre 1998-TECSUP Expositor: Ingeniero Carlo Mario Pérez.

CAPÍTULO II

(1) www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/TPMIndustrial.htm

(2) www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/articles.htm

(3) TPM Programa de desarrollo, Seiichi Nakajima , Pág. 1

(4) TPM Programa de desarrollo, Seiichi Nakajima , Pág. 5

(5) TPM Programa de desarrollo, Seiichi Nakajima , Pág. 2

(6) www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/tpm/tpmprocess/default.htm

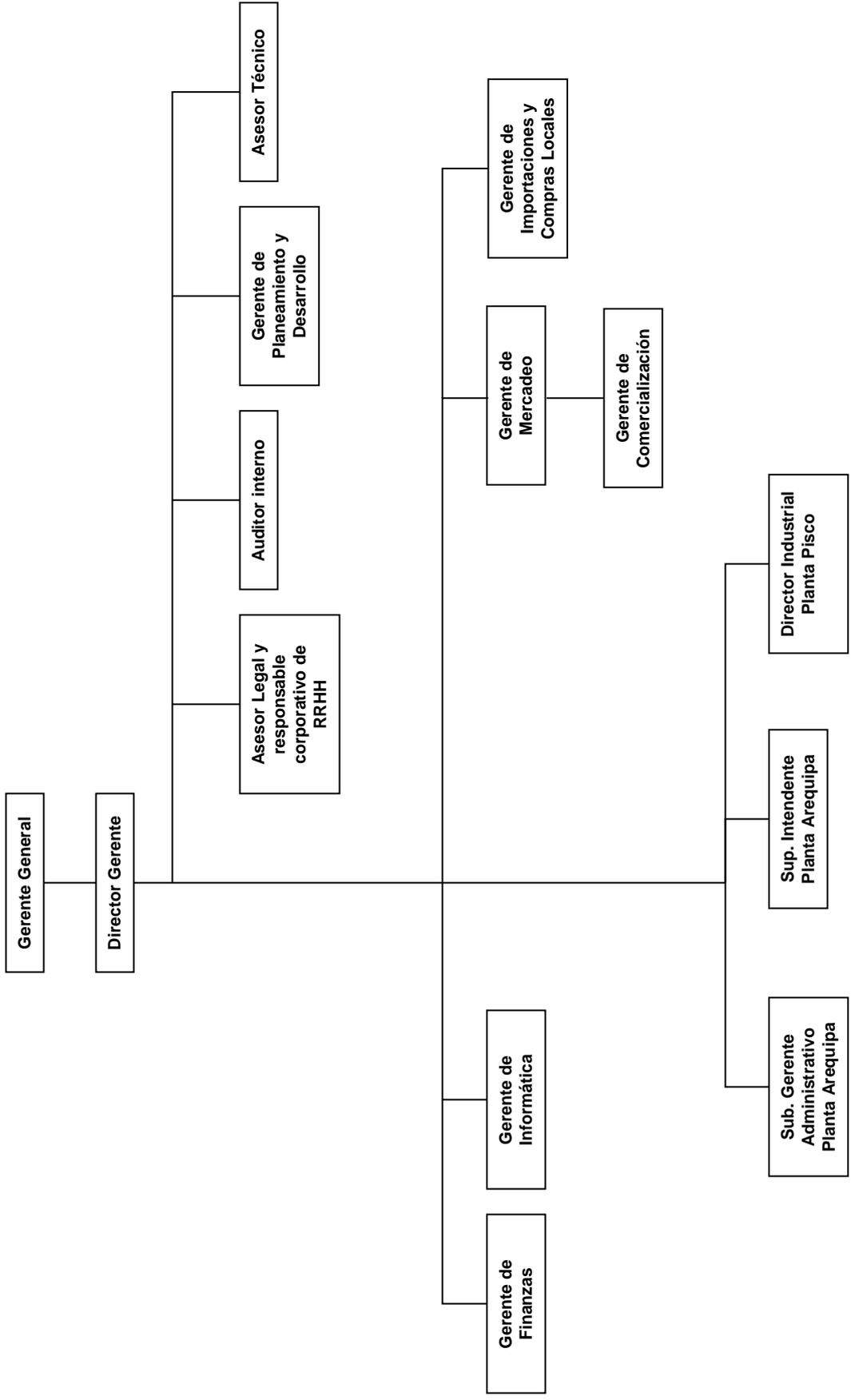
(7) www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/TPMIndustrial.htm

(8) TPM para operadores, Kunio Shirose, Pág. 29

(9) Administración moderna de mantenimiento, Lourival Augusto Tavares, Pág. 112

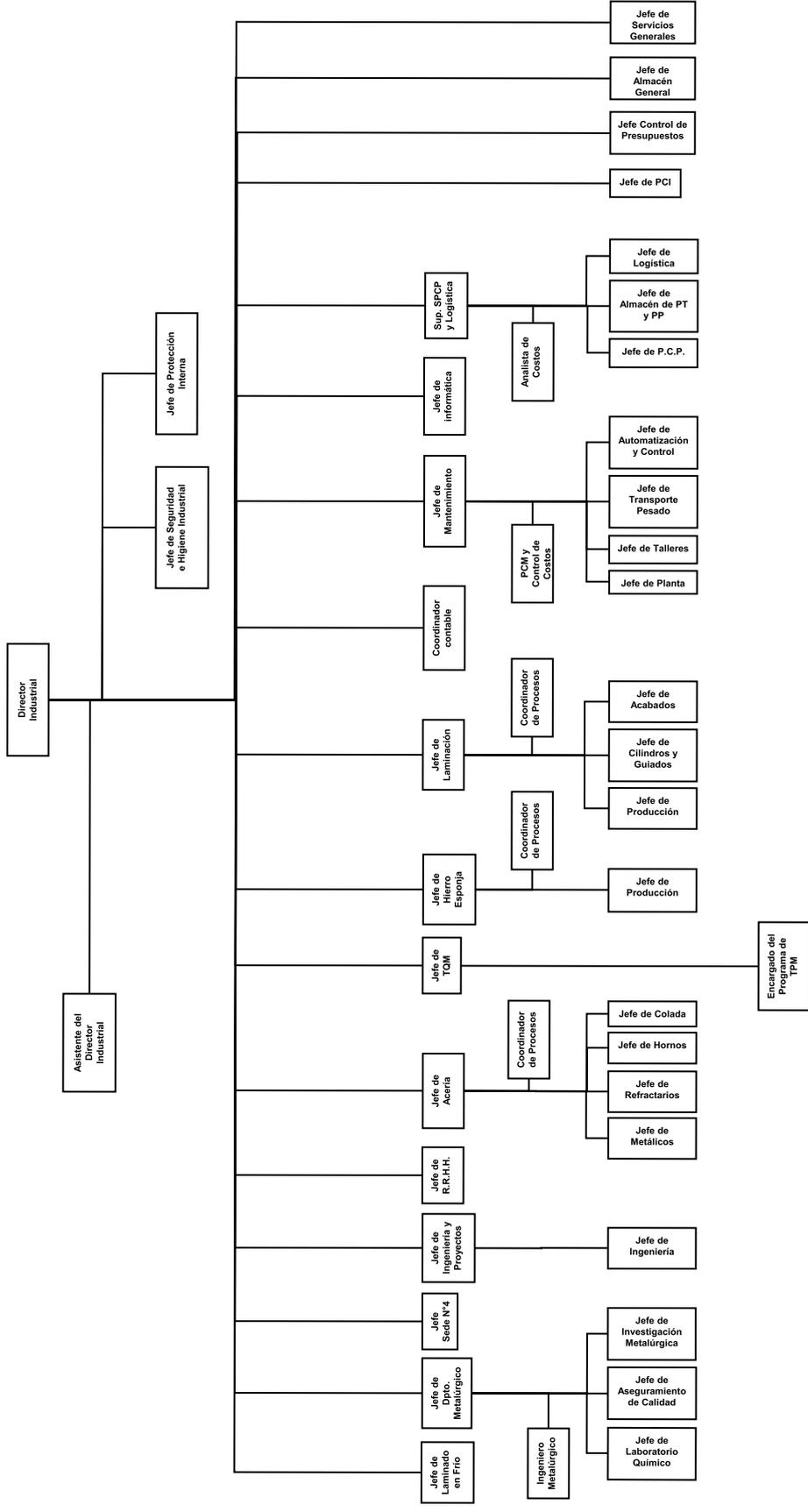
ANEXO 1

ORGANIGRAMA CORPORATIVO



ANEXO 2

ORGANIGRAMA DE SEDE N°2 - PLANTA PISCO



ANEXO 3

ENCUESTA

Indicaciones:

La presente encuesta busca oportunidades de mejora en el área de las enderezadoras y agradeceremos de antemano su llenado con la mayor honestidad posible.
Cualquier duda o consulta sobre esta encuesta o sobre el programa en general no duden en comunicarse a TQM: anexo 2502 o tqm2@asa.com.pe (Jorge Silva).

1 ¿Cuáles son los problemas más frecuentes en las enderezadoras?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2 ¿Con qué frecuencia se realiza la limpieza de las enderezadoras?

.....
.....
.....

3 ¿Qué puntos se lubrican en las enderezadoras? ¿Con qué frecuencia?

.....
.....
.....

4 ¿Qué ajustes se realizan en las enderezadoras? ¿ En qué partes?

.....
.....

5 ¿Con qué frecuencia inspeccionan las enderezadoras?

.....
.....

6 ¿Se cuenta con las herramientas necesarias para efectuar reparaciones menores?

.....
.....

7 ¿Qué hace cuando falla la máquina?

.....
.....
.....

8 Si tiene algún comentario sobre la zona de enderezadoras, por favor indíquelo aquí

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

GRACIAS

ANEXO 4



ACTA DE CONSTITUCION DE GRUPO DE TPM



NOMBRE DEL GRUPO

"Máquinas en acción"

FRECUENCIA DE REUNIONES:

FECHA DE CREACION

04 de Febrero del 2005

01 mensual

	NOMBRE Y APELLIDO	AREA	CODIGO	FIRMA
LIDER	Waldo Calderón Luján	Laminado en Frío	P80365	
MIEMBROS	Carlos De la Cruz Conislla	Laminado en Frío	P80385	
	Javier Gutiérrez Franco	Laminado en Frío	P80369	
	Jaime Ramírez Fernández	Laminado en Frío	502433	
	Pablo Muchaypiña Torrealva	Laminado en Frío	P80370	
	Roger Garay Arteaga	Laminado en Frío	504365	
	Luis Tasayco Espino	Laminado en Frío	P80371	
	Ruben Vargas Garibay	Laminado en Frío	P80374	
	Jaime Tataje Pacheco	Laminado en Frío	P80372	
	Leopoldo Panta Vergara	Laminado en Frío	P80382	
	Fares Palomino Marcos	Laminado en Frío	502893	
	Joaquín Parodi Chale	Laminado en Frío	P80368	
	William Cofré Jiménez	Laminado en Frío	P80366	
COORDINADOR GRUPO	Fernando Apolaya Huasasquiche	Laminado en Frío	P70258	

Ing. Alberto Rodriguez
Jefe de Laminado en Frío

Ing. Luis Bedoya
Jefe de T.Q.M.

ANEXO 5

ANEXO 6

	AUDITORÍA TPM	CÓDIGO : PRTPM002 REVISIÓN : 02 APROBA : FBC PÁGINA : 1 DE 2 FECHA : 2004/05
	INFORME DE AUDITORÍA DE TPM	

EQUIPO AUDITADO : ENDEREZADORAS

DEPTO/SECCIÓN AUDITADO : <u>LAMINADO EN FRÍO</u> JEFE DPTO. AUDITADO : <u>Ing. Alberto Rodríguez</u> AUDITOR : <u>Jorge Silva Burga</u>	PERSONAS CONTACTADAS: <u>Sr. Fernando Apolaya</u> <u>Sr. Carlos de la Cruz</u> <u>Sr. Rubén Vargas</u> <u>Sr. Pablo Muchaipiña</u>
---	---

1 RESUMEN DE LA AUDITORÍA

El día 22 de Setiembre se realizó auditoría a las enderezadoras Spama, Delisi y Koch del área de Laminado en Frío.

2 NO CONFORMIDADES

#	ASPECTO DE TPM	DESCRIPCION

3 OBSERVACIONES

#	ASPECTO DE TPM	DESCRIPCION
1	Orden y Limpieza	Los artículos de limpieza se encuentran en lugares inapropiados.
2	Orden y Limpieza	Presencia de objetos extraños en el área (botellas, trapo industrial, etc.)
3	Control de Herramientas	Los operadores no cuentan con herramientas adecuadas para realizar sus actividades.
4	Orden y Limpieza	La enderezadora delisi presenta fugas en el pistón hidráulico, en los ejes arrastradores y en la caja de engranajes.
5	Ajuste	La enderezadora delisi presenta juego en los rodillos arrastradores.
6	Inspección	La enderezadora delisi presenta dos válvulas mal reparadas, sujetas con alambres (Válvula de rodillos arrastradores y válvula de brazo de retención de paquetes).
7	Orden y Limpieza	La enderezadora Koch presenta fugas en la caja de embrague y en los rodillos arrastradores caja 2 y 3.
8	Inspección	La enderezadora Koch tiene problemas en la cuchilla: no regresa a su posición original.

4 RECOMENDACIONES

#	ASPECTO DE TPM	DESCRIPCION
1	Inspección	Instalar visores para que los operadores puedan inspeccionar niveles de aceite.
2	Orden y Limpieza	Mejorar la limpieza y el orden en el área de trabajo.

Auditor 1

Auditor 2

Fecha : 22 de Setiembre del 2004



ANEXO 7

TPM - LAMINADO EN FRÍO



ENDEREZADORA KOCH

Fecha _____
 Operador _____
 Turno _____
 Producto _____

LIMPIEZA

DESCRIPCIÓN	REALIZADO	OBSERVACIÓN
Rodillos de arrastre	<input type="checkbox"/>	
Martillo	<input type="checkbox"/>	
Faja B 96	<input type="checkbox"/>	
Faja A 90	<input type="checkbox"/>	

AJUSTE

DESCRIPCIÓN	REALIZADO	OBSERVACIÓN
Rodillos de arrastre (Llave mixta 36mm)	<input type="checkbox"/>	
Soporte de rodamiento del martillo (Llave Allen 14mm)	<input type="checkbox"/>	
Martillo (Llave mixta 22mm)	<input type="checkbox"/>	

LUBRICACIÓN

DESCRIPCIÓN	REALIZADO	OBSERVACIÓN
Soporte de rodamiento del martillo (Shell Polymol)	<input type="checkbox"/>	

INSPECCIÓN

DESCRIPCIÓN	ESTADO		OBSERVACIÓN
	BUENO	MALO	
Estado de graseras de soporte de rodamiento del martillo			
Nivel de aceite de rodillos de arrastre (Omala 150)			
Nivel de aceite de sistema de corte (Omala 150)			
Nivel de aceite de freno-embrague (Omala 150)			
Presión de FRL (4.5 bar)			
Nivel de aceite de FRL (Tellus 46)			
Estado de faja B 96			
Estado de faja A 90			
Estado de torre de alimentación			

OBSERVACIONES

 Responsable de Turno

 V° B° Jefatura

 Mantenimiento

TPM - LAMINADO EN FRÍO



ENDEREZADORA SPAMA

Fecha _____
 Operador _____
 Turno _____
 Producto _____

LIMPIEZA

DESCRIPCIÓN	REALIZADO	OBSERVACIÓN
Rodillos de arrastre	<input type="checkbox"/>	
Martillo	<input type="checkbox"/>	
Bandeja colectora de laminillo	<input type="checkbox"/>	
Unidad de mantenimiento FRL	<input type="checkbox"/>	
Faja B 69	<input type="checkbox"/>	
Faja B 71	<input type="checkbox"/>	

AJUSTE

DESCRIPCIÓN	REALIZADO	OBSERVACIÓN
Rodillos de arrastre (Llave mixta 24mm)	<input type="checkbox"/>	
Soporte de martillo (Llave mixta 24mm)	<input type="checkbox"/>	
Martillo (Llave mixta 24mm)	<input type="checkbox"/>	

LUBRICACIÓN

DESCRIPCIÓN	REALIZADO	OBSERVACIÓN
Soporte de rodamiento del martillo (Shell Polymol)	<input type="checkbox"/>	
Piñones de volante - cuchilla (Shell Polymol)	<input type="checkbox"/>	
Puntos de engrase de bocinas (Shell Polymol)	<input type="checkbox"/>	
Cadenas (Molub Alloy Ico Medium)	<input type="checkbox"/>	

INSPECCIÓN

DESCRIPCIÓN	ESTADO		OBSERVACIÓN
	BUENO	MALO	
Graseras del soporte de martillo			
Nivel de aceite de FRL (Tellus 46)			
Nivel de aceite de rodillos arrastradores (Omala 150)			
Dados del martillo			
Estado de faja B 69			
Estado de faja B 71			
Estado de torre de alimentación			

OBSERVACIONES

 Responsable de Turno

 V° B° Jefatura

 Mantenimiento

TPM - LAMINADO EN FRÍO



ENDEREZADORA DELISI

Fecha
 Operador
 Turno
 Producto

LIMPIEZA

DESCRIPCIÓN	REALIZADO	OBSERVACIÓN
Rodillos de arrastre	<input type="checkbox"/>	
Martillo	<input type="checkbox"/>	
Central hidráulica	<input type="checkbox"/>	
Unidad de mantenimiento FRL	<input type="checkbox"/>	
Faja ribeteada J - 23	<input type="checkbox"/>	
Depósitos de cajas reductoras	<input type="checkbox"/>	
Faja A 69	<input type="checkbox"/>	

AJUSTE

DESCRIPCIÓN	REALIZADO	OBSERVACIÓN
Rodillos de arrastre (Llave de gancho)	<input type="checkbox"/>	
Martillo (Llave mixta 14mm)	<input type="checkbox"/>	
Guías de entrada/salida del martillo (Llave mixta 36mm)	<input type="checkbox"/>	

LUBRICACIÓN

DESCRIPCIÓN	REALIZADO	OBSERVACIÓN
Soporte del martillo (Shell Polymol)	<input type="checkbox"/>	
Chumaceras partidas SNH 512 (Shell Polymol)	<input type="checkbox"/>	
Soporte de pie del eje posterior (Shell Polymol)	<input type="checkbox"/>	
Acople de semi-ejes (Shell Polymol)	<input type="checkbox"/>	

INSPECCIÓN

DESCRIPCIÓN	ESTADO		OBSERVACIÓN
	BUENO	MALO	
Nivel de aceite de depósito de eje posterior (Omala 150)			
Nivel de aceite de central hidráulica (Tellus 46-DT 25)			
Nivel de aceite de cajas reductoras (Omala 150)			
Graseras del soporte de martillo			
Estado de faja A 69			
Estado de torre de alimentación			
Presión de FRL (5 bar)			

OBSERVACIONES

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

 Responsable de Turno

 V° B° Jefatura

 Mantenimiento

ANEXO 8

TPM - EFECTIVIDAD GLOBAL ENDEREZADORAS - LAMINADO EN FRÍO

		Producción [T]			Paradas Programadas [h]			Paradas No Programadas [h]			Material defectuoso [T]		
		Spama	Delisi	Koch	Spama	Delisi	Koch	Spama	Delisi	Koch	Spama	Delisi	Koch
08 Noviembre al 13 Noviembre	Lunes	21.536	19.632	13.520	0.000	0.000	9.750	3.333	1.750	0.500	0.069	0.083	0.058
	Martes	23.512	25.600	17.473	0.000	0.000	0.000	2.917	1.917	4.000	0.083	0.085	0.066
	Miércoles	19.617	22.410	19.527	0.000	0.000	0.000	3.667	2.000	3.167	0.090	0.072	0.039
	Jueves	25.588	20.356	17.623	0.000	0.000	2.000	2.000	2.167	1.500	0.052	0.062	0.038
	Viernes	19.730	15.699	15.819	0.000	0.000	4.000	3.917	5.667	4.000	0.090	0.012	0.073
	Sábado	21.556	19.584	15.754	0.333	0.667	1.500	2.000	3.417	3.167	0.072	0.100	0.070
TOTAL		110.003	123.281	99.716	0.333	0.667	17.250	17.833	16.917	16.333	0.456	0.414	0.344

		ESPAMA		DELISI		KOCH	
DISPONIBILIDAD		0.876		0.882		0.871	
ÍNDICE DE RENDIMIENTO		0.564		0.697		0.645	
TASA DE CALIDAD		0.996		0.997		0.997	
EGE		49.19 %		61.23 %		56.00 %	

Tiempo de operación [horas]

144

Tiempo ideal de ciclo [horas/T]

0.645 Spama

Tiempo ideal de ciclo [horas/T]

0.714 Koch y Delisi