

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: Implementación de un sistema de
Mantenimiento Productivo Total, TPM,
para el taladrado y escariado del cajón
estabilizador A330/A340

Autora: Carmen ARIAS MENA

Fecha: Octubre 2008





Resumen

La concepción del proyecto que se va a relatar a continuación, fue realizada dentro de las instalaciones de AIRBUS ESPAÑA.

El objetivo primordial de este proyecto, elaborado dentro de las instalaciones de Airbus Puerto Real (Cádiz), es la creación de un Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el equipo de *taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/A340* perteneciente al proyecto 10, dentro de la zona III de la nave 2.

Las máquinas pasan por altibajos que deben solventarse durante el ciclo de vida útil que presentan, siendo necesario para lograr un mayor rango de utilización que la línea productiva una vez es instalada y puesta en marcha pase a una fase de operación/mantenimiento de su ciclo de vida. Entonces el objetivo será mantener un apropiado entorno productivo, implementando estrategias predictivas, preventivas y reactivas apropiadas para ayudar a alcanzar los objetivos, objetivos que deben arraigarse en la empresa como filosofía de progreso hacia una mejora continua.

Para la comprensión de esta filosofía nueva, puede inicialmente realizarse una valoración de los tipos de mantenimientos que la integran, siempre desde el punto de vista de su imposible separación.

El mantenimiento preventivo es una aproximación basada en el tiempo de aquellas actividades necesarias para el buen funcionamiento del equipo, como puede ser el cambio de lubricante cada determinado tiempo. Aunque efectivos, estos procesos deben coordinarse con las necesidades de producción.

El mantenimiento reactivo o correctivo, simplemente responde a los fallos cuando ocurren. En esta primera línea, podría considerarse el sistema más económico, pero las empresas pueden tener grandes dificultades a la hora de sustituir o reparar un equipo sin ninguna previsión.

El valor del mantenimiento predictivo precisa una inversión inicial, que en el momento del estudio de este proyecto no estaba contemplado que se produjera.

Actualmente, los fabricantes están obteniendo beneficios implantando estrategias más proactivas, de modo, que siguiendo unas estrategias marcadas por los fabricantes los equipos pueden mantenerse en el punto óptimo de funcionamiento desde el principio.

Por último un elemento crítico, es la formación del personal de mantenimiento y producción. Un programa de formación continua para actualizar y mejorar el conocimiento de los equipos ayuda a prever problemas antes de que ocurran. El personal bien formado puede detectar un problema por sí mismo, o saber cuándo es necesario recurrir a soporte externo.

La combinación de las distintas acciones genera una filosofía conceptualmente nueva en occidente, aunque muy extendida en los países asiáticos, aportando una visión completamente innovadora de las funciones que poseen cada miembro de la empresa, desde el director hasta el último operario, proporcionando un valor mayor al personal directo del equipo y reduciendo considerablemente los costos de personal externos.

ÍNDICE

Capítulo 1: Objetivo proyecto

1.1. Objetivo y Justificación	2
1.2. Viabilidad	3
1.3. Alcance	3
1.4. Antecedentes	4

Capítulo 2: La Empresa

2.1. Evolución histórica de AIRBUS S.L.	6
2.2. Airbus Puerto Real (Cádiz)	11
2.3. Planta de Airbus Puerto Real (Cádiz)	13
2.4. Piezas Fabricadas en Airbus Puerto Real	15
2.5. Proyecto 10.	20
2.5.1. Ubicación dentro de la planta del proyecto 10.	20
2.5.2. Piezas que comprenden el cajón estabilizador A330/340.	21
2.6. Materiales utilizados en los cajones estabilizadores A330/A340.	23
2.6.1. Fibra de carbono	23

2.6.2. Aluminio	25
2.7. <i>Gráfico del cajón estabilizador A330/A340.</i>	28
2.8. Instalaciones auxiliares.	28
2.8.1. Gradas.	30
2.9. Control Numérico (CNC)	32
2.9.1. Comparación de utilización entre máquinas convencionales y sistemas CNC.	35
2.9.2. Software de CNC.	36
2.10. <i>Proceso del Proyecto 10.</i>	41

Capítulo 3: TPM

3.1. Introducción al mantenimiento.	59
3.2. Las seis grandes pérdidas.	59
3.2.1. Pérdidas por averías.	61
3.2.2. Pérdidas por preparaciones y ajustes.	63
3.2.3. Pérdidas provocadas por tiempo de ciclo en vacío y paradas cortas.	64
3.2.4. Pérdidas por funcionamiento a velocidad reducida.	64

3.2.5. Pérdidas por Scrap o deshecho y reprocesados.	65
3.2.6. Pérdidas de funcionamiento por puesta en marcha del equipo.	66
3.3. Metodología para la resolución de problemas.	67
3.3.1. Diez pasos previos en el proceso de solución de problemas.	67
3.3.2. Técnicas para el análisis de problemas.	69
3.4. La curva típica de índices de fallos.	80
3.4.1. Deterioro del equipo.	81
3.4.2. Pensamiento anticuado y fallos de equipo.	81
3.4.3. Causas múltiples de fallos y defectos.	83
3.4.4. Actividades para evitar el deterioro.	84
3.5. Eficacia global del equipo (OEE)	85
3.6. Mantenimiento Productivo Total, TPM.	90
3.6.1. Objetivos TPM.	92
3.6.2. Las 3 Y.	94
3.6.3. Que es y que no es TPM.	96
3.6.4. Implantación del TPM.	97
3.6.4.1. Fase de Preparación.	98
3.6.4.2. Fase de Introducción.	101

3.6.4.3. Fase de Implantación.	102
3.6.4.4. Fase de Consolidación.	106
3.6.5. Beneficios al implantar TPM.	106
3.7. Los 7 pilares del TPM.	107
3.7.1. Los cimientos de los Pilares.	107
3.7.2. Pilar Mantenimiento Enfocado o Kobetsu Kaizen.	120
3.7.3. Pilar Mantenimiento autónomo o Jishu Hozen.	121
3.7.4. Pilar Mantenimiento planificado o Keikaku Hozen.	123
3.7.5. Pilar Mantenimiento de Calidad o Hinshitsu Hozen.	128
3.7.6. Pilar de Prevención de Mantenimiento.	129
3.7.7. Pilar de Gestión de seguridad, salud y medio ambiente.	132
3.7.8. Pilar de educación y formación.	134
3.7.9. Interconexión entre los pilares.	136
3.8. Eficiencia al implantar TPM.	138
3.9. ¿Por qué implementar TPM?	139
3.10. Paradigmas que surgen durante la implantación.	140
3.11. TPM y el sistema JIT.	143

3.12. Auditorías TPM.	146
------------------------------	-----

3.13. Gestión del Mantenimiento

Asistido por Ordenador (GMAO)	149
--------------------------------------	-----

Capítulo 4: TPM aplicado en Airbus S.L. y futuras mejoras a lo implantado

4.1. Mantenimiento actual en Airbus Puerto Real.	155
---	-----

4.1.1. Mantenimiento Correctivo.	156
---	-----

4.1.2. Mantenimiento Modificativo.	159
---	-----

4.1.3. Mantenimiento Preventivo.	159
---	-----

4.1.4. Prácticas Medio Ambientales.	162
--	-----

4.2. Conceptos TPM aplicados en el Proyecto 10.	165
--	-----

4.2.1. Inicios del MA en el Proyecto 10.	165
---	-----

4.2.2. OEE obtenido durante el periodo de implantación del TPM.	174
--	-----

4.3. Implementación de TPM.	178
------------------------------------	-----

4.3.1. Estructuración del departamento de mantenimiento.	178
---	-----

4.3.2. Formación operarios de producción.	186
--	-----

4.3.3. Mejoras en Control Visual.	188
--	-----

4.3.4. Implementación de las 5´S.	192
--	-----

4.3.5. Mantenimiento Autónomo.	202
---------------------------------------	-----

4.3.6. Mantenimiento Preventivo.	205
4.3.7. Mantenimiento Predictivo.	209
4.4. Indicadores de efectividad TPM.	214
4.5. Conclusiones.	219

Capítulo 5: Análisis Económico

5.1. Factores del análisis económico.	222
5.2. Análisis Económico Proyecto 10.	226

Capítulo 6: Anexos

Anexo 0. Glosario de palabras TPM.

ANEXO 1. Aeroplanos de AIRBUS S.L.

Anexo 2. Just in time (JIT)

Anexo 3. Diagrama causa-efecto o Diagrama de Ishikawa

Anexo 4. Análisis Modal de Fallo y Efecto, AMFE.

Anexo 5. Diagrama de Pareto.

Anexo 6. Diagrama de flujo.

Anexo 7. Ciclo de Deming o PDCA.

Anexo 8. Pasos Mantenimiento Enfocado

Anexo 9. Pasos pilar MA

Anexo 10. Pasos pilar mantenimiento planificado

Anexo 11. Pasos pilar Mantenimiento de Calidad, QA

Anexo 12. Pilar de Prevención de Mantenimiento.

Anexo 13. RCM.

Capítulo 7. Bibliografía

Capítulo 0. Figuras y Tablas.

Figura 2.1. Parque natural de la bahía de Cádiz.

Figura 2.2. Distribución de la planta Airbus Puerto Real (Cádiz)

Figura 2.3. Lay- out de la nave 2.

Tabla 2.4. Comparativa máquina convencional y sistema CNC.

Figura.2.5. Autómata.

Figura 3.1. Agrupación de las pérdidas en función de los defectos que provocan.

Figura 3.2. Relación de pérdidas con el tiempo.

Figura 3.3. Diagrama causa-efecto o diagrama de Ishikawa.

Figura 3.4. Diagrama de flujo.

Figura 3.5. Curva típica de índice de fallos o curva de bañera.

Figura 3.6. Pérdidas escondidas en la planta.

Figura 3.7. Estructura de las pérdidas de tiempo causada por las seis grandes pérdidas.

Figura 3.8. Cálculo eficacia global de la planta.

Figura 3.9. Condiciones ideales de las plantas.

Figura 3.10. Objetivos TPM.

Figura 3.11. Las 3 Y.

Figura 3.12. Matriz organizacional de las empresas.

Figura 3.13. Pasos en la introducción de un Sistema de Control Visual.

Figura 3.14. Conceptos de mantenimiento.

Tabla 3.15. Los seis pasos de la creación de un sistema de mantenimiento planificado.

Figura 3.16. Curva P-F.

Figura 3.17. Curvas ciclo de vida de los equipo.

Figura 3.18. Evaluaciones de implantación del Pilar de Gestión de seguridad, salud y medio ambiente.

Figura 3.19. Interconexión entre los Pilares TPM.

Figura 3.23. Ciclo PDCA de un sistema informatizado.

Figura 4.1. Diagrama de Flujo Mantenimiento correctivo.

Figura 4.2. Recogida Selectiva de Residuos en Airbus.

Figura 4.3. Paneles SQCDP

Figura 4.4. Panel TPM

Figura 4.5. Lista de herramientas implantadas.

Figura 4.6. Check-List.

Figura 4.7. Parte de averías: Proyecto 10.

Figura 4.8. Distribución del Departamento de Mantenimiento.

Figura 4.9. Gráfica de Ishikawa del operario formado.

Figura 4.10. Tarjetas Control Visual

Figura 4.11. Casillero tarjetas Control Visual.

Figura 4.12. Manómetros de Control Visual

Figura 4.13. Tiras autoadhesivas indicadoras de temperatura.

Figura 4.14. Tarjeta de cebra.

Tabla 4.15. Grado de necesidad de la Selección.

Figura 4.16. Implementación del MA aplicado.

Figura 4.17. Panel correcto de TPM

Tabla 4.18. Indicadores para el Panel de TPM.

Tabla 5.1. Análisis de factores TPM aplicados

Tabla 5.2. Análisis factores indirectos TPM

Tabla 6.1. Actividades del TPM.

Figura 6.2. Diagrama de flujo del mantenimiento periódico.

Capítulo 1: Objetivo proyecto

1.1. Objetivo y Justificación

La justificación más importante para que una empresa desee implantar un Mantenimiento Productivo Total, TPM, es la necesidad de operar de forma continua sin que se produzcan fallos o paradas de los equipos que operan.

Airbus Puerto Real, es centro de excelencia de montajes automatizados, por ello, es de debido cumplimiento la estandarización de diversas actividades de mantenimiento dentro de la producción para lograr alcanzar las condiciones óptimas de producción.

El mantenimiento productivo total (TPM) es uno de los mantenimientos más beneficiosos que actualmente se pueden incorporar a las empresas, ya que, su metodología de integración de todos los miembros de la empresa logra conseguir un entorno de familiaridad.

1.2. Viabilidad

Como todo estudio, este proyecto busca su viabilidad dentro de la empresa para el que fue propuesto, centrándose en los beneficios que aporta a la empresa.

El principal beneficio dentro de toda empresa que implante un sistema TPM es la inculcación de una nueva cultura entre sus empleados. Esta nueva cultura aporta una sensación de “familia” que genera beneficios en la planta.

Los empleados sienten la necesidad de informar de cualquier defecto que observen, por mínimo que sea, de modo que es posible realizar ajustes de los equipos antes de que estos generen problemas.

Al mismo tiempo se genera una cultura de mantenimiento preventivo entre los departamentos de producción y mantenimiento, reduciéndose así costes de contratación de mantenimiento al asignarles pequeñas tareas a los operarios, a la vez que se consigue obtener mayores beneficios con los equipos al tenerlo en sus condiciones óptimas.

Con la implantación del TPM no sólo se intenta obtener reducciones económicas en los costes de mantenimiento, sino que se persigue alcanzar vínculos afectivos de los operarios con la actividad que están realizando, de modo que, traten a los equipos como si fueran propios, además se mejora el entorno de trabajo fomentando las capacidades intelectuales de los operarios, ello conlleva la elaboración de planes de actuación en los equipos cada vez más específicos.

Con la propuesta de este proyecto, se intenta inculcar una nueva política dentro de la empresa, donde prima el mantenimiento preventivo antes de que se produzcan averías en los equipos.

1.3. Alcance.

A través de la implantación de TPM, beneficios actuales de productividad del 80% con una producción anual de 60 estabilizadores, pueden verse aumentados al no generarse inconformidades en los cajones, por lo cual, este tipo de implantaciones no sólo generaría un lugar propicio de trabajo para los empleados, sino que aumentaría los beneficios anuales.

Actualmente el mantenimiento aplicado dentro de las instalaciones de Airbus Puerto Real, contempla planes de mantenimiento preventivo y correctivos, siendo necesaria en posteriores estudios y diseños de planes la actuación de un mantenimiento predictivo.

Una técnica predictiva puede ayudar a reducir los costes de mantenimiento a largo plazo, consiste en equipos y servicios para la monitorización del equipamiento. Estos sistemas de monitorización ofrecen al departamento de mantenimiento decenas de parámetros en línea, alertando de posibles desviaciones de los mismos.

1.4. Antecedentes.

El paso que se ha dado de las secciones semiautomáticas a las secciones automáticas ha conllevado un enorme ahorro de tiempo y espacio dentro del perímetro de la nave 2.

Para la elaboración de piezas semiautomáticas se necesitaba mucha mano de obra, al tener los operarios que ensamblar manualmente unas piezas con taladros estandarizados que servían de guía en la realización manual del taladrado de los cajones. Estas piezas estandarizadas estaban destinadas a zonas concretas del cajón, por lo cual, estaban numeradas y colocadas en unos carros especiales de donde los operarios las tomaban.

Para la completa automatización de los equipos es necesario elaborar un plan de mantenimiento que permita estandarizar algunas de las funciones requeridas por los equipos. Por ello, con la elaboración de este proyecto se pretende reforzar ideas, ya planteadas pero no arraigadas dentro de las instalaciones, que motiven y conciencie a los distintos departamentos, principalmente producción y mantenimiento, en la necesidad de mantener las instalaciones en óptimas condiciones para lograr mayor y mejor producción.

Capítulo 2: La empresa

2.1. Evolución histórica de AIRBUS S.L.

La idea de unir esfuerzos en la aeronáutica europea surgió en los años sesenta, cuando Roger Beteille «Monsieur Airbus», y su socio alemán Félix Kracht, propulsaron el proyecto europeo. «Inicialmente, nuestra mayor dificultad era emplear de forma eficaz todo el talento a disposición de las diversas naciones. Pero, al final, esa fue nuestra gran ventaja. Cada uno aportaba ideas propias de su cultura, útiles para el proyecto».

El principio de esta alianza era el proyecto de fabricar el Airbus A300. En el año 1967, Francia, Gran Bretaña y Alemania tomaron la decisión de desarrollar conjuntamente un avión de línea de gran capacidad provisto de dos pasillos (twin-aisle), uniéndose a ellos un año más tarde España y los Países Bajos.

En diciembre de 1970 tuvo lugar la fundación del consorcio Airbus Industrie a partir de la francesa Aerospatiale y un grupo de empresas aeronáuticas alemanas.

CASA se integra en Airbus industrie GIE (grupo de interés económico, en francés Groupement d'intérêt économique), en 1971 y tres años más tarde se traslada la sede a Toulouse, cuando reciben su primer pedido de Air France.

El 28 de octubre de 1972 despegó desde Toulouse el prototipo del Airbus A300 para su vuelo inaugural. El primer modelo de serie, el Airbus A300B2, entró en servicio con Air France en mayo de 1974.



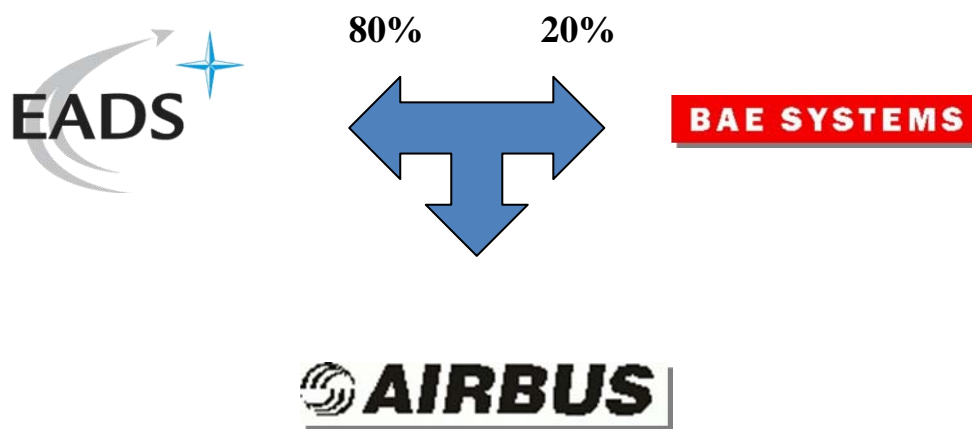
Finalmente en 1979 British Aerospace completa el consorcio europeo que desde entonces forman Francia, Alemania, España y Reino Unido. Cada uno de estos cuatro miembros, conocidos como Airbus Francia, Airbus Alemania, Airbus Gran Bretaña y Airbus España, operaron como compañías nacionales con la responsabilidad de producir partes de los aviones, que serían finalmente ensambladas en Toulouse.

Así, Airbus emprendió su marcha triunfal: 40 líneas aéreas de 29 países encargaron más de 300 aparatos de los primeros Airbus A300 fabricados en serie. A lo largo de las siguientes décadas, los descendientes del A300B representan sin duda la familia de aviones civiles de más éxito hasta la fecha, como serían los A310, A320, A330, A340, etc., todos ellos mencionados en el ANEXO 1.

Así llegaríamos a los años noventa, cuando existía la voluntad de reunir a las empresas europeas del sector aeroespacial, vinculadas en numerosas cooperaciones desarrolladas en el marco de proyectos y programas. A partir de 1997 los gobiernos de los cuatro países de Airbus apoyaron la idea de fusionar las empresas más importantes de este ramo en una compañía con la denominación EADC (European Aerospace and Defense Company). Se recomendó también, como primer paso, formar una sociedad Airbus independiente, alrededor del grupo Airbus Industrie, asumiendo las actividades de fabricación de Airbus distribuidas, hasta el momento, entre los socios de Airbus, a saber: Aerospatiale (39.7%), BAe (20%), CASA (4.2%) y Dasa (39.7%).



En 2001, Airbus se convirtió en una única compañía totalmente integrada. La finalmente denominada EADS (European Aeronautic Defence and Space Company) que aglutinaba los intereses de Francia, Alemania y España, quedándose con el 80% de la empresa, mientras que BAE SYSTEMS, sucesor de British Aerospace, mantenía su 20%.



Otro gran paso en la evolución de Airbus tuvo lugar en 2004, cuando por primera vez adelantó a su gran competidor mundial, la empresa americana Boeing, produciendo más aviones y atendiendo mayor cantidad de pedidos.

Y la guinda final de este paseo a lo largo de la historia de Airbus la pone, en abril de 2005, el primer vuelo de su proyecto más ambicioso, el A380, que con sus impresionantes cualidades promete marcar un antes y un después en la historia de la aviación.

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340



Cuadro resumen

Fundada	Diciembre de 1970.
Sede	Toulouse, Francia.
Empleos	50.000
Facturación	19,3 billones de euros.
Accionistas	EADS (80%), BAE SYSTEMS (20%).
Centros europeos	Francia: Toulouse, St. Nazaire, Nantes y Méaulte. Alemania: Hamburgo, Bremen, Nordenham, Stade, Varel, Laupheim (Aircabin) y Buxtehude (KID Systeme). España: Getafe, Illescas y Puerto Real. Reino Unido: Filton y Broughton.

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

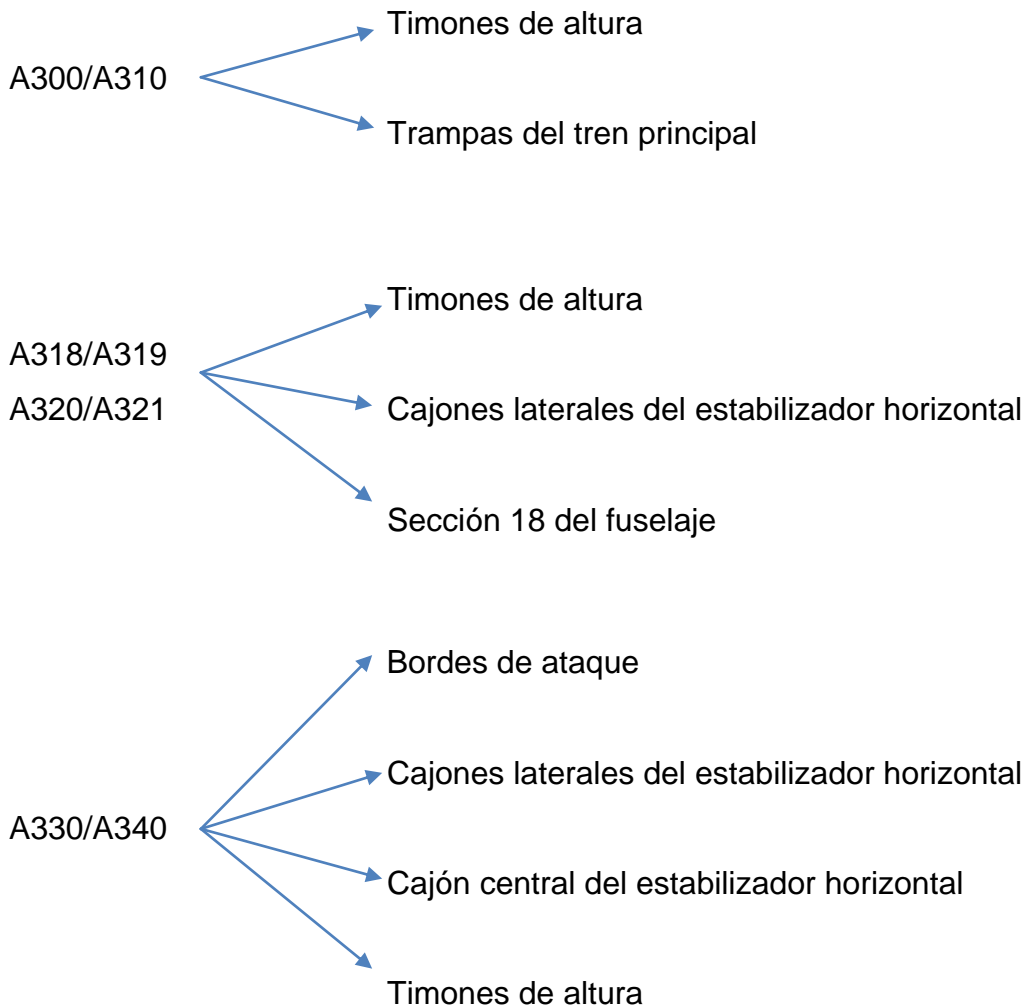
Principales subsidiarios	<p>Airbus North America</p> <p>Airbus China</p> <p>Airbus Japan</p> <p>Airbus Transport International</p>
Otros centros	<p>Hamburgo (Alemania)</p> <p>Frankfurt (Alemania)</p> <p>Ashburn, Virginia (USA)</p> <p>Beijing (China)</p> <p>Singapur</p>
Centros de formación	<p>Toulouse (Francia)</p> <p>Miami, Florida (USA)</p> <p>Beijing (China)</p>
Oficinas	120
Clientes	192
Flota Airbus en servicio	Más de 3.300 aviones.



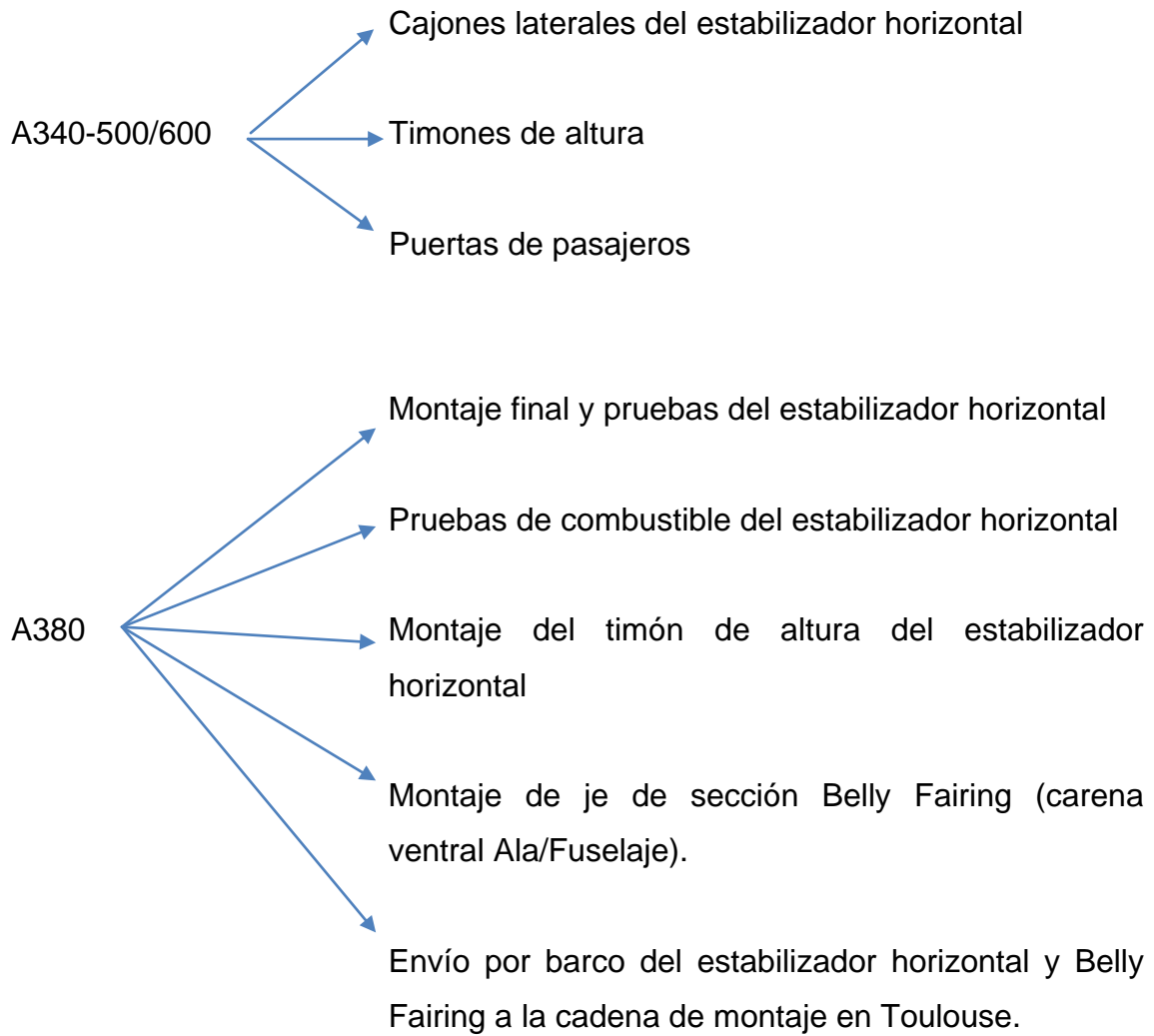
2.2. Airbus Puerto Real (Cádiz)

Puerto Real es Centro de Excelencia en Montajes Automatizados. La planta está especializada en montajes estructurales de superficies sustentadoras y otros componentes estructurales en materiales metálicos y fibra de carbono, aportando elementos a todos los aviones de la familia Airbus, incluyendo el A380. Cabe destacar las células flexibles de montaje de superficies móviles (timones de altura y dirección).

Las operaciones de fabricación de Puerto Real incluyen:



Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340



2.3. Planta de Airbus Puerto Real (Cádiz)

Situada dentro del polígono industrial del Trocadero s/n en Puerto Real (Cádiz), con acceso directo por mar con el muelle de las Cabezuelas o el muelle de Cádiz, por vías ferroviarias y aérea, teniendo el aeropuerto de Jerez de la Frontera situado a 35 Km.

Hay que destacar que toda la factoría se encuentra delimitada por el Parque Natural de la Bahía de Cádiz, con la presencia de caños, marismas, salinas y zonas naturales.



Figura 2.1. Parque natural de la Bahía de Cádiz.

La factoría se encuentra dividida en tres naves, donde además de la manufactura, se realiza el pintado de timones, cajones y HTP (horizontal tail plane), además de una zona de recepción de materiales, con un área de más de 68.000 m².

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

Centro de Excelencia en Montajes Automatizados y entregas a la FAL en Toulouse, la planta de Puerto Real produce cajones estabilizadores horizontales de cola, timones de altura, puertas para los aviones A310 y para la familia A330/340, trampas para los trenes de aterrizaje y bordes de ataque. Además de un programa para fabricar y ensamblar los componentes estructurales al A380.

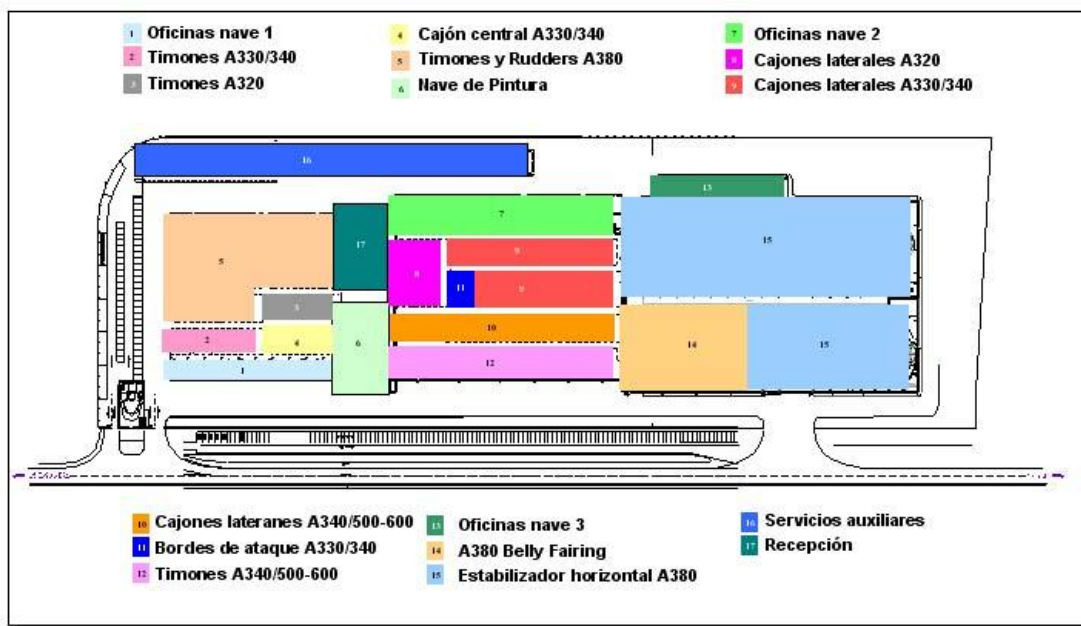


Figura 2.2. Distribución de la planta Airbus Puerto Real (Cádiz)

2.4. Piezas Fabricadas en Airbus Puerto Real

A300/A310:



Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

A318/A319/A320/A321:

Sección 18
del fuselaje



Timones de
altura



Cajones laterales
del estabilizador
horizontal



Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

A330/340:



Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

A340-500/600 (competidores directos con el Boeing 747)

Puertas de pasajeros

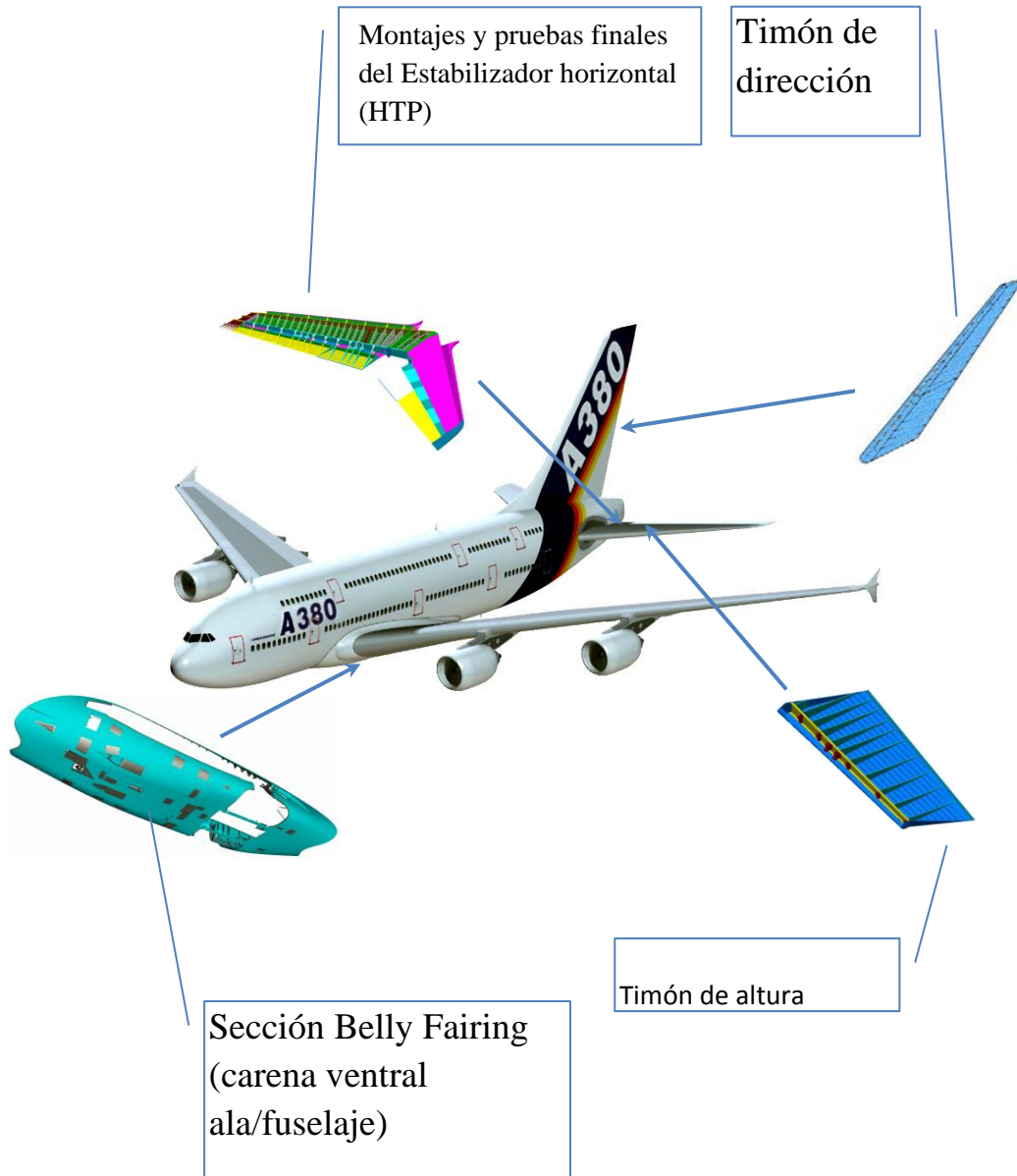


Timones de altura



Cajones laterales del estabilizador horizontal

A380:



La construcción del A380, ha supuesto el empuje definitivo para desbancar al coloso americano BOING, de la primera posición en el ranking mundial de transportes de pasajeros.

2.5. Proyecto 10

2.5.1. Ubicación dentro de la planta del proyecto 10.

La ubicación del Proyecto 10 dentro de la fábrica está situada en la nave II, nave intermedia entre la nave I de expediciones y la nave III dedicada al avión A380.

La nave II está constituida por oficinas, servicios y diferentes operaciones todas ellas orientadas a la producción.

Nave II	11610 m ²
Oficinas y servicios	2430 m ²
Zona de producción	9180 m ²

Dentro de las operaciones de producción la planta está distribuida en distintas áreas, como puede observarse en la imagen.

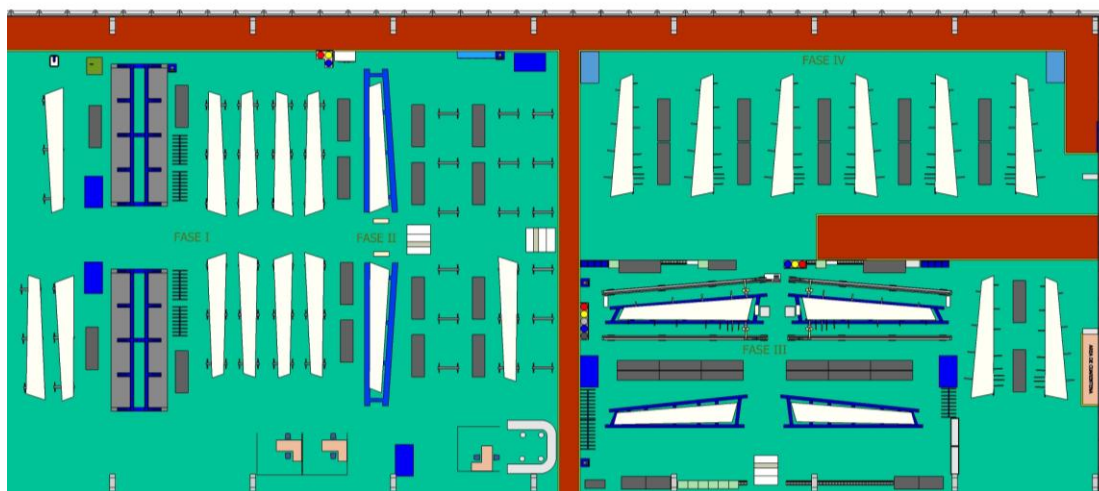


Figura 2.3. Lay- out de la nave 2.

Las operaciones realizadas en cada área son estandarizadas, produciéndose piezas de forma continua y repetitiva, ya que cada área comprende una zona izquierda y otra derecha, es decir, se producen simultáneamente el cajón y timón derechos al tiempo que el izquierdo.

2.5.2. Piezas que comprenden el cajón estabilizador A330/340.

El cajón estabilizador horizontal contribuye en gran medida a la estabilidad longitudinal del avión. Generalmente se trata de una superficie aerodinámica simétrica, ya que se debe tener posibilidad de generar cargas verticales tanto hacia arriba como hacia abajo.

La contribución del estabilizador horizontal a la estabilidad en cabeceo del avión se puede expresar como sigue: si el ángulo de ataque del ala aumenta ligeramente, por ejemplo, debido a una turbulencia ascendente, el avión gira de forma que la cola baja y, por tanto, aumenta el ángulo de ataque del plano de cola y ello produce un aumento de la sustentación del estabilizador horizontal, originándose una fuerza que intenta volver el avión a su posición original. Por el contrario, si disminuye el ángulo de ataque del ala debido a una turbulencia descendente que hace que el avión gire adoptando una actitud de morro bajo, el estabilizador horizontal produce el efecto contrario, generando un momento de cabeceo de morro alto.

Esta acción del plano de cola es continua y da origen a la estabilidad del avión. El grado de estabilidad se decide en función de la misión del avión: está claro que un avión diseñado para competición acrobática, para maniobras rápidas, no debe ser demasiado estable.

Algunos aviones van provistos de las denominadas colas en "T". Son exactamente iguales que una cola convencional, excepto que el estabilizador

horizontal está unido a la parte superior del estabilizador vertical, en lugar de estar unido a los laterales del cono de cola. Este tipo de cola en “T” es utilizado como recurso para evitar las vibraciones o sacudidas que el aire turbulento originado detrás de la onda de choque producía en la cola convencional. Otras consideraciones, como el efecto del chorro de aire de la hélice o el efecto suelo también se tienen en cuenta, sobre todo en aviones ligeros.

La construcción básica de los cajones estabilizadores está constituida por las costillas, largueros y revestimientos, que soportan las cargas aerodinámicas, de flexión, torsión y cortadura, que se generan durante las operaciones de vuelo. Cada miembro absorbe parte de la carga transfiriéndose al resto de miembros, hasta llegar a los largueros que transmiten la carga a la estructura del fuselaje.

- **Costillas**

Parte curvada de la estructura del cajón estabilizador que permite definir al elemento y mantenerlo correctamente alineado con los largueros.

- **Largueros**

Podría decirse a groso modo que son las “vigas” de sujeción, que proporcionan la firmeza al cajón, al soportar la carga principal en vuelo y tierra, soportando los esfuerzos de flexión y torsión.

Constituidos por fibra de carbono, son secciones rectas en forma de “I” o “L”, necesitándose dos largueros para cada cajón estabilizador:

- R/S, larguero de la parte anterior, unido al borde de ataque
- F/S, larguero de la parte posterior, unido al timón

- **Revestimientos**

Forman el cuerpo exterior del cajón estabilizador, constituidos por paños de fibra de carbono, soportando las fuerzas aerodinámicas a las que se ve sometido el avión.

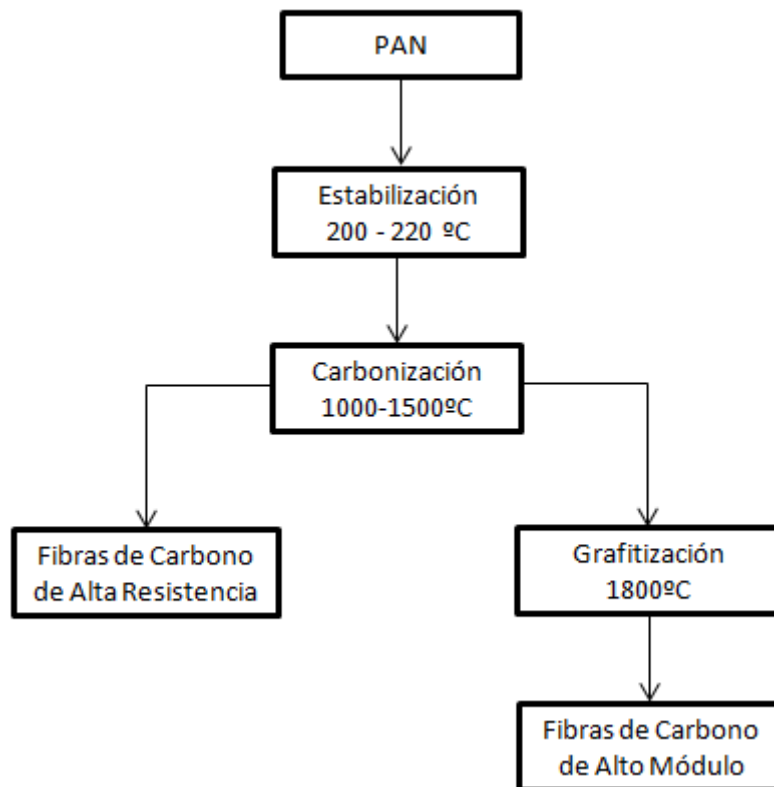
2.6. Materiales utilizados en los cajones estabilizadores A330/A340.

Los materiales que principalmente se utilizan en las diferentes partes que conforman los cajones y timones del A330/A340, son principalmente *fibra de carbono y aluminio*.

2.6.1. Fibra de carbono.

La fibra de carbono es una forma de grafito con grandes láminas de anillos aromáticos entrelazados formando las fibras que pueden ser empleadas para reforzar materiales como las resinas epoxi y otros materiales termorrígidos. A estos materiales reforzados se los llama composites porque tienen más de un componente.

Las fibras de carbono son fabricadas a partir de poliacrilonitrilo (PAN), a partir de una serie de calentamientos del PAN. El procesamiento general que se hace para la obtención de fibra de carbono es el siguiente, en el podemos obtener diferentes propiedades de la fibra de carbono en base al momento en el que paremos la reacción:



- *Estabilización*, durante esta fase las fibras de PAN se estiran para formar una red fibrilar, paralela a un eje, para luego oxidarla a un rango de temperatura entre 200 -220 °C manteniendo esta tensión.
- *Carbonización*, una vez pasada la fase de estabilización del PAN se aumenta la temperatura aproximadamente 1000 a 1500°C en una atmósfera inerte hasta transformar el PAN en la fibra de carbono de alta resistencia al eliminarse el oxígeno, hidrógeno y nitrógeno que contiene el PAN.
- *Grafitización*, Cuando se quiere aumentar el módulo de elasticidad a expensas de una alta resistencia a la tracción se lleva la fibra de carbono de alta resistencia a una temperatura de 1800°C, de forma que aumenta el grado de orientación predilecto por los cristales dentro de cada fibra.

Las fibras de carbono que se producen a partir de PAN tienen una tensión de rotura que oscila entre 450-650 Kpsi y un módulo de elasticidad que varía desde 28-35 Mpsi.

En general, las fibras de mayores módulos de elasticidad tienen menores tensiones de rotura y viceversa. La densidad de las fibras de PAN carbonizadas y grafitizadas, oscila entre los 1,7-2,1 g/cm³ mientras que su diámetro final está en torno a los 7-10 μ m.

2.6.2. Aluminio

El aluminio es el elemento más abundante en la corteza terrestre después del silicio, presentándose siempre en forma de compuestos en combinación con otros metales. Posee una serie de propiedades físicas y mecánicas que lo hacen excelente para su uso industrial.

Propiedades Físicas	
Densidad (20°C) (g/cm ³)	2,699
Punto de Fusión (°C)	660
Calor Específico (t=20°C) (cal/g°C)	0,2220+0,0000772 t
Conductividad térmica (cal.cm/cm ² s°C)	0,52
Resistividad eléctrica(20°C) $\mu\Omega$ cm ² /cm	2,63

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

Propiedades Mecánicas	
Módulo de elasticidad (Kg/mm ²)	6.800
Módulo de torsión	2.700
Coef. Poisson	0,34
Carga de rotura (Kg/mm ²)	5
Alargamiento (%)	45
Límite elástico aparente (al 0,2 por 100)	3

De todas las propiedades que presenta el aluminio, se puede deducir distintos puntos que caracterizan al aluminio;

- Su baja densidad lo hace particularmente adecuado para construcciones en que el peso muerto debe ser mínimo, como es el caso de los aviones.
- Su bajo punto de fusión es un inconveniente ya que lo hace inapropiado para condiciones que requiera elevadas temperaturas
- Las características emisivas y reflectoras del aluminio, que dependen de su estado superficial, pueden hacerlo especialmente indicado como material aislante, cuando se desea un gran poder reflector con bajo poder emisivo.
- Su reducida resistencia eléctrica lo hace utilizable en el transporte de energía eléctrica.
- El bajo módulo de elasticidad del aluminio tiene una extraordinaria importancia en los problemas de deformación.
- La carga de rotura, dureza y límite elástico del aluminio lo hacen especialmente apto para trabajos en frío.

- El aluminio es especialmente sensible al endurecimiento por deformación en frío. Esta circunstancia permite fácilmente mejorar sus características mecánicas durante los procesos de conformado.
- Las características mecánicas del aluminio se mejoran sustancialmente con el empleo de elementos de adición.
- Algunas aleaciones de aluminio no tienen un límite definido de fatiga, lo que representa un evidente inconveniente.
- Las características mecánicas de las aleaciones de aluminio aumentan con el descenso de la temperatura, disminuyendo contrariamente para temperaturas moderadamente altas.
- La capa de alúmina con que se protege el aluminio da a este material una resistencia a la corrosión mucho mayor que en otros metales.

La propiedad más importante desde el punto de vista industrial podría decirse que es la alta cantidad de aleantes que se pueden formar, aumentando las propiedades mecánicas que de por sí posee el aluminio.

Dentro de la empresa Airbus Puerto Real se utiliza una aleación denominada Aluminio 2024, que se emplea en las costillas que se sitúan en las estructuras de los timones y cajones. Este aluminio está caracterizado por un endurecimiento por solución sólida de cobre, laminado en frío y envejecido naturalmente. Este tipo de aluminio empleado se designa según la norma ASTM como AL 2024 T3 B209-QQ-A-250/4.

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

El porcentaje en peso de los constituyentes químicos que componen el material:

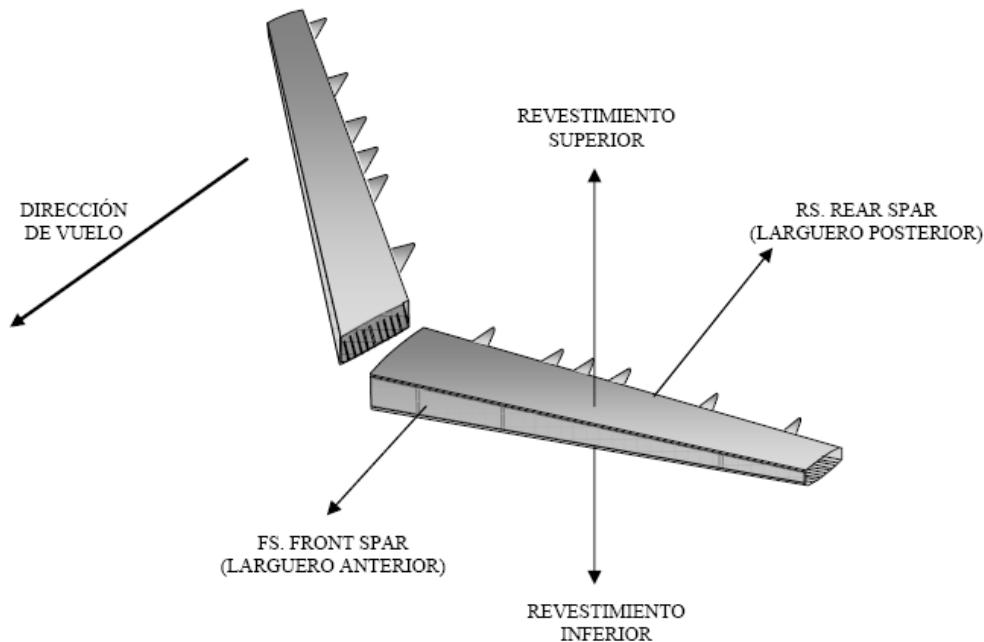
Elementos	% en peso
Aluminio(Al)	Elemento base
Silicio(Si)	0,50
Cobre(Cu)	3,80-4,90
Manganeso(Mn)	0,30-4,90
Magnesio(Mg)	1,20-1,80
Cromo(Cr)	0,10
Cinc(Zn)	0,25
Titanio(Ti)	0,15
Hierro(Fe)	0,50
Otros	0,15

Este material lleva un recubrimiento especial de Aluminio, que mejora sensiblemente la protección de piezas frente a la corrosión, además de un aumento de la dureza y resistencia superficial del material.

Este recubrimiento es conocido como “clodding” y su composición química es la que se muestra a continuación:

Elementos	% en peso
Aluminio(Al)	Elemento base
Silicio-Hierro(Si-Fe)	0,70
Cobre(Cu)	0,10
Manganeso(Mn)	0,05
Magnesio(Mg)	0,05
Cinc(Zn)	0,10
Titanio(Ti)	0,03
Otros	0,03

2.7. Gráfico del cajón estabilizador A330/A340.



2.8. Instalaciones auxiliares.

Es necesario destacar inicialmente los dos tipos de mantenimiento que se realizan actualmente en Airbus S.L.

➤ Mantenimiento Industrial;

Mantenimiento del tipo correctivo y preventivo que se realizan en las instalaciones de la planta, que a partir de este proyecto se pretende sustituir por un mantenimiento TPM. Algunas de las operaciones que se realizan son de engrase, reparación y sustitución de piezas, además de las inspecciones en los equipos.

➤ Mantenimiento de utillaje;

Puede definirse como aquellas estructuras que sirven de base y sustentación a las piezas del avión, a las que se le van a realizar diferentes operaciones de trabajo.

Este mantenimiento no integra las herramientas y útiles que se utilizan durante el trabajo en una pieza del avión.

El mantenimiento de utillaje está sujeto a normativas internas (IVU, es decir, Inspecciones de Verificación de Utillaje) para asegurar que se cumplen en todo momento las diferentes normativas de calidad internas (Airbus) y externas (Aviación Civil).

2.8.1. Gradadas

Para poder describir detalladamente los pasos que se producen durante el taladrado y escariado de las piezas, es necesario realizar una pequeña descripción de instalaciones que ayudan antes, durante y después del proceso que se estudia en este proyecto.

➤ Grada convencional o normal;

Es una estructura física cuya finalidad es la sujeción de una pieza del avión. Posteriormente esta pieza se mecanizará.

Esta sujeción se realiza a través de curvadores o rigidizadores integrados en la estructura de la grada.

- *Curvadores*; son elementos que componen las gradadas automáticas, cuya misión es mantener la forma aerodinámica de los revestimientos.

- *Rigidizadores*; forman parte también de las gradas automáticas, pero cuya misión es ayudar a montar las costillas sin tensión y conseguir que se mantengan fijas mientras se mecanizan.

Las gradas convencionales que pueden encontrarse dentro de Airbus están interviniendo en la fase de formación del timón del Airbus A320.

➤ Grada automática;

Se trata de gradas convencionales con una estructura automatizada, existiendo diferentes grados de automatización dependiendo del trabajo al que esté destinada la grada y de las estructuras integradas que controle el automatismo, PLC, CNC.

➤ Equipos auxiliares;

Son los equipos suplementarios que completan el trabajo sobre la pieza del avión, estos equipos están formado por diversos sistemas entre los que destaca la aspiración e iluminación local que hay instalada en toda la fábrica.

➤ Máquina de taladrado automático;

Toda aquella que tiene como acción principal el arranque de virutas de forma automática, es decir, la máquina realiza el trabajo automáticamente, controlada por un automatismo, PLC, CNC. Un ejemplo de taladrado automático es el proyecto 10.

El taladrado es una operación para practicar un agujero en un material macizo. La herramienta usada se denomina broca y posee dos filos de corte, también llamados labios. La operación de taladrado no permite la obtención de buenas calidades de medida o superficie.

➤ Escariado;

Operación de acabado utilizada para obtener buenas calidades de medida, superficie y forma. Se trata de una operación que se hace para dar a un taladro la medida definitiva en diámetro, con una tolerancia muy ajustada y con una gran calidad superficial. La herramienta usada se denomina escariador y posee varios hilos de corte.

Según esto, la operación de escariado se realiza después de la de taladrado con broca, para lo cual es necesario que el diámetro de ejecución de ésta sea menor que el definitivo.

Para la ejecución de un escariado eficaz se debe elegir una velocidad de la máquina de taladrar adecuada al material a escariar, así como controlar el avance para obtener taladros escariados con medidas de acabado superficial correctos.

➤ CPI (Célula de Producción Integrada);

Se define como el conjunto de grada automática, máquina automática y equipos auxiliares. Un ejemplo de célula de producción integrada será el proyecto 10.

2.9. Control Numérico (CNC)

Control Numérico (CN) significa textualmente, mando mediante números. Con este sistema conseguimos que las máquinas realicen su trabajo de forma automática, mediante la introducción en la memoria del CN de un programa en el que se encuentra definidas en clave todas las operaciones del proceso.

Originalmente la denominación CN se aplicaba a todas las máquinas programables que no iban equipadas con ordenadores. Posteriormente, con la

miniaturización y abaratamiento de los microprocesadores, se pudo generalizar su instalación en todas las máquinas de CN. A estas máquinas se las denomina CNC (Computer Numerally Controlled).

En base a lo argumentado anteriormente, definimos el control numérico CNC como un equipo electrónico de automatización (PC con microprocesador), en el que se integran diversos paquetes de software para asegurar:

- Calcular la posición de los ejes y los desplazamientos de la máquina.
- Controla los diferentes modos de funcionamiento de la máquina, permitiendo un fácil manejo al operario.
- Dirige todas las señales fácilmente desde el panel de control.
- Posibilidad de integrar la maquina en medios de producción gobernados por ordenadores centrales.

En la industria actual, el nivel de sofisticación de los productos y equipos es tal que es imprescindible la implantación de sistemas de CNC, de manera que podemos mejorar distintos factores como:

- Mayor exigencia en la precisión de los mecanizados.
- Los diseños son cada vez más evolucionados y complejos.
- Diversidad de productos, lo que ocasiona la necesidad de estructuras de producción más flexibles y dinámicas.
- Necesidad de reducir errores en la producción para no encarecer el producto.
- Plazos de entrega cada vez más exigentes, lo que exige mantener los niveles de producción los más altos posibles.
- El abaratamiento de los sistemas CNC, lo que favorece la adquisición de los mismos.

Todos los factores de mejoras argumentados conllevan una serie de ventajas en la automatización de las máquinas;

- ✓ Mejora de la precisión, así como un aumento en la calidad de los productos.
- ✓ Simultaneidad de máquinas por un sólo operario.
- ✓ Mecanización de productos de geometrías complicadas.
- ✓ Fácil intercambio de la producción en intervalos cortos.
- ✓ Reducción de la fatiga del operario.
- ✓ Aumento de los niveles de seguridad en el puesto de trabajo.
- ✓ Disminución de tiempo por máquina parada.
- ✓ Posibilidad de simulación antes de la mecanización definitiva ahorrando en piezas defectuosas.

A la vez que infunden una serie de desventajas;

- × Elevado costo de los accesorios y maquinaria.
- × Necesidad de cálculos, programa y preparación de forma correcta para un eficiente funcionamiento.
- × Costos de mantenimiento más elevados, ya que el sistema de control y mantenimiento de los mismos es más complicado, lo que genera la necesidad de personal de servicio y mantenimiento con altos niveles de preparación.
- × Necesidad de mantener grandes volúmenes de pedidos para una mejor amortización del sistema.

2.9.1. Comparación de utilización entre máquinas convencionales y sistemas CNC.

Máquina herramienta convencional	Máquina herramienta CNC
Un operario, sólo puede manejar una máquina.	Un operario puede manejar varias máquinas a la vez.
Es necesario consultar constantemente el plano.	No es necesario consultar a penas el plano.
Se necesita una amplia experiencia	No es necesaria experiencia
El operador debe controlar todos los matices de la máquina.	El programa tiene todo el control de los parámetros en el proceso.
Mecanizados imposibles de realizar	Posibilidad de realizar prácticamente cualquier mecanizado.

Tabla 2.4. Comparativa máquina convencional y sistema CNC

2.9.2. Software de CNC.

Por programar se entiende un conjunto de instrucciones que realizan un conjunto de acciones de forma secuencial, aunque permitiendo saltos, bifurcaciones y llamadas a subprogramas.

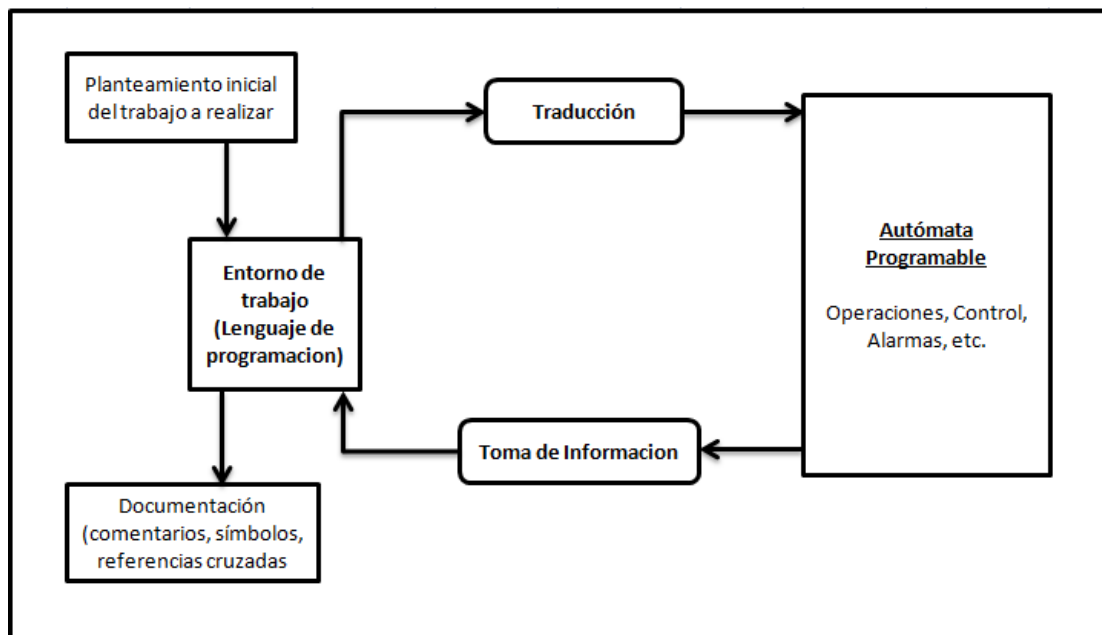


Figura.2.5. Autómata.

Los lenguajes de programación utilizados normalmente en los autómatas programables se caracterizan por un encadenamiento en la ejecución de sus instrucciones, con la característica esencial de presentar un funcionamiento *cíclico*. Estos ciclos se procesan a su vez de forma secuencial, dando la apariencia al usuario de que se procesa en tiempo real. Para decir que el programa, o el autómata actúa en tiempo real se necesita que el tiempo dedicado a cada *ciclo* del programa sea lo suficientemente rápido para que se dé la situación comentada de tiempo real.

- Máquina-Herramienta.

La evolución tecnológica ha generado un desarrollo de las máquinas-herramientas unificándose las funciones elementales de mecanizado en una sola máquina incorporando de forma automática los cambios necesario de piezas y herramientas, de este modo se consigue la mecanización de piezas en una sola estación de trabajo.

Las MHCN poseen una serie de dispositivos y sistemas para necesarios para su operatividad:

- ✓ Ejes de movimiento.
- ✓ Sistemas de transmisión.
- ✓ Sistemas de control de posición y desplazamiento.
- ✓ Cabezal.
- ✓ Sistemas de sujeción de las diferentes piezas.
- ✓ Cambiadores automáticos de herramientas.
- ✓ Ejes complementarios.

Antes de iniciar un programa de mecanizado, debe conocerse las características de la máquina, sistema y características de la pieza y otros condicionantes que hay que tener en cuenta a la hora de elaborar un programa CNC. Las condiciones a tener en cuenta de estructura de máquina, además de las dimensiones y potencia de la misma son:

- Rigidez mecánica; es la capacidad de la máquina para soportar los esfuerzos, esta consideración debe ser esencial en el diseño y estructura de la máquina.
- Estabilidad dinámica; una condición necesaria de la máquina es poder mantener la precisión de trabajo cuando aparecen esfuerzos en el seno de la máquina. Este factor depende de las propiedades de los materiales

empleados en la construcción de las guías, apoyos y transmisores de la MHCN.

- Rigidez térmica; Esta asociada a la variación de precisión de trabajo de la MHCN cuando se producen variaciones de temperatura, ya sea debidas al calor generado durante el mecanizado, al calentamiento local de motores o a cambios de la temperatura ambiente.

La mecanización moderna exige mecanizados en la misma estacada, tanto por la precisión de la pieza como por los tiempos de mecanizado. Las herramientas precisan de cambios rápidos y precisos, lo que nos lleva a tener que recurrir a sistemas rápidos de anclaje de herramientas y sistemas automáticos de cambios de las mismas.

- Ejes cartesianos.

Para describir los movimientos que debe de realizar la herramienta, es necesario definir un sistema de referencia de movimientos, y así se define como tal un sistema de coordenadas ortogonal de sentido directo con los ejes paralelos a las guías principales de la máquina, y ligado a la pieza de forma que el programador pueda describir los movimientos sin distinguir si la herramienta se aproxima a la pieza o la pieza a la herramienta. El modo de situar el sistema de coordenadas sobre la máquina es objeto de la norma UNE 71-018.

El valor de los desplazamientos de la herramienta se puede indicar de dos maneras:

- a) Mediante el valor de la coordenada del punto a alcanzar por la herramienta, en cuyo caso se dice que la programación es absoluta.

- b) Mediante el incremento del valor de las coordenadas entre los puntos inicial y final de la trayectoria, en cuyo caso la programación es incremental.

Los controles numéricos modernos admiten tanto la programación absoluta como la incremental dentro de un mismo programa.

Como resumen de la norma UNE 71-018 se puede decir que se establece un triedro X, Y y Z para los movimientos principales y una rotación A B C sobre estos ejes para dar una orientación correcta;

- *Eje Z de movimiento;* Se corresponde con la dirección del eje del husillo principal, que proporciona la potencia de corte. si no existiera husillo, el eje Z sería perpendicular a la superficie de sujeción de la pieza. El husillo escogido deberá cumplir una serie de condiciones como son:
 - Permanecer constantemente paralelo a uno de los tres ejes del sistema normal.
 - Estar situado perpendicularmente a la superficie de sujeción de la pieza.

- *Eje X de movimiento;* el eje X se elige, siempre que sea posible, horizontal y paralelo a la superficie de sujeción de la pieza. En las máquinas que las piezas no son giratorias, el eje X es paralelo a la dirección principal de corte y su sentido positivo se corresponde con el sentido de corte. En las máquinas en que las piezas tienen movimiento de rotación, el eje X es radial y paralelo a las guías del carro transversal.

- *Eje Y de movimiento;* El eje Y se elige de manera que forme con los ejes X y Z un triedro de sentido directo.

- Cambios automáticos de herramientas.

El cambio automático de herramientas es otra de las particularidades de la MHCNC, ya que se evitan todos los tiempos superfluos necesarios para cambiarlas manualmente.

Las herramientas necesarias para la mecanización de la pieza que se está trabajando están codificadas sobre el almacén, de tal forma que, cuando se precisa cambiar de herramienta para realizar otra operación, este cambio lo hace automáticamente la máquina.

Entre los distintos sistemas de cambios están:

- Cambio por giro de torreta.
- Cambio por desplazamiento de un brazo giratorio.

El primer sistema es el adoptado por los tornos y taladros, en los cuales el número de herramientas necesario para mecanizar una pieza es reducido. Mientras que el segundo sistema es propio de máquinas que necesitan un gran número de herramientas para cada pieza a mecanizar, siendo empleado principalmente en los centros de mecanizado. Los sistemas más avanzados disponen actualmente de códigos de identificación de herramientas, de modo que a través de la lectura de los códigos se permita identificar con precisión las herramientas a utilizar por la máquina.

- Utillaje.

Al examinar los ciclos de fabricación se puede entrever la necesidad de recurrir a ciertos medios auxiliares que permitan sostener la pieza durante el desarrollo de una determinada operación.

Dichos medios, que reciben la denominación genérica de utillaje, representan los auténticos y propios aparatos auxiliares para las operaciones mecánicas. Un utillaje constituye un grupo autónomo que, según la finalidad, puede ser aplicado a una determinada máquina herramienta, haciendo más racional su empleo.

Con la aplicación de estos utillajes a las operaciones de mecanizado en las máquinas-herramientas con CN, se pueden alcanzar los siguientes resultados:

1. Utilizar de modo más racional la máquina.
2. Reducir al mínimo indispensable los tiempos para las maniobras de montaje y sujeción, cuestión importante en aquellas máquinas que no posean cambio automático.
3. Hacer más fácil la intercambiabilidad de las piezas.
4. Facilitar el cambio de fabricación de una pieza a otra, cambiando el utillaje y el programa máquina.

En general, se puede decir que el diseño del utillaje está relacionado directamente con la pieza a mecanizar y que, por tanto, a cada pieza le corresponde un utillaje.

2.10. Proceso del Proyecto 10.

Para este proceso se necesita un sistema control de ejecución, Al comenzar el proceso de producción hay que introducir el número de pieza, el orden de producción y el número del avión correspondientes al cajón. Estos datos hacen que el cajón esté perfectamente identificado y se utilizan para poder asignar los eventos que ocurran durante el proceso a un Historial concreto.

Datos del avión

CAJÓN IZQUIERDO

Datos de avión

Número de pieza: 12345678901234567890123

Orden de producción: 123456789012

Número de avión: 1

OK Cancelar

Estos datos se introducirán preferiblemente mediante el lector de código de barras, aunque existe la posibilidad de hacerlo manualmente mediante el teclado.

El control de ejecución comprueba si los datos introducidos coinciden con los de algún Historial almacenado. Si es así es que se ha tenido que salir del proceso de producción de dicha pieza sin haberla finalizado completamente. En ese caso se volvería al proceso, ejecutándolo de la misma manera. Excepto una pequeña diferencia. Si hay taladros ejecutados anteriormente, quedarán deshabilitados en el momento en que se vuelva a realizar el taladrado de la pieza de manera que no se intente taladrar encima de agujeros ya finalizados.

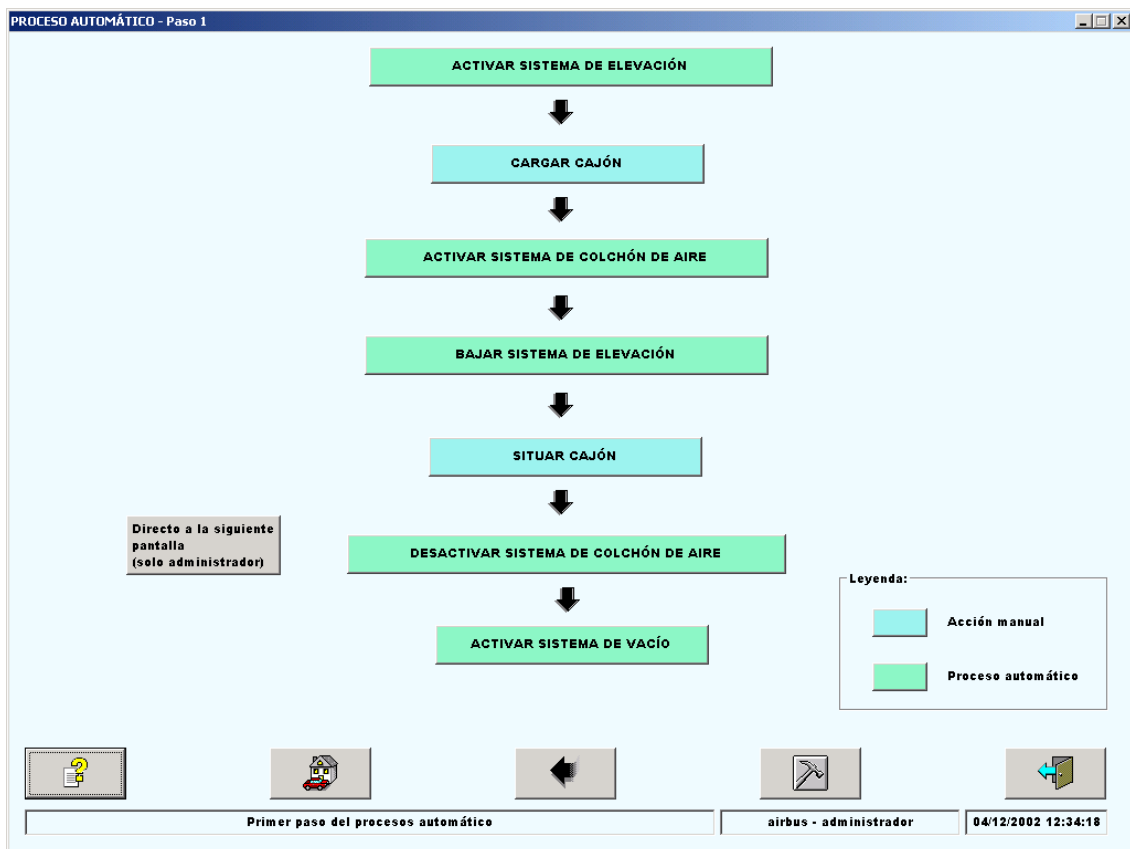
- **Carga del cajón**

Una vez introducidos los datos del cajón, comienza el proceso de carga del cajón en la grada. En esta pantalla hay dos tipos de acciones:

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

- Acción automática: se realizan de manera automática al presionar el botón correspondiente.
- Proceso manual: cuando se presiona el botón aparecerá una indicación de la acción que hay que llevar a cabo de manera manual.

A continuación se pueden ver cuáles son estas acciones y cómo se llevan a cabo.



- ✓ *Activar sistema de elevación:* Antes de cargar el cajón sobre la grada se activa el sistema de elevación.
- ✓ *Cargar cajón:* Esta es la primera acción manual. El operario deberá cargar el cajón sobre la grada.
- ✓ *Activar el sistema de colchón de aire:* Se activa el sistema que provoca un soplado sobre el cajón.
- ✓ *Bajar el sistema de elevación:* Se hace que el cajón baje de modo que se asiente sobre la grada.
- ✓ *Situar el cajón:* Esta es la otra acción manual del proceso de carga. El operario deberá situar el cajón de modo que quede colocado con precisión en el lugar correspondiente, para lo cual debe utilizar como referencia unos tetones situados en la grada.
- ✓ *Desactivar el sistema de colchón de aire:* Se desactiva el sistema de soplado.
- ✓ *Activar sistema de vacío:* Se activa el vacío de manera que las ventosas sujeten el cajón.

Cuando se han realizado todos los pasos de la carga, el cajón se encuentra perfectamente situado para continuar con el proceso.

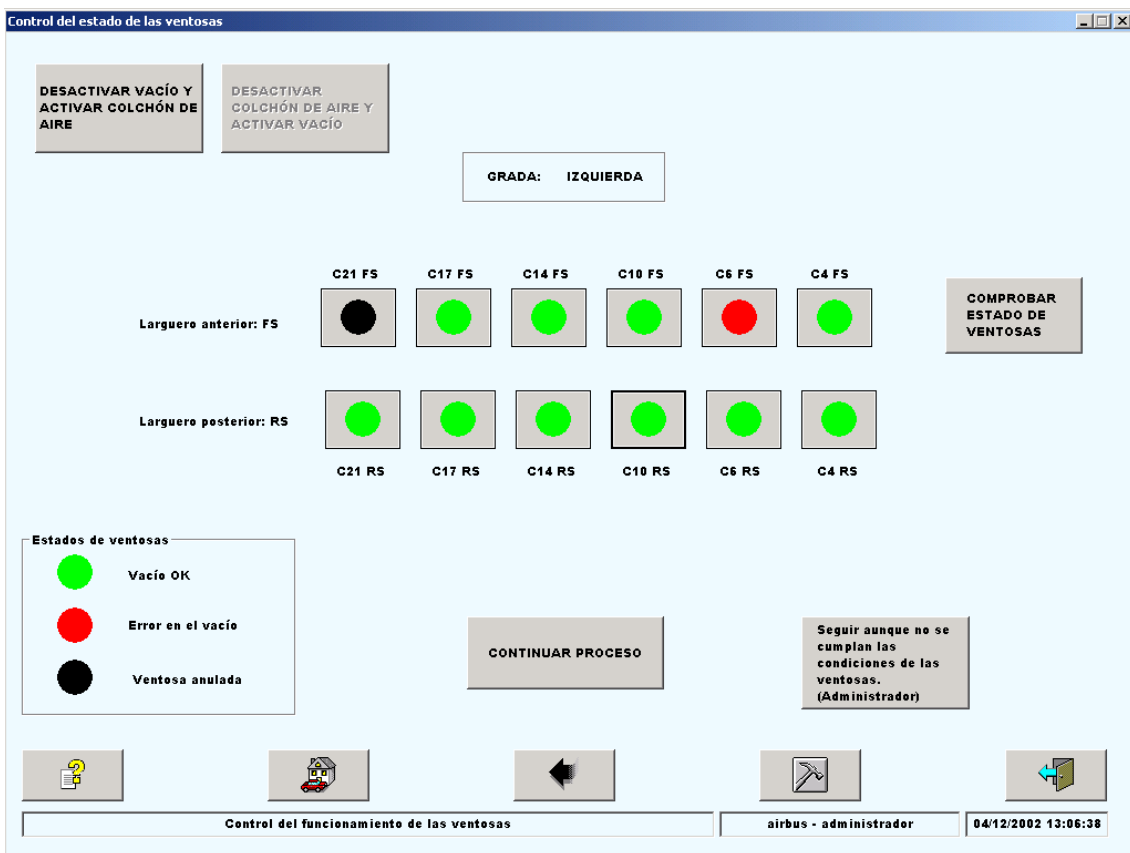
- **Ventosas**

En esta pantalla el usuario puede comprobar el estado de las ventosas. Aparece un esquema con la situación de las ventosas en el que mediante un código de colores se puede apreciar el estado de cada ventosa.

Si la ventosa aparece en verde, dicha ventosa realiza correctamente el vacío. Si aparece en rojo, es que la ventosa está activada pero no realiza vacío. Por último, si la ventosa aparece en negro, quiere decir que está desactivada.

Para conocer el estado de las ventosas de manera precisa y actualizada hay que presionar el botón "COMPROBAR ESTADO DE VENTOSAS". Es necesario presionar varias veces el botón sobre todo al entrar en esta pantalla, ya que el vacío realiza de manera secuencial en todas las ventosas y puede que no aparezca el vacío en alguna de las ventosas hasta transcurrido un tiempo.

Por ejemplo en la pantalla que se ve a continuación todas las ventosas están activadas, excepto la C21 FS, que se ha desactivado. De las ventosas activadas la única que no realiza correctamente el vacío es la C6 FS.



En esta pantalla se tiene la posibilidad de desactivar el vacío y activar el colchón de aire, por si hay que volver a situar el cajón o ha habido algún problema. Una vez que se solucionen dichos problemas se volverá a la situación anterior desactivando el colchón de aire y activando el sistema de vacío.

Para poder continuar con el proceso lo normal es que todas las ventosas estén realizando el vacío correctamente. En caso de que no sea así se tienen las siguientes condiciones:

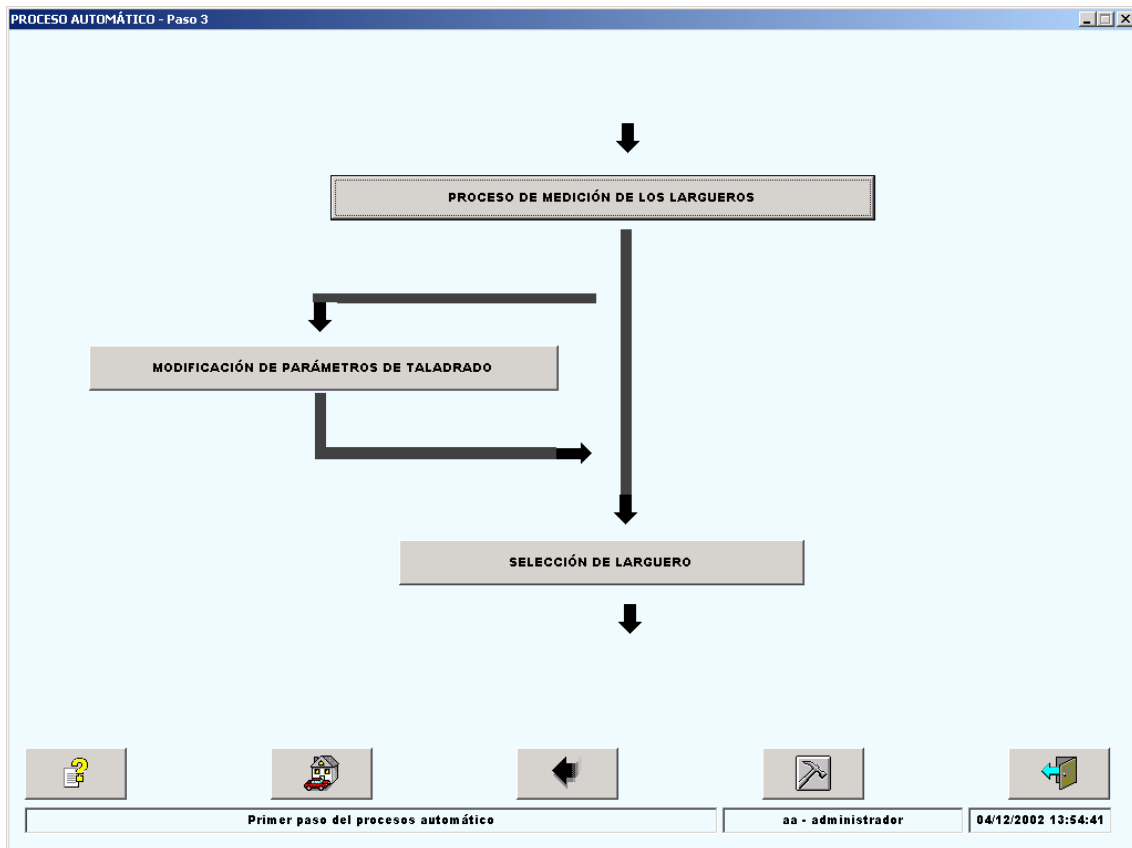
- No se puede continuar si hay alguna ventosa activada que no realice bien el vacío.
- En cada grupo de 4 ventosas al menos debe haber dos ventosas de extremos cruzados activadas y que estén realizando el vacío correctamente. Por ejemplo si tomamos el grupo de 4 ventosas de la izquierda, se podría continuar si estuvieran en verde al menos las ventosas “C21 FS” y “C17 RS”, o también las ventosas “C21 RS” y “C17 FS”.

En cualquier caso el administrador tiene la posibilidad de continuar con el proceso sin cumplir estas condiciones. Esto no es aconsejable porque el cajón podría no estar bien sujeto.

- **Medición**

En este punto se debe tener el cajón perfectamente situado y sujeto por las ventosas. Lo que se va a realizar a continuación es la medición de los tramos del cajón.

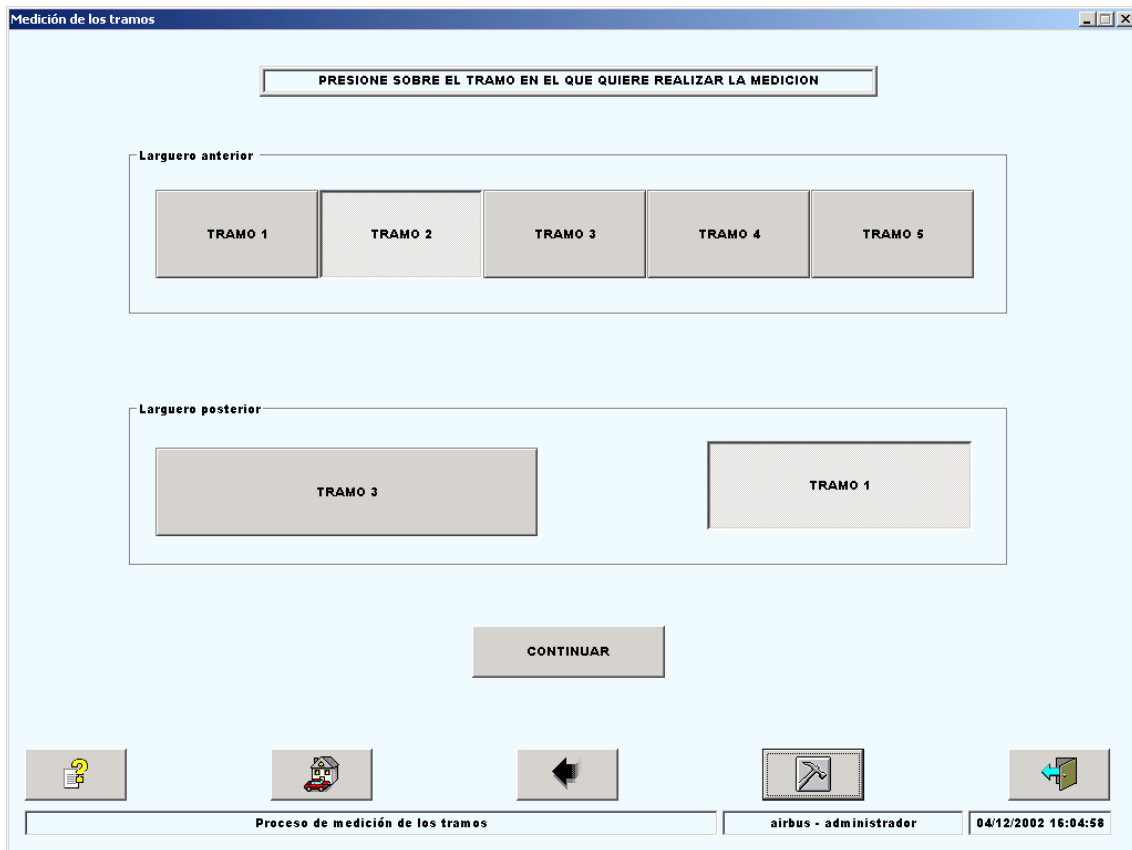
Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340



Para llevar a cabo el taladrado de los largueros de manera correcta, previamente hay que realizar una medición de cada uno de los tramos sobre los que se va a realizar el taladrado. De esta manera se puede situar exactamente la posición del tramo y corregir las coordenadas de los programas para que se realicen los taladros en el punto exacto.

La medición se realizará tramo por tramo. Para ello se deberá acceder a cada tramo desde la pantalla de medición.

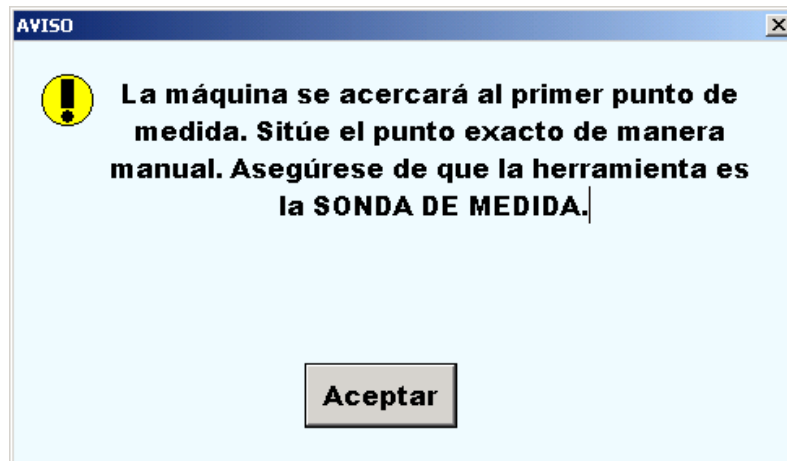
Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340



Los tramos que se vayan midiendo aparecen con su botón correspondiente “hundido”, tal y como se pueden ver el tramo 2 del larguero anterior y el tramo 1 del larguero posterior. Solo se taladrarán los tramos que se hayan medido. Para medir cada uno de los tramos se medirán dos puntos conocidos, uno de un extremo del tramo y el segundo del otro extremo.

Proceso de medición

Cuando se presiona sobre uno de los tramos sin medir aparece un mensaje que informa de los pasos a seguir para realizar la medición:



La secuencia de medición es la siguiente:

- Hacer click en la pantalla en el tramo que se quiere medir.
- El cabezal se sitúa en el primer punto teórico de la medición de forma automática.
- En ese momento se pasa a control MANUAL y se lleva el cabezal al punto exacto en el que se encuentra el punto.
- Se pasa a control AUTOMÁTICO.
- Se confirma el punto en el panel de control del CNC.
- El cabezal se sitúa en el segundo punto teórico de la medición de forma automática.
- Se pasa a control MANUAL y se lleva el cabezal al punto exacto en el que se encuentra el punto.
- Se pasa a control AUTOMÁTICO.
- Se confirma el punto, de nuevo en el panel de control.

- **Modificación de parámetros de taladrado**

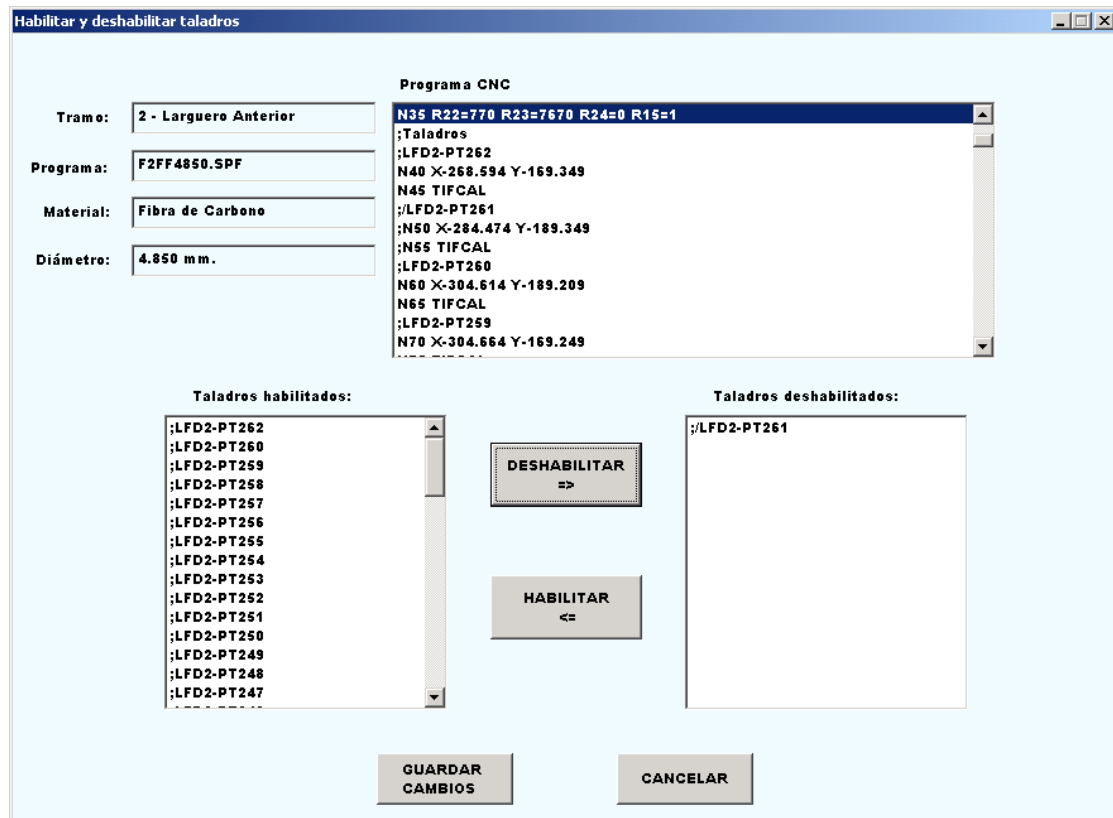
Este es un paso opcional en el que se pueden habilitar y deshabilitar taladros, configurar los parámetros de taladrado y modificar la posición de cada taladro. Lo primero que se hace es seleccionar el tramo en el que se quiere modificar los parámetros. Solo se podrán seleccionar los tramos que previamente se hayan medido.

Una vez elegido el tramo aparece una nueva pantalla en la que se debe seleccionar el tipo de taladro que se quiere modificar. Todos los cambios que se realicen en los programas de taladrado tendrán validez exclusivamente durante el proceso que se esté ejecutando en ese momento, excepto los cambios en los parámetros de taladrado que sí quedan almacenados de forma permanente.

Habilitar-deshabilitar taladros

Puede haber algún momento en que durante el proceso de taladrado haya algunos taladros que no se deseen ejecutar (por ejemplo, si el taladro se ha dado previamente). En estos casos habría que deshabilitar dichos taladros, lo que se puede hacer desde esta aplicación. En el ejemplo que se ve a continuación se ha deshabilitado el taladro identificado con la etiqueta: “LFD2-PT261”

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340



Para deshabilitar un taladro simplemente hay que seleccionarlo en la lista de taladros habilitados y pinchar el botón de deshabilitar, con lo que automáticamente pasan a la lista de taladros deshabilitados. De manera análoga se puede actuar para habilitar un taladro que se encuentre deshabilitado.

Configurar parámetros de taladrado

La aplicación permite configurar parámetros de taladrado en función del material que se taladre.

Cuando se taladra en continuo, es decir, taladrado de fibra de Carbono, o escariado de fibra de Carbono y titanio, los parámetros que se pueden configurar son el avance (mm/minuto) y la velocidad (rpm).

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

Cuando el taladrado es en Peck-drill, los parámetros que se pueden configurar son además del avance y la velocidad, el incremento del peck-drill y el plano de retroceso.

Modificar posición de taladros

Se puede modificar las coordenadas de un taladro. Para ello se selecciona la etiqueta del taladro que se desea cambiar de lugar y se escriben las nuevas coordenadas.

Modificar posición de taladro

Diámetro: 4.850 mm.

Material: Fibra de Carbono

Programa: F2FF4850.SPF

Lista de taladros habilitados:

- ;LFD2-PT262
- ;LFD2-PT261
- ;LFD2-PT260
- ;LFD2-PT259
- ;LFD2-PT258
- ;LFD2-PT257
- ;LFD2-PT256
- ;LFD2-PT255
- ;LFD2-PT254
- ;LFD2-PT253
- ;LFD2-PT252
- ;LFD2-PT251
- ;LFD2-PT250
- ;LFD2-PT249
- ;LFD2-PT248
- ;LFD2-PT247

Identificador del taladro: ;LFD2-PT262

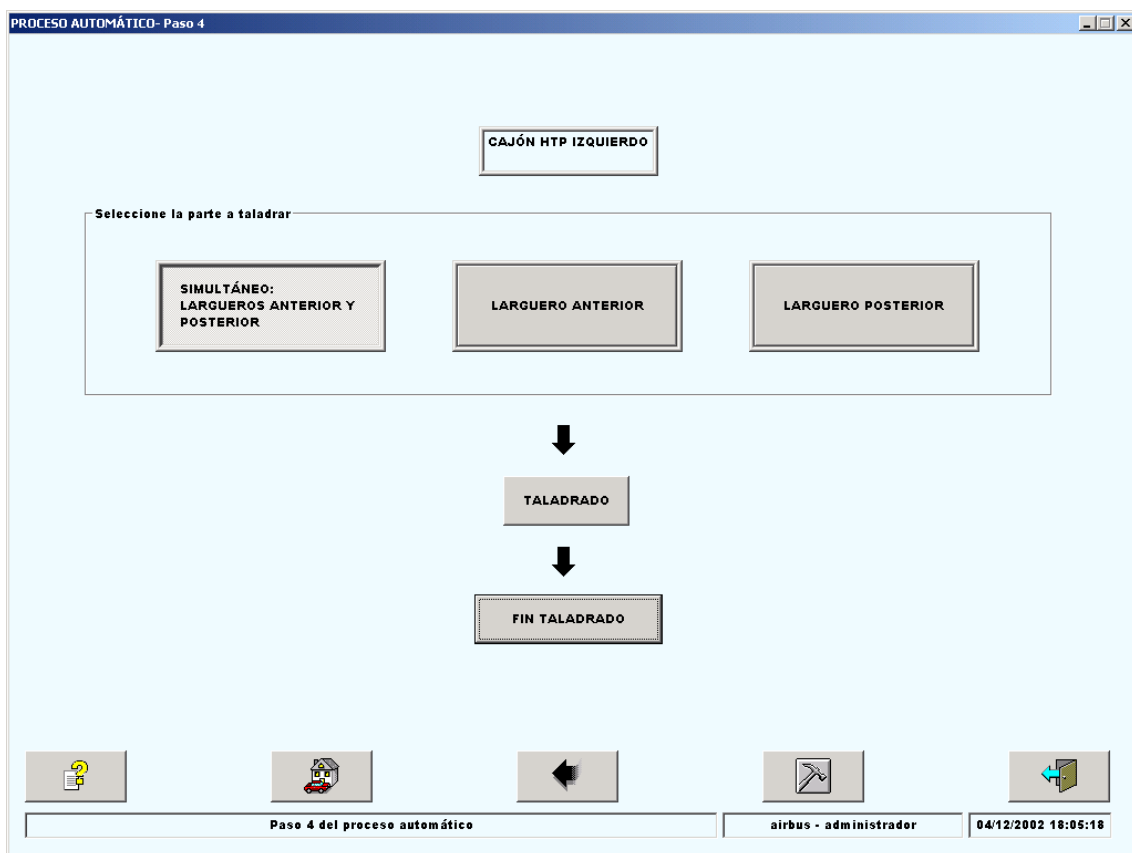
Posición actual: X: -268.594 Y: -169.349

Posición modificada: X: -268.594 Y: -169.349

GUARDAR CAMBIOS Cancelar

- **Selección de larguero**

Una vez medidos todos los tramos que se quieren taladrar y efectuadas todas las modificaciones deseadas, se pasa a la ejecución de los programas de taladrado. Antes hay que elegir si se quiere realizar el taladrado de los dos largueros simultáneamente, o de uno en uno.



- **Taladrado**

La pantalla de taladrado se divide en dos partes:

- La parte superior: contiene información del estado de los dos cabezales.
- La parte inferior: informa acerca del programa que se está ejecutando en cada uno de los cabezales.

Además se dispone de los siguientes botones de acción:

- Ejecutar programa: es el botón que hay que presionar para que comience el taladrado al entrar en esta pantalla.
- Salir de taladrado: se pinchará sobre él cuando hayan finalizado todos los programas que se hayan mandado ejecutar.
- STOP: lanza una parada ciclo en el control numérico, de modo que el programa para su ejecución.
- Continuar ejecución: lanza una marcha ciclo en el control numérico, de modo que el programa continúa su ejecución allá donde se haya parado.
- Anterior y Posterior: sirven para cambiar la vista de la parte inferior de la pantalla y poder tener la información de los programas que se están ejecutando en el larguero anterior y en el posterior. Lógicamente solo tienen sentido en caso de que se haya seleccionado la ejecución de los dos largueros de manera simultánea.

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

Taladrado - GRADA IZQUIERDA - Número Pieza: 12345678901234557890123 - Orden de producción: 123456789012 - Número de avión: 1

LARGUERO ANTERIOR - FS Tramos a taladrar: 2

LARGUERO POSTERIOR - RS Tramos a taladrar: 1

Programa en CNC:

Programa en CNC:

Posición de ejes

X: Modo:

Y: Estado:

Z: Avance (%):

Q:

Alarma:

EJECUTAR PROGRAMA

SALIR DE TALADRADO

PROGRAMA DE LARGUERO : POSTERIOR ANTERIOR - FS POSTERIOR - RS

Programa: IZQPOST.MPF

Número de Línea activa:

Secuencia actual:

STOP CONTINUAR EJECUCION

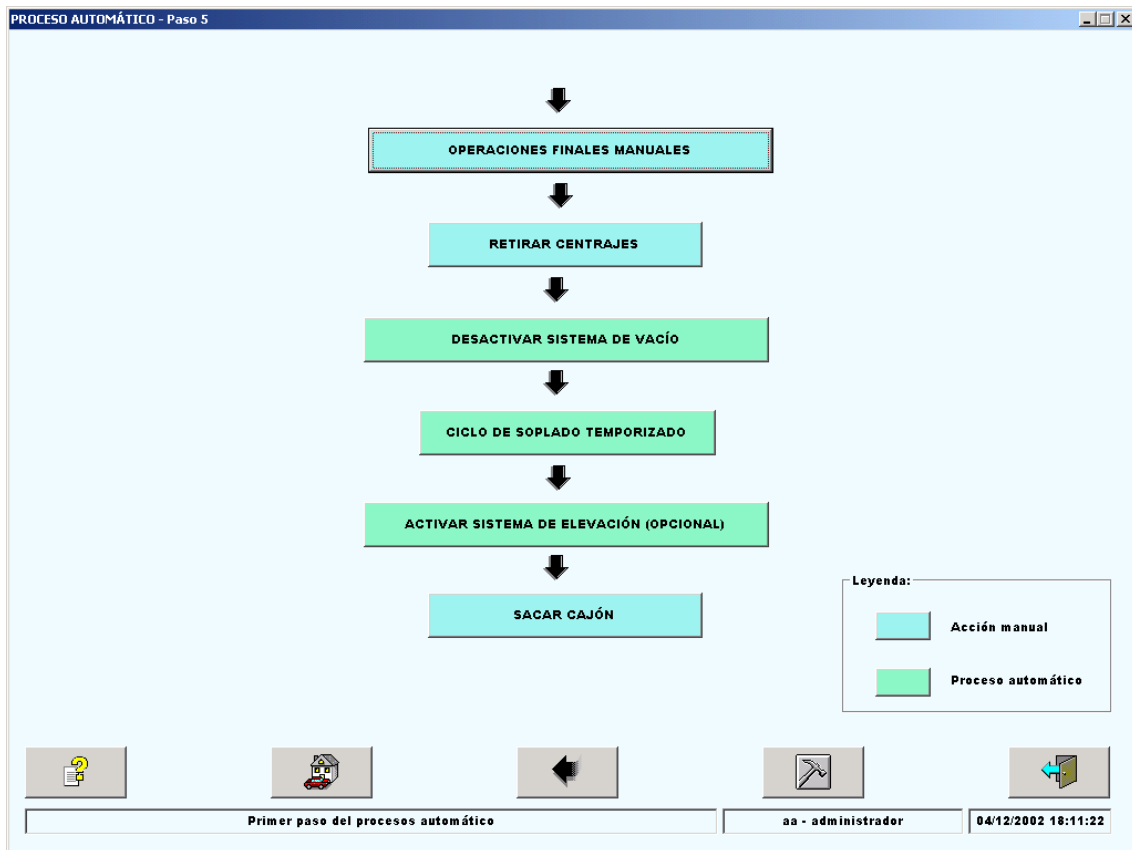
:HERRAMIENTA :T4
N5 T4 M06 G00 G90 Z100
N10 M05 D1
:LARGUERO: LR, TRAMO: 1, MATERIAL: FA, DIAMETRO: 4.153
:Rototraslacion
N15 G54
N20 TRANS X0.000000 Y0.000000
N25 AROT RPL=0.000000

Taladrado airbus - administrador 04/12/2002 17:48:08

- **Descarga del cajón**

A esta pantalla solo se debe llegar cuando se hayan ejecutado todos los taladros deseados sobre el cajón, ya que es la pantalla que se corresponde con la descarga del cajón de la grada.

Aquí también aparecen acciones manuales y automáticas, de la misma manera que en el proceso de carga del cajón. La secuencia de pasos que hay que seguir hasta que se saca el cajón de la grada es la siguiente.



Operaciones finales manuales:

Aquí el operario deberá realizar una serie de operaciones manuales sobre el cajón para finalizar el proceso en esta grada. Para facilitar al operario cuáles son estas operaciones aparece en pantalla un cuadro con las acciones que debe realizar.

- *Retirar centrajes:* Con este paso comienza la descarga del cajón de la grada.
- *Desactivar sistema de vacío:* Se desactiva el sistema de vacío de modo que las ventosas dejan de sujetar el cajón.

- *Ciclo de soplado temporizado:* Se provoca un soplado durante unos segundos, con lo que se consigue que se suelten todas las ventosas, por si acaso alguna seguía agarrada al cajón a pesar de haber desactivado el vacío.
- *Activar sistema de elevación:* Este paso solo aparece para usuarios con permisos de administrador, y además es opcional, se puede pasar directamente a sacar el cajón.
- *Sacar cajón:* Con esta acción se finaliza el proceso de producción del cajón y se vuelve a la pantalla principal, donde se podrá comenzar la ejecución de otro cajón.

Capítulo 3: TPM

3.1. Introducción al mantenimiento

La tendencia actual hacia la globalización de los mercados, ha provocado que compañías dedicadas íntegramente a sistemas productivos se enfrenten a un nuevo entorno de desarrollo adoptando estrategias para reducir recursos, de esta forma se intenta mejorar la eficacia de las instalaciones evitando los despilfarros.

Nuevas tecnologías y prácticas innovadoras están colocando a la función del mantenimiento como una parte integral de la utilidad total en muchos negocios. Las sólidas técnicas modernas de mantenimiento y su sentido práctico tienen el potencial para incrementar en forma significativa las ventajas en el mercado global.

La búsqueda de la competitividad por parte de las empresas se alcanzará una vez se logre trabajar en conjunto los equipos de Producción, Seguridad, Ingeniería, Mantenimiento y otros miembros de la organización de forma que se alcance la excelencia.

La gestión de mantenimiento debe estar basada en las bases de la Innovación y Tecnología.

3.2. Las seis grandes pérdidas

El propósito principal que debe lograrse en un sistema operativo es alcanzar la mayor efectividad durante el mayor tiempo de la maquina operando, es decir la Efectividad Global del Equipo, OEE, (en inglés Overall Equipment Effectiveness).

Lograr este objetivo implica superar una serie de obstáculos, clasificados como las seis grandes pérdidas de lo equipos, que a su vez podemos clasificar en tres efectos que causan sobre el sistema operativo, impidiendo obtener la máxima eficacia del equipo productivo.

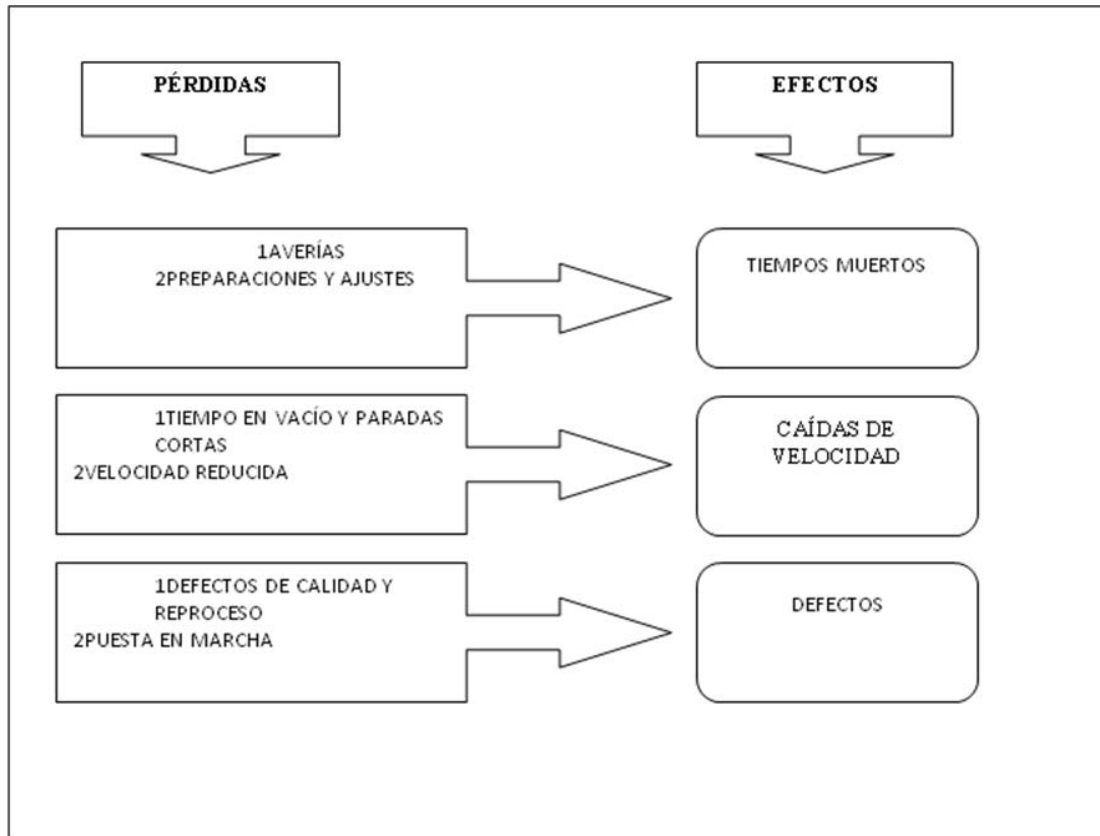


Figura 3.1. Agrupación de las pérdidas en función de los defectos que provocan.

La estrategia que persigue el TPM es identificar y eliminar estas seis grandes pérdidas. Buscar la eficacia a través de la eliminación de las pérdidas, estando estas muy relacionadas con los despilfarros que se pretenden eliminar con un sistema Just In Time (JIT), es decir, utilizando la cantidad justa de recursos evitando los despilfarros. (ANEXO 2). Por tanto, podemos incidir en el objetivo común que existe entre un sistema JIT y el TPM que pretendemos aplicar.

Como se observa en la Figura 3.1, las seis grandes pérdidas, están caracterizadas por generar tres efectos en los equipos de producción.

A continuación, se detallará cada una de las pérdidas que pueden producirse en el sistema productivo.

3.2.1. Pérdidas por averías

Un repentino e inesperado fallo o avería genera una pérdida en el tiempo de producción, esto provoca tiempos muertos del proceso por parada total del mismo debido a problemas crónicos o esporádicos, que impiden su buen funcionamiento, generándose pérdidas de OEE desde el momento que aparece la avería.

Las causas de estas disfunciones de equipo pueden ser con pérdida de función o con reducción de función.

- Avería con pérdidas de función

Suelen ocurrir de forma drástica e inesperada, perdiendo súbitamente algunas funciones que provocan la parada del equipo.

Este tipo de averías suelen ser costosas al perderse tiempo de operación, aunque al ser problemas visibles las soluciones son concisas y rápidas.

- Averías con reducción de función

Aparecen sin que el equipo sufra ningún tipo de paradas, son producidas por el continuado uso de la maquinaria o debido a una mala utilización de ella.

Este tipo de averías suelen pasar desapercibido o no reparado al ser más difícil la localización o solución de las averías.

Cuando se tratan de pérdidas crónicas, que se reproducen frecuentemente, no solo generan pérdidas de tiempo, también producen pérdidas de producción. Todo ello provocado por defectos ocultos, que resultan insignificantes pero que son muy perjudiciales para el rendimiento del equipo.

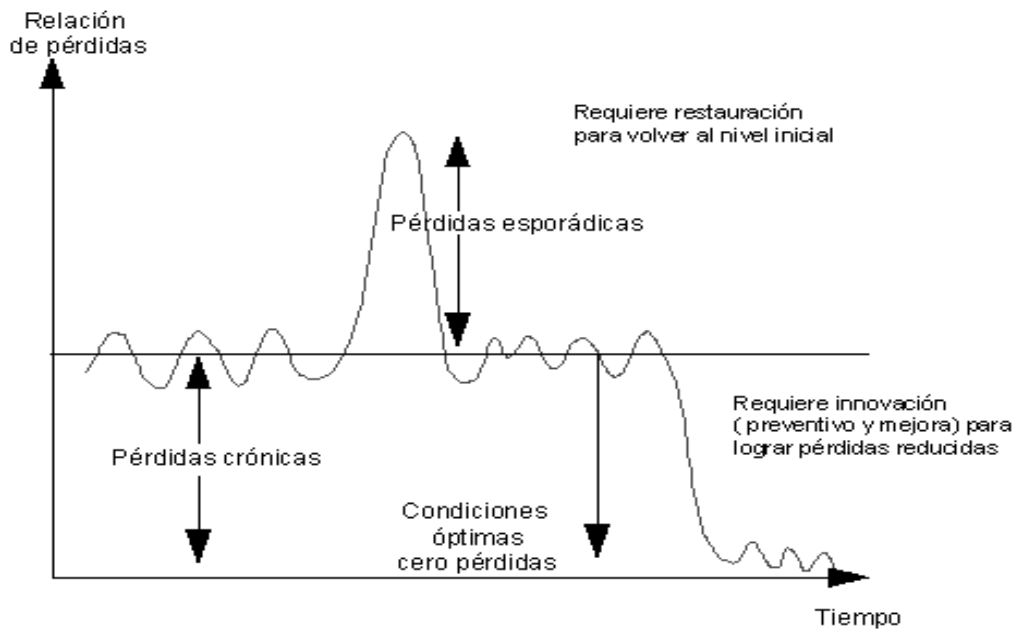


Figura 3.2. Relación pérdidas- tiempo.

La completa eliminación de este tipo de averías radica en la combinación de causas que intervienen, con la dificultad agravante que esta combinación puede variar en cada momento de incidencia.

En el equipo se producirán situaciones que sean debida a una sola causa, como ocurre en las averías esporádicas, mientras que en otras sean debida a la combinación de suciedad, tornillos aflojados, abrasión, etc., causas que no solemos prestar atención y que pueden ser la raíz de las pérdidas crónicas.

La combinación de muchos factores en una avería hace difícil identificar todas las causas que intervienen. Para ello pueden utilizarse técnicas empleadas en calidad, como son el diagrama causa-efecto (conocido también como espina de pez) o el análisis modal de Fallo y Efecto, AMFE o FMEA. (ANEXO 3 y 4 respectivamente).

3.2.2. Pérdidas por preparaciones y ajustes

El tiempo de producción se reduce también cuando la máquina está en espera. La máquina puede quedarse en estado de espera por varios motivos, p.ej. debido a un cambio, por mantenimiento, o ajustes necesarios para la producción de un nuevo producto. En el caso de un cambio, la máquina normalmente tiene que apagarse durante algún tiempo cambiar herramientas, útiles u otras partes.

Para la reducción del tiempo empleado en dicha preparación se emplean técnicas como SMED (Single Minute Exchange Die), que define el tiempo de cambio comprendido entre el último producto antes de la parada y el primer producto bueno de la reanudación, este tiempo de cambio medido corresponde al tiempo en el cual la máquina no fabrica ningún producto.

Como las mismas siglas de la técnica SMED indican, se trata de reducir el tiempo de cambio a menos de 10 minutos de parada en el equipo, para realizar esta reducción de tiempo se deben realizar tres acciones:

- Minimizar la cantidad de operaciones durante la preparación; una forma eficaz de reducir los tiempos de parada consistiría en organizar las herramientas y útiles a utilizar cerca de la maquinaria.

- Reducir los tiempo de operaciones de preparación; se debe reducir los ajustes estando la maquina parada, es decir, realizando el mayor número de ajustes del equipo mientras está operativo.
- Realizar varias operaciones simultáneas; reducir el tiempo entre operaciones realizando éstas de forma paralelas.

Una de las claves esenciales para reducir el tiempo de preparación de la máquina, es elaborar una serie de etapas como pautas a seguir, como son:

- ✓ Depurar las razones por las cuales debe realizarse un ajuste.
- ✓ Precisar si el ajuste es necesario o inevitable.
- ✓ Determinar las causas que han originado la necesidad del ajuste.
- ✓ Decidir si el ajuste es definitivamente evitable o no, y actuar.

3.2.3. Pérdidas provocadas por tiempo de ciclo en vacío y paradas cortas

Las operaciones del equipo en vacío por falta de pieza o las interrupciones breves producidas en el equipo, provocan pérdidas de tiempo al no mantenerse una velocidad constante de producción. Estos pequeños problemas pueden disminuir de forma drástica la eficacia del equipo.

Este tipo de pérdidas debe reducirse a cero cuando se trata de automatizar líneas a flujo continuo.

3.2.4. Pérdidas por funcionamiento a velocidad reducida

La velocidad reducida es la diferencia entre la velocidad fijada en la actualidad y la velocidad teórica o de diseño. En ocasiones hay una considerable diferencia entre lo que la gente cree que es la velocidad máxima y la velocidad

máxima teórica. En muchos casos, la velocidad de producción se ha rebajado para evitar otras pérdidas tales como defectos de calidad y averías. Las pérdidas debidas a velocidades reducidas son por tanto en la mayoría de los casos ignoradas o infravaloradas.

La mejora de los procesos puede establecerse por medio de algunas etapas:

- Medir la velocidad actual de operación, así como los condicionantes que la provocan.
- “Gap” o desviación existente entre la velocidad actual y las especificaciones del equipo.
- Historial de acciones que afectan la velocidad, y cómo influyen en la velocidad actual del equipo.
- Estudio de la velocidad actual de operaciones y los condicionas que influyen para aumentarla.
- Establecimiento de nuevas premisas que mejoren la operación del equipo, sin que se vean afectados la precisión y calidad.
- Ciclos de ensayo con las nuevas premisas.
- Reajuste de las nuevas premisas, con su correspondiente confirmación y puesta en marcha de las mismas.

3.2.5. Pérdidas por Scrap o deshecho y reprocesados

Scrap o deshecho, son aquellos productos que no cumplen los requisitos establecidos de calidad, incluso aquellos productos reprocesados que no

habiendo cumplido dichas especificaciones inicialmente puedan ser vendidos como productos de calidad inferior.

El objetivo es “cero defectos”, fabricar siempre productos de primera calidad. Los productos que no cumplen los requisitos de calidad a la primera, pueden ser reprocesados

Este tipo de pérdidas pueden incluir defectos esporádicos y crónicos, aunque están referidos al concepto de calidad no quita que sean defectos de esporádicos o crónicos del equipo. Por ello, es frecuente que para este tipo de defectos se retire el producto para proceder a la producción de un nuevo producto, esto conllevará horas y mano de trabajo que se traducirá en pérdida de tiempo y costos adicionales no previstos, esto provoca el encarecimiento del producto sin valor añadido.

3.2.6. Pérdidas de funcionamiento por puesta en marcha del equipo

Un tipo específico de pérdidas de calidad son las pérdidas en los arranques de los equipos. Estas pérdidas ocurren cuando:

- Durante el arranque de la máquina, la producción no es estable inicialmente y los primeros productos no cumplen las especificaciones de calidad.
- Los productos del final de la producción se vuelven inestables y no cumplen las especificaciones.
- Aquellos productos que no se consideran como buenos para la orden de fabricación y, consecuentemente, se consideran una pérdida.

Normalmente las pérdidas por puesta en marcha se consideran inevitables, sin embargo, el volumen de estas puede ser sorprendentemente grande.

3.3. Metodología para la resolución de problemas

En el sistema japonés se da tanta importancia al proceso de eliminación de problemas, que incluso deliberadamente quitan hombres o se reduce inventario intermedio para hacer evidentes los problemas. Es un método de búsqueda en la mejora continua, sin esperar que estos aparezcan.

El objeto es mediante el mínimo número de operarios e inventario obtener cero defectos, por ello, una vez conocido los defectos se analiza con toda rapidez sus causas y se pone remedio sin demora. En el proceso de mejora la clave es hacer algo que elimine el desperdicio, los inventarios y las repeticiones de operaciones.

Para la resolución de estos problemas surgen grupos con la finalidad de identificar, analizar y solucionar problemas que se generen en el proceso. Para cumplir este objetivo, deben seguir una guía de solución de problemas, compuesta por diez pasos básicos impidiéndose de este modo saltarse de un síntoma a un remedio sin haberlo definido con prioridad.

3.3.1. Diez pasos previos en el proceso de solución de problemas.

Es conveniente fijar diez pasos básicos en la resolución de cualquier problema que aparezca en el proceso.

1. Identificación de problemas.
Participa el grupo encargado de identificar los problemas surgidos.
2. Seleccionar los problemas claves.

Una vez identificados en una lista todos los problemas planteados, debe elegirse aquel problema que presente mayor prioridad de solución.

3. Analizar el problema escogido.

En este paso es fundamental formular con propiedad el problema. Cuando el problema está clarificado, es más fácil identificar sus posibles causas.

4. Determinar la información necesaria.

Hay que escrutar qué información es requerida para definir, cuantificar y llegar al núcleo del problema. Se trata de poder hablar en términos de hechos más que de opiniones.

5. Recoger los datos sobre el sistema. Las decisiones claves son:

- Cuánta información se necesita,
- Cuándo recogerla,
- Cómo registrar toda la información relativa a los hechos observados.

6. Interpretar los datos recogidos.

Para interpretar los datos recogidos es necesario agrupar toda la información convenientemente. Al interpretar los datos es importante tener la posibilidad de pensar sobre un máximo de posibilidades, aunque algunas parezcan inviables a primera vista.

7. Decidir una solución para el problema y trabajar en ella.

Una vez clasificados todas las causas con sus correspondientes datos, se selecciona las causas más importantes que son el origen del problema. De ellas surgen las soluciones potenciales, que han de ser reflexionadas un tiempo suficiente para tener la seguridad de que las soluciones o solución escogida resuelven el problema.

8. Presentación del proyecto a la jerarquía.

Se presenta la solución o soluciones de aquellos que tienen el poder de designar los recursos necesarios para la puesta en marcha.

9. Realización de la solución aprobada.

Se realiza una programación de la solución;

- La naturaleza de las acciones a realizar,
- Las tareas de cada uno, por las que debe responder,
- Los plazos a respetar.

10. Evaluación.

Se precisa llevar a cabo procedimiento de control de los resultados obtenidos, que serán comparados con la situación de partida.

Si los resultados obtenidos después de seguir los diez pasos son positivos, la solución se adoptara definitivamente. Pero si los resultados son negativos, será necesario volver al paso 3, precisando aun más las causas del problema y elaborando nuevas soluciones. Para facilitar la precisión y solución ante los problemas, se requiere de una serie de técnicas y herramientas.

3.3.2. Técnicas para el análisis de problemas

3.3.2.1. Brainstorming

Brainstorming es un término inglés que puede traducirse como “tormenta de ideas”, esta técnica es muy utilizada para fomentar la creatividad de los operarios.

Suele ser la primera técnica en introducirse, ya que pone en marcha el flujo de ideas y proporciona confianza en el grupo que trata de resolver el problema proporcionándole un sentido de identidad.

Si simplemente se pide a un grupo de personas de la empresa que se sienten y resuelvan un problema, probablemente no se logrará gran cosa. Para la mayoría de las personas el trabajo en grupo no es algo que les resulte natural. Una de las finalidades del brainstorming es eliminar todas las inhibiciones habituales que impiden el flujo de ideas, tales como el deseo de no comprometerse, el temor a recibir críticas de otras personas, la falta de confianza, etc.

Otras finalidades de estas técnicas son:

- Provocar un gran número de ideas, ya sea para identificar problemas, descubrir causas o posibles soluciones.
- Estimular la creatividad.
- Practicar una nueva forma de pensar, aprendiendo a economizar el tiempo.

Para cualquier sesión de Brainstorming, se seguirá por regla general una serie de fases;

1. Presentación del tema definiendo unos límites. Es muy importante que todas las personas que participen en la sesión conozcan los objetivos con la máxima precisión posible.
2. Cada participante, mediante turnos, expresa una idea que es registrada por un anotador.
3. Expuestas todas las propuestas, se procede a la selección, mediante argumentos a favor o en contra de las ideas, siempre buscando el consenso del grupo.

El brainstorming es una técnica de trabajo y como tal sigue unas reglas;

1. No criticar. durante la fase de generación de ideas no deben emitirse juicios ni críticas, de esta forma se fomenta la creatividad rompiéndose la barrera a la desconfianza personal.
2. Libertad de expresión. En un ambiente informal se fomenta la espontaneidad, el buen humor y la amabilidad. La gente es más creativa en ambientes relajados y discernidos.
3. Cuántas más ideas mejor. Las tormentas de ideas, deben ser eso una conglomeración de ideas, que posteriormente se depurarán.
4. Anotar todas las ideas. Las ideas son anotadas a la vista de todo el grupo. De esta forma el grupo puede ir proponiendo nuevas propuestas de ideas anteriormente comentadas.

La dinámica de grupo que se consigue fomenta la confianza en la imaginación creativa individual como del grupo formado, estimula la capacidad creativa, surge espontaneidad ayudando a romperse convencionalismos y aviva la confianza en los demás.

3.3.2.2. Recopilación de datos

Un tema importante para la solución de problemas es la apropiada documentación al recopilar datos.

“los datos recogidos que no tienen un claro propósito o que carecen de la necesaria fiabilidad son inútiles. Lo esencial de los datos es que el propósito esté claro y que los datos reflejen la verdad. Después, el siguiente problema es hacer que los datos sean fáciles de coger y de usar. Esta es la razón por la que las hojas de toma de datos son utilizadas en la empresa. Estas hojas tienen muchas funciones, pero la principal es hacer fácil la recogida de datos y

realizarla de forma que puedan ser usados fácilmente y analizados automáticamente". Kaoru Ishikawa.

Durante las inspecciones se recogerán datos de las distintas causas para elaborar un patrón de tendencias.

Por ello se requiere seguir unas pautas:

- ✓ Enfocarse en una causa para ser observada.
- ✓ Fijar el periodo de tiempo de recogida de datos.
- ✓ Elaborar una ficha de recogida de datos sencilla y fácil de utilizar.
- ✓ Asegurarse que los datos obtenidos son fidedignos, asegurándose que se le ha dedicado el suficiente tiempo.
- ✓ Para elaborar un informe las muestras de datos deben ser recogidas al azar sin seguir un patrón de tiempo.
- ✓ Las muestras realizadas deben ser homogéneas, si no lo es, se debe iniciar un proceso de estratificar las zonas para realizar posteriormente un análisis individual por zonas.

Es importante remarcar que la recogida de datos debe ser lo más completa posible, registrándose el origen de la información y las condiciones de adquisición de la misma.

3.3.2.3. Gráficos

El objetivo de los gráficos es mostrar los datos complejos de forma significativa. Existe diversidad de gráficos, por lo que se debe elegir el tipo de gráfico dependiendo del mecanismo visual que se adapta mejor a los datos recogidos.

Se puede elegir entre los gráficos, teniendo en cuenta que;

- ✓ Cuando se quiere comparar dos situaciones en el tiempo es más fácil de leer en gráficos de barras.
- ✓ Los porcentajes siempre se observan mejor en gráficos circulares.
- ✓ Los diagramas de flujo ilustran los procesos paso a paso.

3.3.2.4. Diagrama de Pareto

El análisis de Pareto, mediante un diagrama de barras permite clasificar los problemas según la relevancia en un orden decreciente en cuanto a su importancia, se puede comprobar que el 20% de las causas son responsables del 80% de los problemas. Por lo tanto, con este análisis podemos centrarnos en las causas más urgentes a observar y corregir. (ANEXO 5)

3.3.2.5. Histogramas

Los gráficos de barras son muy útiles para mostrar la frecuencia con que ciertos eventos ocurren. Un histograma toma datos medibles, muestra su distribución. Un histograma muestra el grado de variación de cualquier proceso.

El histograma es usado para:

- ✓ Para una comunicación clara y efectiva de la variabilidad del sistema.
- ✓ Mostrar un cambio en el sistema.

- ✓ Identificar anomalías examinando la forma.
- ✓ Comparar la variabilidad con los límites de especificación.

Al analizar los histogramas, no se debe olvidar, que muchos de los procesos no siguen la distribución en forma de campana, sino que poseen una naturaleza sesgada, además es necesario desconfiar de la exactitud en la toma de datos cuando de repente termina en un punto, sin un claro declive hacia el mismo. Otro aspecto clave que debe tenerse en cuenta es cuando aparecen picos gemelos, esto puede deberse a que los datos provienen de dos fuentes distintas, como pueden ser dos turnos, dos máquinas, etc. y el histograma es superposición de dos distribuciones normales con distinto centro.

3.3.2.6. Diagrama causa- efecto

El diagrama causa-efecto también conocido como diagrama de espinazo o diagrama de Ishikawa, puede utilizarse para organizar las causas de un problema del proceso o productos en un formato lógico. Más aún, los diagramas causa-efecto son útiles para la identificación de la causa básica de un problema; también con frecuencia son utilizados para la organizar la entrada de una sesión Brainstorming.

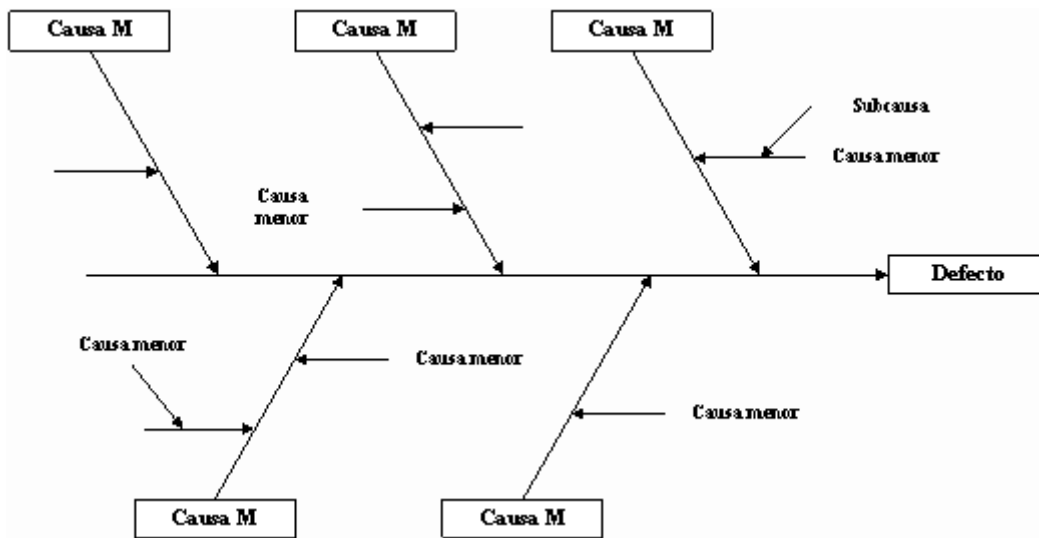


Figura 3.3. Diagrama Ishikawa.

3.3.2.7. Análisis de campo de fuerza

Con esta técnica se pretende mostrar los pros y contras relativos en una situación o proyecto que se quiera efectuar.

Este análisis está formado por una reta horizontal, donde se trazan flechas hacia arriba indicando los pros y flechas hacia abajo indicando los contras, del tamaño de todas estas flechas dependerá de la repercusión que presenten en el proyecto.

3.3.2.8. Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica que muestra todos los pasos de un proceso. Es muy útil para examinar cómo se relacionan entre sí las distintas fases de un proceso.

Este tipo de diagrama utiliza símbolos fácilmente identificables para el proceso desarrollado en cada fase:

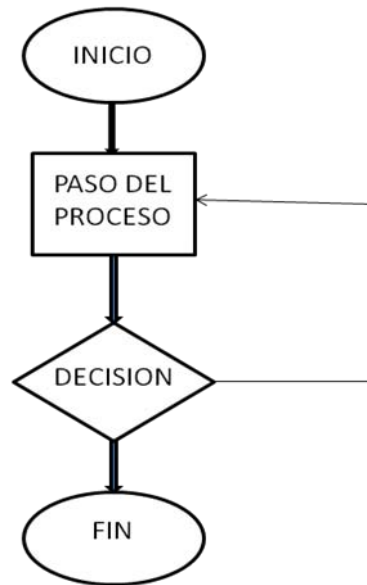


Figura3.4. Diagrama de flujo

Mediante este tipo de gráficos es posible identificar fuentes potenciales de problemas, siguiendo unos pasos determinados;

1. Dibujar el diagrama de flujo que se sigue en el proceso.
2. Dibujar un diagrama de flujo que debería seguirse para que todo funcionara bien.
3. Comparar los dos diagramas identificando las diferencias entre diagramas para descubrir dónde se producen los problemas.

(ANEXO 6)

3.3.2.9. *Diagrama de Deming*

El diagrama elaborado por Deming también conocido como PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), donde a través de un círculo continuo pueden realizarse las siguientes funciones;

- Planificar: establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados acordes a los requisitos del cliente y las políticas de la organización.
- Hacer: implementar los procesos.
- Verificar: realizar el seguimiento, la medición de procesos y productos respecto las políticas, objetivos y requisitos aplicables, informando sobre los resultados.
- Actuar: tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño de los procesos.

(ANEXO 7)

3.3.2.10. Método PM.

Desarrollado por Kunio Shirose consultor del JIMP, es otra técnica efectiva para eliminar las pérdidas crónicas del equipo.

El análisis PM consiste:

1. Definir el problema. Examinar el problema cuidadosamente; comparar los síntomas, condiciones, partes afectadas, y equipo con los de casos similares.
2. Hacer un análisis físico del problema. Realizar un análisis clarificando los detalles, examinando todos los puntos, se revelarán las áreas problemáticas específicas y los factores contribuyentes.
3. Aislar cada condición que pueda causar el problema. Explorar todas las causas posibles.

4. Evaluar el equipo, material y métodos. Extraer una lista de factores que atribuye las condiciones. Identificar cada problema identificando las condiciones con el equipo, útiles y métodos de operación.
5. Planificar la investigación. Planificar cuidadosamente el perfil y dirección de investigación de cada factor.
6. Investigar las disfunciones. Todos los ítems planificados deben ser investigados cuidadosa y completamente, manteniendo en el pensamiento las condiciones óptimas a conseguir y la influencia de defectos ligeros que ignorados podrían considerarse peligrosos.
7. Formular planes de mejoras.

3.3.2.11. Presentación a la dirección

Al finalizar la documentación donde destaque todos los puntos a tratar, se debe realizar una presentación a la dirección de la empresa resaltando los aspectos más importantes.

Por ello la presentación debe seguir unas pautas;

- ✓ Reconocimiento. Es la aportación de la dirección al proyecto que se le presenta.
- ✓ Comunicación. La presentación debe ser un medio de comunicación entre los miembros de la empresa. se trata de un vínculo entre los expertos ante la nueva expectativa de un proyecto.
- ✓ Responsabilidad. la presentación debe ser asumida por el grupo que la presenta. El grupo trata de que sea reconocida buscando la aprobación de la dirección.

La presentación a la dirección constituye un enriquecimiento por el éxito alcanzado, tanto para los miembros del grupo como para la propia empresa. Para alcanzar ese éxito deben ceñirse a un plan de preparación;

- ✓ Responsable de la presentación.

Generalmente suele ser el puesto ocupado por el responsable del grupo, pero cualquier miembro del grupo puede ser escogido para cumplir esta labor.

- ✓ Definir el programa

Estará formado por un índice donde se detallan aspectos relevantes que se esperan conseguir, el orden de los temas a tratar y nombramiento de los expertos que intervendrán.

- ✓ El contenido

Descripción detallada del problema estudiado con datos precisos, exponiendo de forma realista los análisis empleados y la conclusión del coste y beneficios de la solución ideal al problema.

- ✓ Elegir el entorno

Lo ideal para obtener la atmosfera adecuada es realizar la conferencia en un habitáculo iluminado, limpio e informal.

- ✓ Medios a utilizar

Para una correcta visualización de lo expuesto, debe utilizarse gráficos de recogida de información, transparencias, documentos, diapositivas, fotografías y medios audiovisuales que favorezcan la comunicación.

✓ Intervención de cada participante

Todos los miembros del grupo, participantes en la resolución del problema, han de tener la oportunidad de intervenir en la presentación de la solución.

✓ Ensayos

Es conveniente no dejar nada al azar, realizar ensayos ayuda a estimar la duración de la presentación, el orden y la duración de las intervenciones.

3.4. La curva típica de índices de fallos.

Habitualmente se piensa que las nuevas máquinas han de pasar inevitablemente por una fase de muchos fallos, período de fallos iniciales, mientras los equipos viejos pasan a ser menos fiables, períodos de fallos por desgastes, sin embargo, involucrando a los equipos de producción y mantenimiento en la fase de diseño y practicando una Prevención del Mantenimiento (PM) en el equipo, es decir, una gestión desde la instalación a la producción normal, y al mismo tiempo esforzándose en mejorar la fiabilidad de las instalaciones, es posible lograr un arranque suave del nuevo equipo y reducir drásticamente el período de fallos iniciales.

Las actividades dedicadas a medir y evitar el deterioro pueden también reducir los niveles de la curva de índice de fallos eliminando éstos durante el período de fallos aleatorios. El mantenimiento cuidadoso es también muy eficaz evitando que suba el índice de fallos en el período de fallos de desgaste. Esto se consigue reemplazando oportunamente las piezas desgastadas y deterioradas y restaurando el equipo hasta una condición óptima.

Aunque es imposible evitar una obsolescencia de las máquinas, el desarrollo del TPM permite utilizar el sentido común y el ingenio para limitar los efectos del deterioro en cada fase de la vida operativa del equipo. Esto facilita ampliar

la vida útil de la instalación más allá de lo que anteriormente se consideraba posible.

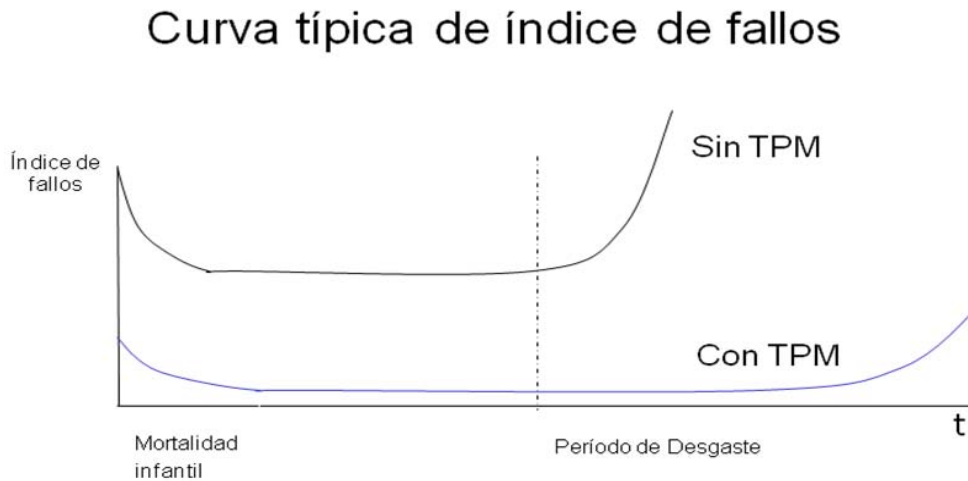


Figura 3.5. Curva típica de índice de fallos o curva de bañera.

3.4.1. Deterioro del equipo.

Conforme pasa el tiempo los equipos están sujetos a un deterioro acelerado como resultado de suciedad u otros factores, además del desgaste producido por la utilización. Por tanto, la vida útil del equipo decrece con el paso del tiempo.

3.4.2. Pensamiento anticuado y fallos de equipo.

Los fallos en las máquinas pueden eliminarse mediante una puesta en práctica universal de medidas de mantenimiento tales como medir el deterioro y eliminar el deterioro acelerado. Sin embargo, a veces se abandona el PM tan pronto como envejecen los equipos, pensando que, como consecuencia de la edad,

son propensos a averías. Pero es posible restaurar equipos viejos hasta su condición original mediante una aplicación completa del PM. Si no decrecen los fallos y defectos, no es porque el equipo sea viejo sino porque el pensamiento de las personas está anticuado. Se pasa por alto, y no se observa la suciedad y otros factores que aceleran el deterioro del equipo.

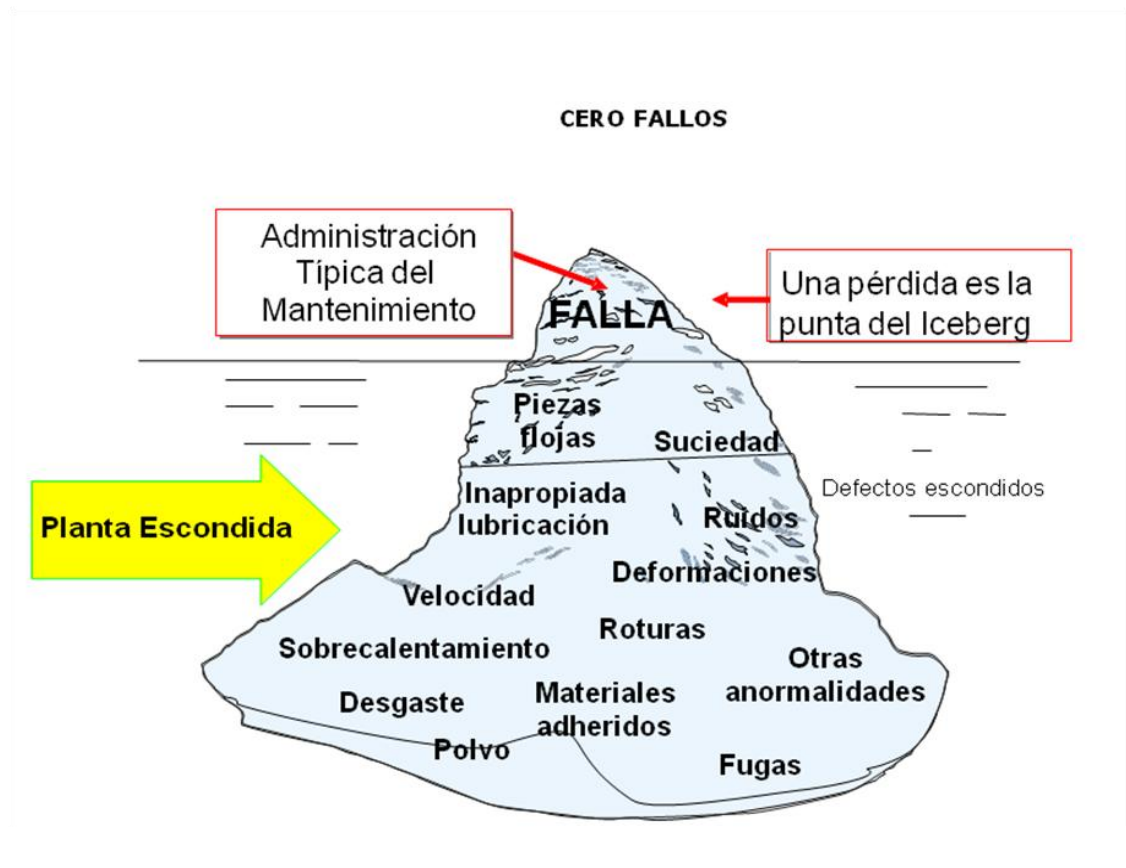


Figura 3.6. Pérdidas escondidas en la planta.

Como causas frecuentes de los fallos se suelen citar los seis conceptos siguientes:

- × Suciedad, obstrucciones, daños en superficies, y materias extrañas: todo esto puede evitarse limpiando, eliminando las fuentes de contaminación, erradicando la dispersión de partículas, y midiendo la presión.

- ✗ Inapropiada lubricación: se evita mediante la lubricación diaria, y la medición de la generación de calor y de las vibraciones.
- ✗ Holguras excesivas y fugas debidas a aflojamientos de piezas: se evita mediante apretados regulares, y chequeos de las marcas de ajuste en tornillos y pernos.
- ✗ Roturas y fatigas: se detectan visiblemente y mediante análisis de tensión.
- ✗ Deformaciones y alabeos: se evitan mediante control de la precisión.

Estos tipos de fallos son fáciles de chequear e identificar mediante mediciones y otras actividades. Por ello, merece la pena hacer el esfuerzo de evitarlos. Que se produzcan fallos o que se eliminen depende enteramente del modo de pensar y la conducta de las personas.

3.4.3. Causas múltiples de fallos y defectos.

Los fallos y defectos crónicos generados en los equipos raramente tienen una sola causa; más bien se deben a un conjunto de pequeñas deficiencias. Como consecuencia del elevado número de deficiencias, a veces es imposible identificar una causa concreta. No es usualmente muy eficaz etiquetar como causas una o dos de ellas y emprender acciones correctivas solamente contra ellas. Es una característica de las pequeñas deficiencias la dificultad de establecer una relación causa-efecto.

El tratamiento de las pequeñas deficiencias y disfunciones se dificulta en los siguientes casos:

- × Cuando no pueden localizarse las pequeñas deficiencias y disfunciones.
- × Cuando, aunque se sabe que existen, están dispersas de modo aleatorio y no se piensan que sean causas.
- × Cuando, aunque se reconoce su dispersión, se ignoran porque se piensan que no tienen consecuencias.
- × Cuando se ignoran las pequeñas deficiencias y no se emprende ninguna acción hasta que se encuentra una causa definitiva.

Para eliminar fallos y defectos, es necesario descubrir y emprender acciones preventivas contra las pequeñas deficiencias y disfunciones incluso aunque se piense que tienen poca o ninguna relevancia con el problema presente.

3.4.4. Actividades para evitar el deterioro.

Para eliminar los fallos y defectos, conviene centrar el esfuerzo en las actividades que eviten el deterioro. Aunque, no es eficaz dejar todas las actividades PM a un equipo de técnicos de mantenimiento, ya que, la persona que opera la máquina está en la mejor posición para evaluar su condición, y es por esto que se consigue una eficacia superior otorgando a los operarios la función principal en la prevención del deterioro.

Aunque los operarios no pueden supervisar todos los aspectos de sus máquinas, con la ayuda de los técnicos de mantenimiento y un plan de adiestramiento personalizado, pueden hacer mucho para evitar su deterioro. Estas actividades pueden promoverse responsabilizando al personal de mantenimiento de la enseñanza de los operarios y haciendo que los dos departamentos trabajen conjuntamente mientras cumplen sus funciones individuales.

3.5. Eficacia global del equipo (OEE)

OEE es el acrónimo para Efectividad Global del Equipo (en inglés Overall Equipment Effectiveness) y muestra el porcentaje de efectividad de una máquina con respecto a su máquina ideal equivalente. La diferencia la constituyen las pérdidas de tiempo, las pérdidas de velocidad y las pérdidas de calidad.

Debido al hecho de que la producción diaria rara vez se corresponde a la producción ideal, es necesario observar las desviaciones y buscar la forma de eliminarlas. La diferencia entre la situación real e ideal del equipo es marcado por las seis grandes pérdidas, por ello la reducción y eliminación de estas pérdidas permitirá progresar hacia el rendimiento o eficacia óptima del equipo en cuestión.

Gracias a las mediciones diarias que realizan en los equipos, los operarios llegan a familiarizarse con los aspectos técnicos de la máquina, enfocando su atención en cualquier pérdida que pueda surgir, de este modo, asumen un sentimiento de propiedad de la máquina. Al tiempo que los supervisores de mantenimiento van a poder indagar donde ocurren las pérdidas, dándoles la información necesaria a los operarios de donde proceder.

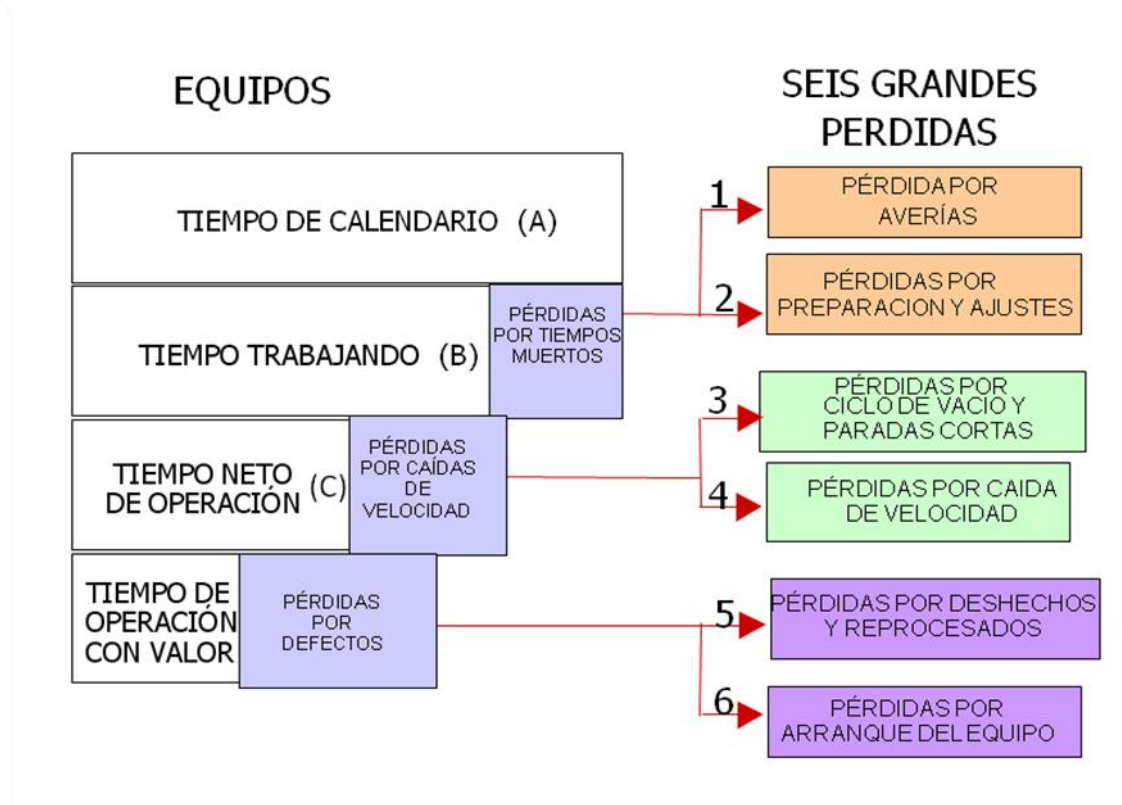


Figura 3.7. Estructura de las pérdidas de tiempo causada por las seis grandes pérdidas.

➤ Tiempo de calendario (A),

El tiempo de calendario es el tiempo que realmente puede trabajar el equipo al año, es decir:

$$365 \times 24 = 8760 \text{ horas/año}$$

$$30 \times 24 = 720 \text{ horas/ mes de 30 días}$$

➤ Tiempo trabajado (B),

Podrá definirse como el tiempo de calendario al que se le resta las paradas programadas del equipo para ajustes de útiles o por el mantenimiento planificado. Además de las paradas surgidas por averías tanto del equipo como del proceso.

➤ Tiempo de operación neto (C)

El tiempo de operación neto es el tiempo durante el cual la planta produce de forma estándar. En este tiempo se deben reflejar las pequeñas pérdidas que han surgido de caídas de velocidad y pequeñas paradas.

➤ Tiempo de operación con valor (D)

Finalmente el tiempo de operación con valor, será el tiempo neto durante el cual la planta produce eficazmente. Se calcula restando al tiempo de operación neto las pérdidas por defectos y arranque del equipo.

Una vez definida la estructura de las pérdidas de tiempo, puede calcularse la eficacia global de la planta, pero para ello, es necesario definir los múltiplos que componen dicha OEE de la planta.

➤ Disponibilidad,

La disponibilidad, expresada como porcentaje es el tiempo de calendario menos las pérdidas de averías y preparación y ajuste del equipo, y esto a su vez dividido por el tiempo de calendario;

$$\textit{disponibilidad} = \frac{\textit{tiempo calendario} - (1)(2)}{\textit{tiempo calendario}} \times 100(\%)$$

➤ Tasa de Rendimiento (productividad),

Calcula el porcentaje del ciclo de vida de una unidad procesada por la cantidad que se ha procesado en un tiempo operativo determinado;

$$\textit{tasa Rdto} = \frac{\textit{ciclo de t.ideal} \times \textit{cant.procesada}}{\textit{tiempo operativo}} \times 100 (\%)$$

➤ Tasa de Calidad,

Expresa el volumen de producción aceptable, es decir, al volumen producido se le ha restado las pérdidas de deshechos y las pérdidas que han surgido durante la puesta en marcha del equipo. A continuación se le ha restado el volumen producido y multiplicado por cien, obteniendo el porcentaje de calidad.

$$tasa\ Calidad = \frac{Vol.\ de\ Producción - (5) (6)}{Vol.\ de\ Producción} \times 100(\%)$$

La OEE es el producto de tres factores en los que pueden dividirse las seis grandes pérdidas de los equipos:

$$OEE = Disponibilidad \times Tasa\ de\ Rendimiento \times Tasa\ de\ Calidad (\%)$$

Una OEE del 100% significaría que hay cero tiempos muertos y cero defectos, sería el caso de una máquina ideal, pero en la realidad esto nunca sucede.

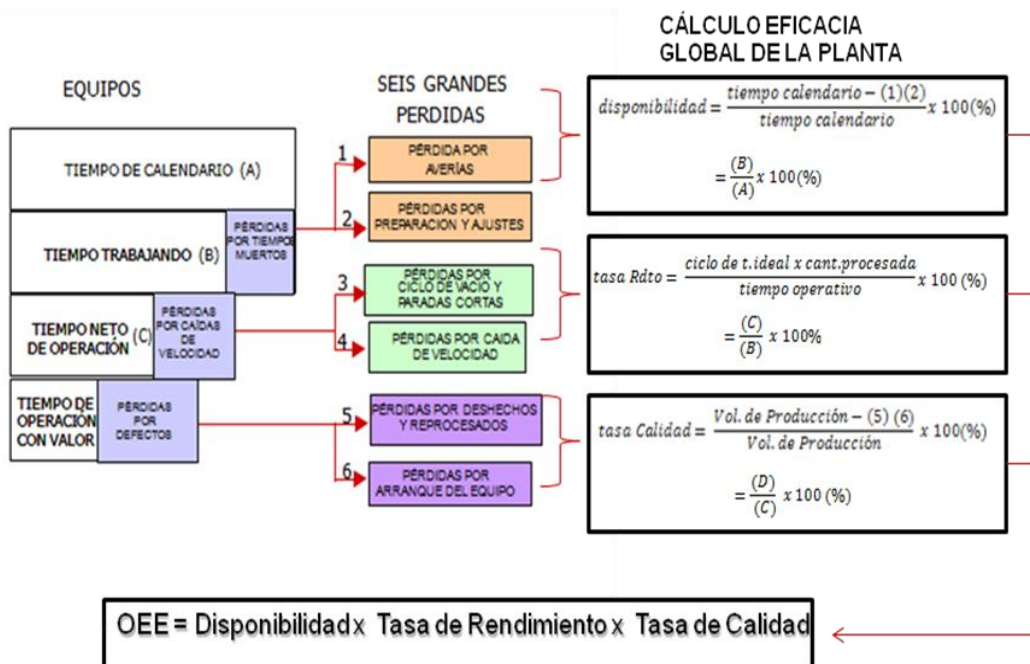
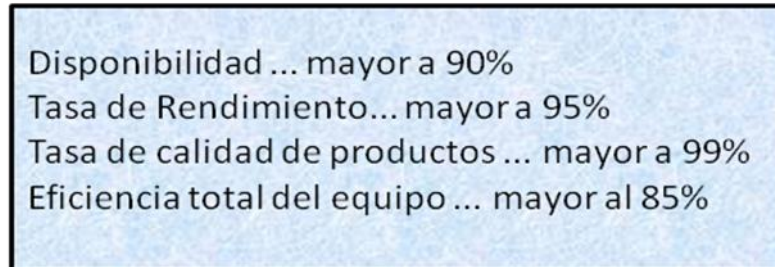


Figura 3.8. Cálculo eficacia global de la planta

Las condiciones ideales para que una planta funcione eficazmente son:



Disponibilidad ... mayor a 90%
Tasa de Rendimiento... mayor a 95%
Tasa de calidad de productos ... mayor a 99%
Eficiencia total del equipo ... mayor al 85%

Figura 3.9. Condiciones ideales de las plantas.

3.6. Mantenimiento Productivo Total, TPM.

El Hombre siempre ha sentido la necesidad de mantener su equipo, aún las más rudimentarias herramientas. La mayoría de las rupturas que se experimentaban eran el resultado del abuso y esto sigue sucediendo en la actualidad. Al principio solo se hacía mantenimiento cuando ya era imposible seguir usando el equipo. Denominado "Mantenimiento de Ruptura o Reactivo".

No fue hasta 1950 que un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto en mantenimiento que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes de equipo acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento de máquinas y sus dispositivos, siendo esta nueva tendencia llamada "Mantenimiento Preventivo". Como resultado, los gerentes de planta se interesaron en hacer que sus supervisores, mecánicos, electricistas y otros técnicos, desarrollaran programas para lubricar y hacer observaciones clave para prevenir daños al equipo. Aún cuando ayudó a reducir pérdidas de tiempo, era una alternativa costosa. La razón: Muchas partes se reemplazaban basándose en el tiempo de operación, mientras podían haber durado más tiempo.

En 1960 para adaptarse a las nuevas necesidades, nuevos conceptos se establecieron, "Mantenimiento Productivo" fue la nueva tendencia que determinaba una perspectiva más profesional. Se asignaron más altas responsabilidades a la gente relacionada con el mantenimiento y se hacían consideraciones acerca de la confiabilidad y el diseño del equipo y de la planta. Fue un cambio profundo y se generó el término de "Ingeniería de la Planta" en vez de "Mantenimiento", las tareas a realizar incluían un alto nivel de conocimiento de la confiabilidad de cada elemento de las máquinas y las instalaciones en general.

Diez años después, tomó lugar la globalización del mercado creando nuevas y más fuertes necesidades de excelencia en todas las actividades. Los estándares de "Clase Mundial" en términos de mantenimiento del equipo se comprendieron y un sistema más dinámico tomó lugar, denominándose Mantenimiento Productivo Total, catalogándose con las siglas TPM provenientes del término inglés Total Production Maintenance, donde se intenta generar una relación directa entre Mantenimiento y Productividad, demostrando cómo el buen cuidado y conservación del equipo en óptimas condiciones genera mayor productividad.

El término TPM fue acuñado en 1971 por el Instituto Japonés de Ingenieros de Plantas (JIP), nombrado en la actualidad Instituto Japonés para el Mantenimiento de Plantas (JIPM) dedicado a la investigación, consultoría y formación de ingenieros de plantas productivas.

La siguiente definición "oficial" fue propuesta por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas:

"El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye, cero accidentes, cero defectos y cero fallos, en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción, investigación y desarrollo, como también departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos".

Se trata de una filosofía completamente nueva con un planteamiento diferente y que se mantendrá constantemente al día por su propia esencia. Implica una

mejora continua, involucrando a todos y cada uno de los miembros de la organización hacia la optimización de cada máquina.

El propósito del TPM, es transformar la actitud de todos los miembros de la comunidad industrial. Toda clase y nivel de trabajadores, operadores, supervisores, ingenieros, administradores, quedan incluidos en esta gran responsabilidad. La "Implantación de TPM" es un objetivo que todos comparten generando beneficio para todos. Mediante este esfuerzo, todos comparten responsabilidades en la conservación del equipo, el cual se vuelve más productivo, seguro y fácil de operar. Sin olvidar como punto innovador de esta filosofía la participación de personas no familiarizadas con los equipos, ya que estos, enriquecen los resultados pues en muchos casos ven detalles que pasan desapercibidos para quienes conviven con el equipo a diario.

Se debe asumir fielmente que TPM no es una tarea más que desempeñar que se pone en práctica una temporada y se abandona fácilmente, ni tampoco un servicio de reparación general de máquinas. Sino que se trata de una nueva cultura que debe integrarse en la fábrica para facilitar el trabajo haciéndolo más cómodo, seguro y eficiente, al tiempo que pueden mantenerse las máquinas en óptimas condiciones conservándolas por más tiempo.

3.6.1. Objetivos TPM

A partir del TPM se intenta maximizar la eficacia global del equipo involucrando en ello a los operarios, por tanto, en cada área de trabajo se debe; elevar la productividad (P); incrementar la calidad (Q); reducir los costes (C); observar estrictamente los plazos de entrega (D); crear puestos de trabajos seguros y ergonómicos y prevenir la polución (S), y elevar la moral de los trabajadores (M).

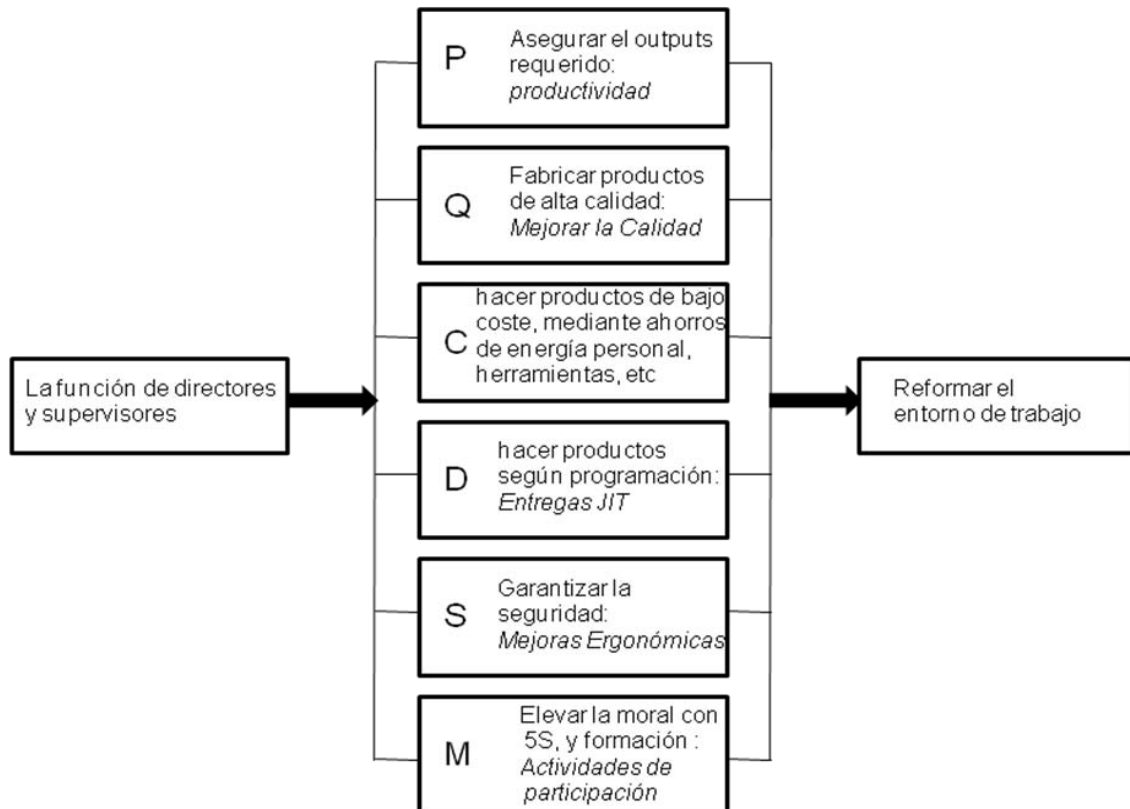


Figura. 3.10. Objetivos TPM.

Aplicando el sentido común, para mejorar el outputs (PQCDSM), hay que mejorar el nivel de control del input. Por ello, el TPM considera que para mejorar el resultado (PQCDSM) es vital aumentar el nivel de control sobre el equipo y las destrezas de las personas. La gestión del equipo a menudo se da por realizada, o se asume que es responsabilidad de otros departamentos (mantenimiento, etc.). Uno de los reflejos claros de ello es que los supervisores están demasiado ocupados intentando corregir errores a posteriori de los hechos, e incluso, ellos mismos tienen que operar las máquinas. Esto indica el bajo nivel de control.

El TPM tiene muchas facetas, siendo una de ellas lo que se llama “supresión de las seis pérdidas”: calidad, averías, etc. y la eficiencia global de las instalaciones.

Por todo ello, se intenta seguir estas seis metas:

1. Crear lugares de trabajo disciplinados libres de pequeñas paradas; consiguiéndose mediante las 5S y el mantenimiento autónomo.
2. Crear líneas de producción eficiente, libre de averías; esto se logra aunando tres de los pilares del TPM; el mantenimiento autónomo; planificado y la mejora de los equipos.
3. Crear líneas de producción fiables: incremento de calidad y garantía de entregas JIT.
4. Crear líneas de producción seguras, ergonómicas, con costes mínimos.
5. Formar a los trabajadores para que dominen a fondo su equipo; es necesario la formación polivalente para que puedan asumir tareas de mayor contenido.
6. Crear una organización capaz de lograr los objetivos de la empresa; planes de acción en función de objetivos mediante actividades en pequeños grupos.

3.6.2. Las 3 Y

Para la implantación de un programa TPM, se requiere crear una cultura dentro de la empresa, que ayuden a la implantación sin traumas en el puesto de trabajo del operario. Lo ideal es comenzar por asimilar un clima de trabajo basado en las 3Y.

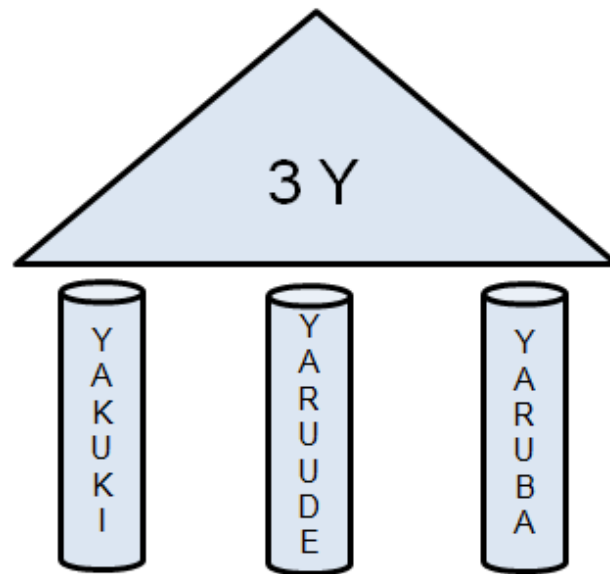


Figura 3.11. Las 3Y

- **Yakuki: Motivación o cambio de actitud**

Se debe conseguir una predisposición por parte del personal de asimilar y cooperar en la implantación de los nuevos cambios.

- **Yaruude: Competencia, habilidad o destreza**

El operario debe ser instruido y formado para poder realizar las tareas operativas con otras de mantenimiento.

- **Yaruba: Entorno de trabajo propicio**

Es importante la actitud de la dirección en la introducción del TPM, para no provocar bruscos cambios de tareas a los operarios.

Sin embargo, a menos que la alta dirección no asuma las competencias apropiadas de liderazgo para la implantación del TPM, este no logrará alcanzar una transformación profunda en las actitudes, equipos, y constitución corporativa global.

3.6.3. Que es y que no es TPM

A lo largo de la aplicación de TPM en empresas occidentales, la confusión de las ideas básicas del TPM ha provocado que muchas empresas caigan en la desinformación, por ello, es preciso diferenciar algunos conceptos de confusión que suelen generar:

- ✓ Una organización con amplia estrategia de mejora de equipo.
 - ✗ No es un programa de mantenimiento más.

- ✓ Una estrategia basada en datos específicos de mejora de las instalaciones.
 - ✗ No es un programa que pueda ser puesto inmediatamente en marcha.

- ✓ Enfocado en la eliminación de las pérdidas de los equipos.
 - ✗ No es para limpiar y pintar máquinas.

- ✓ Una estrategia que exige la participación de todas las personas que contribuyen al problema (ingenieros, mantenimiento, operarios, etc).
 - ✗ No se limita a los operarios que participan en el mantenimiento autónomo.

- ✓ Utilizar “herramientas TPM” para eliminar los problemas específicos.
 - ✗ Sin herramientas TPM aplicadas en los puestos de trabajo no se realiza un buen uso de ellos.

- ✓ Formar y concienciar a los operarios de la responsabilidad de mantener los equipos.
 - ✗ Sin la formación y educación de los operarios, estos no se ven involucrados con la maquinaria.

- ✓ Una estrategia que asegure la fiabilidad de los equipos críticos, centrándose en la mejora general de la eficacia de los equipos.
 - ✗ No es un programa que solucione los problemas superficiales de los equipos.

- ✓ Cambio cultural en la empresa, comenzando por la alta dirección.
 - ✗ Sin cambio cultural no se consigue la involucración de todos los trabajadores para lograr la mejora de la empresa.

- ✓ El enfoque principal es mantener la fiabilidad de los equipos a bajo coste.
 - ✗ Sin el enfoque principal no se consigue reducir costos de producción y mantenimiento.

3.6.4. Implantación del TPM

Un aspecto importante es la comunicación por parte de la dirección a todas las unidades de la empresa del cambio estratégico que se inicia a partir del TPM, ya que gracias a esto se logran interés, motivación y compromiso en todos los niveles para eliminar en la medida de lo posible todos los despilfarros presentes en la organización. Uno de los modos más efectivos para elevar la moral y lograr resultados positivos es dar a los empleados una meta por la que esforzarse.

La implantación del TPM normalmente se realiza en cuatro fases, que se descomponen a su vez en doce pasos.

3.6.4.1. Fase de Preparación.

Durante esta primera fase se crea un entorno apropiado estableciendo un plan para la introducción del TPM, esta fase podría decirse que es análoga a la fase de diseño del producto, cuidándose muy bien la planificación, ya que si esta se descuida se necesitarán repetidas modificaciones y correcciones durante la implantación.

Paso 1: la alta dirección anuncia su decisión de introducir el TPM.

Este primer paso debe comenzar con el firme liderazgo y compromiso de la alta dirección, informando a sus empleados de su decisión e infundir entusiasmo por el proyecto que van a emprender.

Es necesaria una presentación formal a todos los empleados y órganos empresariales, destacando el valor estratégico del TPM y facilitará apoyo físico y organizacional para la resolución de problemas que inevitablemente surgirán durante la implantación.

Paso 2: lanzamiento educacional hacia el TPM

El objetivo prioritario por parte de la dirección es la práctica de seminarios de formación y entrenamiento. Esta educación TPM debe diseñarse para eliminar la resistencia y elevar la moral.

Los trabajadores pueden formarse mediante presentaciones visuales, organizándose campañas para promover el entusiasmo. Este entrenamiento puede reforzarse invitando a directivos a asistir a las reuniones para que relaten lo que han aprendido implantando TPM.

Paso 3: crear una organización para promover el TPM.

La estructura promocional TPM se basa en una matriz organizacional, formada por pequeños grupos que se solapan, de forma que los líderes de un nivel inferior son miembros del nivel siguiente y así sucesivamente hasta el nivel más elevado, de esta forma, se establece conexiones entre los niveles.

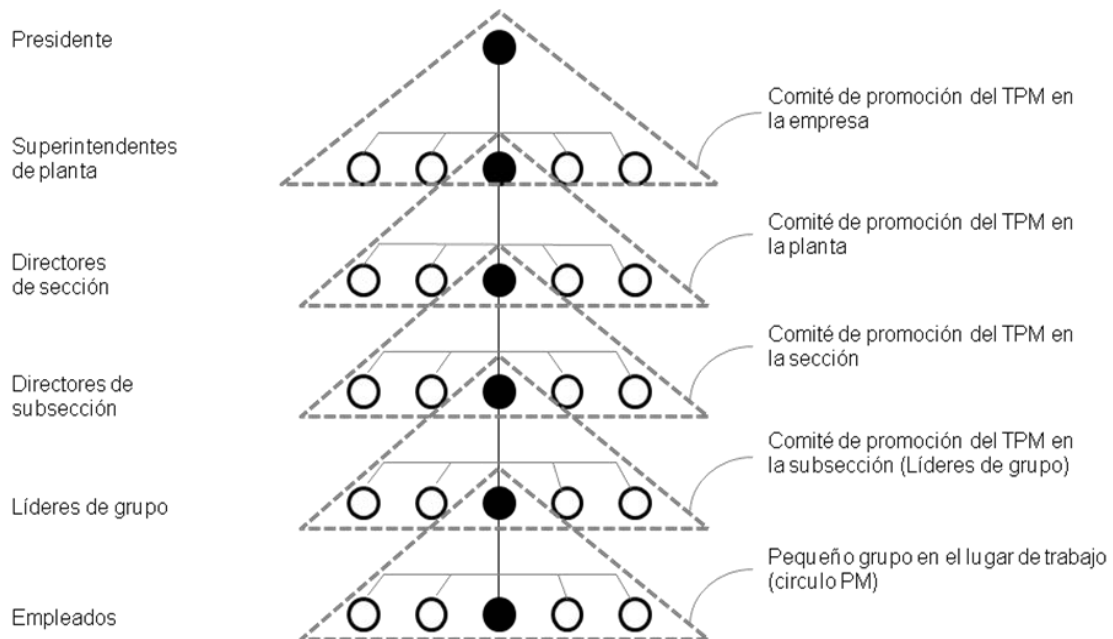


Figura 3.12. Matriz organizacional de las empresas.

Esta estructura es muy eficaz para dar a conocer a toda la organización las políticas y objetivos de la alta dirección.

Concienciados que la implantación del TPM que constará de un periodo de tres años, es muy importante establecer una oficina de promoción, que se responsabilice de desarrollar y promover estrategias eficaces. Esta oficina debe constar de personal formado y entrenado con dedicación permanente.

Paso 4: Establecer políticas y objetivos

La incorporación del TPM es un trabajo que tomará como mínimo tres años, por ello, es importante que la oficina establecida para la implantación comience por establecer una política dirigida y comprometida al desarrollo del TPM.

Las políticas de la compañía suelen ser mostradas en lemas y eslóganes dentro de la planta, expresándose en ellos los objetivos precisos y claros, estimándose previamente las necesidades internas y externas para poder aplicar distintos niveles a los objetivos. Cuando estos se han establecido, los objetivos con más de tres años deben compararse con los actuales, observando las mejoras y así, estimando los beneficios por mejoras de costes.

Establecer un objetivo significa desear alcanzar un nivel de logro por encima de una línea actual. La cuestión más difícil es siempre decidir cuánto más hay que situar el objetivo por encima de la base de referencia.

Paso 5: formulación del plan maestro TPM

Para poder aplicar un plan maestro TPM, la compañía debe reflexionar y decidir los pasos a seguir en sus objetivos, para ello, es necesario formular las siete actividades pilares del TPM.

- Mejoras enfocadas.
- Mantenimiento autónomo por los operarios.
- Mantenimiento planificado.
- Mantenimiento de calidad.
- Prevención del mantenimiento, es decir, gestión temprana de los equipos.

- Gestión de seguridad, salud y medio ambiente.
- Educación y formación para aumentar las capacidades personales.

Otras actividades que pueden incluirse en plantas de proceso son:

- Diagnóstico y mantenimiento predictivo.
- Gestión de equipo.
- Desarrollo de productos y diseño y construcción de equipos.

Todas estas actividades deben tener un programa con objetivos claros y visibles, integrándose todos ellos en un plan maestro.

3.6.4.2. Fase de Introducción.

Paso 6: “disparo de salida” del TPM

Sería como el primer disparo en una batalla contra las seis grandes pérdidas. A partir de este paso, la dirección y la oficina TPM pasan a un segundo plano, a favor de los trabajadores que ahora juegan un rol crucial, cambiando sus rutinas de trabajo para comenzar a practicar TPM.

Con el “disparo de salida” debe formarse una atmósfera que incremente la moral y entusiasmo de los trabajadores.

3.6.4.3. Fase de Implantación.

Paso 7: Crear una organización corporativa para maximizar la eficacia de la producción.

Las empresas ponen en práctica actividades que logren eficiente y eficazmente los objetivos del TPM, persiguiéndose hasta el final la efectividad global de la producción.

Paso 7-1: Mejorar la efectividad del equipo

Este primer paso en la fase de implantación, está dedicado a mejorar la efectividad de cada pieza del equipo que experimenta pérdidas. Estas mejoras darán resultados positivos, aunque en tan temprana fase siempre habrá personas que duden.

Para superar esta barrera y crear confianza deben mostrarse resultados, por ello, dentro de cada taller se seleccionarán varias piezas de equipo con problemas de pérdidas crónicas, asignándoseles un equipo de proyecto para cada pieza.

Con los equipos de proyectos se consigue probar la efectividad del TPM al tiempo que se gana experiencia para aplicar en otros equipos.

Paso 7-2: Establecer y desplegar un mantenimiento autónomo para los operarios.

Uno de los pasos únicos que tiene el TPM, y más difíciles de arraigar en compañías donde los operarios se dedicaban plenamente a la producción y el personal de mantenimiento asumía las reparaciones.

Tales actitudes y expectativas no pueden alterarse de la noche a la mañana, por ello, el TPM tarda unos tres años en implantarse, siempre que la compañía acepte y asuma el mantenimiento autónomo desde la alta dirección hasta los operarios. Adicionalmente, cada operario debe estar entrenado y formado para realizar el mantenimiento autónomo.

Paso 7-3: Establecer un programa de mantenimiento planificado.

Un programa de mantenimiento periódico para el departamento de mantenimiento, coordinándose al unísono con las actividades del mantenimiento autónomo por parte de los operarios.

El mantenimiento planificado abarca tres formas de mantenimiento: el de averías, el preventivo y el predictivo, desarrollando una sistemática, paso a paso, con la finalidad de eliminar las averías. Pero incluso si se realizan planes de mantenimiento aparecen fallos inesperados y medidas ineficaces de prevención de fallos.

Paso 7-4: Formación y entrenamiento para mejorar capacidades de operación y mantenimiento.

Una compañía que implante TPM debe invertir en entrenamiento que permita a los operarios gestionar apropiadamente el equipo, además de afinar sus capacidades en operaciones convencionales.

La formación polivalente es una inversión en personal cada vez más escaso, por ello, hay que evaluar a cada persona para medir su grado de asimilación de los conocimientos y capacidades requeridos e identificar sus debilidades, y con todo ello programar más eficazmente la formación mediante cursos y seminarios.

Paso 8: Gestión temprana de nuevos equipos

A menudo cuando se instala un nuevo equipo aparecen problemas de operación y arranque, que no aparecían durante la fabricación e instalación. Necesitándose incluso reparaciones, ajustes, inspecciones, lubricación y limpieza para evitar el deterioro y las averías.

La gestión temprana de equipos se realiza principalmente por el personal de mantenimiento e ingeniería de producción como parte de prevención de mantenimiento (MP) y de diseño libre de mantenimiento.

Habitualmente, se cubren las siguientes etapas:

- Planificación de la investigación de equipos.
- Diseño de procesos.
- Proyectos de equipos, fabricación e instalación.
- Someter a test la operación.
- Gestión de arranque.

Después de completas estas etapas, los equipos instalan las máquinas, realizan operaciones de test, e inician la fase de gestión del arranque.

Paso 9: Mantenimiento de Calidad

El mantenimiento de calidad (QM) es un método para fabricar con calidad a la primera y evitar los defectos a través de los procesos y equipos.

El equipo es un medio para ejecutar un proceso. Por tanto, al aplicar un enfoque QM al diseño del equipo, se debe empezar identificando los componentes que afectarán a las características de calidad del producto. En otras palabras, hay que identificar primero las relaciones entre la calidad del producto y las condiciones de proceso y determinar así las condiciones precisas de proceso que se requieren para producir un producto perfecto.

Paso 10: TPM en departamentos administrativos y de apoyo

Las actividades TPM en los departamentos administrativos y de apoyo no involucran directamente al equipo de producción. Estos incrementan su productividad documentando sus sistemas administrativos y reduciendo sus desperdicios y pérdidas, ayudando con esto a elevar la eficacia del sistema de producción. Pudiendo así responder rápidamente a los cambios del entorno tecnológicos y socio-económicos.

Paso 11: Gestión de seguridad y del entorno

La seguridad y prevención son dos materias muy importantes en las industrias de proceso. La seguridad es promovida dentro de las actividades sistemáticas del TPM.

Para minimizar la posibilidad de accidentes y contaminación hay que desarrollar personas que sean promotores de la seguridad y el cuidado del medio ambiente.

3.6.4.4. Fase de Consolidación.

Paso 12: Sostener la implantación del TPM y elevar sus niveles

La sistemática paso a paso para la implantación del TPM genera eficaces resultados, además de las mejoras continuas mediante ciclos de Deming, revisándose continuamente los objetivos y aceptando nuevos retos.

3.6.5. Beneficios al implantar TPM

La implantación del TPM viene acompañada de ciertos beneficios a nivel de:

- ✓ *Organización*, se crea toda una cultura de comunicación controlándose mejor las operaciones.
- ✓ *Cultura*, participación por parte de todos los operarios, incentivándose la responsabilidad, disciplina y respeto a las normas.
- ✓ *Motivación*, la motivación propicia la creatividad mejorando así el ambiente de trabajo.
- ✓ *Seguridad industrial*, incremento de la capacidad para identificar y eliminar problemas potenciales o accidentales.
- ✓ *Conservación del medio ambiente*, eliminación de posibles fuentes de contaminación.
- ✓ *Productividad*, eliminación de pérdidas en los procesos.
- ✓ Tecnología.
- ✓ *Calidad*, tanto en el producto como en los equipos empleados.

- ✓ Flexibilidad, por parte de los operarios a cambios de útiles o productos en los equipos.

3.7. Los 7 pilares del TPM

Los pilares son los procesos fundamentales del TPM, cada uno de ellos tiene un propósito especial y sigue una metodología compuesta de ciertos pasos predefinidos que deben aplicarse disciplinadamente.

3.7.1. Los cimientos de los Pilares.

Antes de comenzar a aplicar los pilares básicos del TPM, es necesario montar la base en que se deben apoyar para que se mantenga firme. Esta base la componen dos herramientas fundamentales, como son el control visual y las 5 S, para realizar todo el mantenimiento de equipos y áreas de trabajo.

- **Control Visual**

Es necesario crear lugares de trabajo fáciles de entender, que puedan comprenderse simplemente utilizando la vista y observándolos. Los controles que pueden implantarse en una atmósfera como ésta son los que denominamos “controles visuales”.

El control visual es el tipo de control que permitirá a personas tales como el presidente de la compañía y otros ejecutivos de alto nivel que conocen poco la planta, aprender una cierta cantidad de información importante sobre la planta (particularmente, el estatus del progreso de los procesos de fabricación, los defectos que se están generando, qué máquinas y equipos están sin producir y porqué) meramente pasando por la planta y observándola; esto, a su vez,

permitirá a estos ejecutivos identificar problemas y hacer sugerencias concernientes a cómo tratarlos.

No importa el tipo de industria o el sistema de producción, o que se trate de una planta de viejo estímulo intensiva en personal o la más moderna de las plantas, completamente automatizada y equipada con ordenadores; el concepto de “control visual” debe introducirse en cada planta y en toda ella.

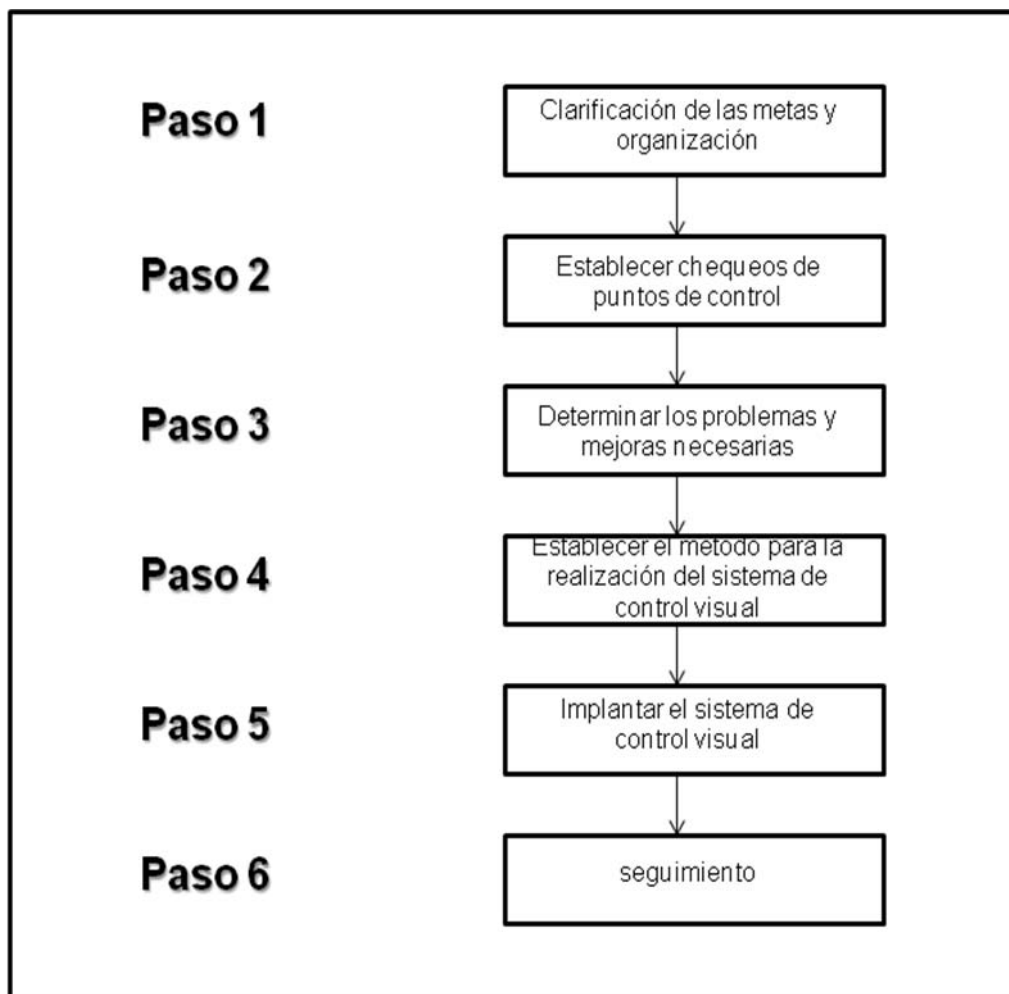


Figura 3.13. Pasos en la introducción de un Sistema de Control Visual.

➤ Paso 1: Clarificación de las metas y organización.

Los sistemas de control visual no deben introducirse poco a poco, o separadamente para cada punto de la fábrica. Más bien debe gestarse algún tipo de eslogan alrededor del cual el proyecto pueda promoverse a través de la fábrica.

Cuando se haya hecho esto es necesario que la empresa cristalice sus propósitos, metas, objetivos específicos, y consideraciones de tiempo por escrito, en una forma que todos los miembros de la empresa sean capaces de entender plenamente.

➤ Paso 2: Establecer chequeos de puntos de control.

Deben establecerse elementos de control de forma que el personal de mantenimiento y operarios en general, sepan exactamente lo que es necesario controlar en la implantación de un sistema de control visual.

Son necesarias las comprobaciones visuales de las metas con los resultados logrados, y mostrar públicamente estas comparaciones de forma que el personal de mantenimiento y el conjunto de personal de fabricación se motiven para llevar las mejoras a un nivel todavía más elevado.

➤ Paso 3: Determinar los problemas y las mejoras necesarias.

Una vez establecidos los puntos de chequeo, es necesario determinar si esos puntos han sido operativos hasta ahora como tales elementos de control, y si estas cuestiones pueden contestarse mediante una simple observación. Esto permitirá determinar los problemas y mejoras que se necesitan. Con este fin, debe hacerse una lista de chequeos para los puntos de control.

➤ Paso 4: Establecer métodos para lograr los sistemas de control.

- *Plena implantación de las 5S.*

El nivel de aplicación de las 5s en la fábrica indica el grado con el que el personal de un área de trabajo ha implantado sus propios controles, y muestra como esas personas trabajan conjuntamente en equipo.

La plena implantación de las 5S requiere un fuerte liderazgo del personal de mantenimiento, y la absoluta cooperación de todos los empleados de la planta, especialmente en el área donde se está realizando la implantación. Es por esta razón que empresas que han establecido un programa 5S permanente tienen frecuentemente éxito en la ejecución del trabajo y en otras mejoras aparte de las directamente relacionadas con las 5S.

- *Reevaluación y revisión del sistema de control.*

El paso más importante para hacer eficaz un sistema de control visual es la creación de un documento denominado “Lista de herramientas para el Control Visual”. Esta lista requiere considerar cada uno de los elementos del sistema a controlar, su revisión y la readaptación que sufriría para satisfacer las necesidades del sistema.

Estas herramientas necesarias deben incluir tablas que muestren la localización y nombre de materiales, piezas, y productos, luces de situación y de alarma para máquinas y equipos, y similares. Muchas de estas herramientas, o medidas, pueden implantarse aparte del sistema de control actual.

- *Reevaluación y revisión de los elementos físicos del sistema actual.*

Con “elemento físico” del sistema actual, hace referencia a los modos y medios con los que se hace el trabajo, el “layout” de la planta o línea, los métodos de almacenaje y similares.

- *Lista de herramientas para controles visuales.*

Después de la reevaluación de los sistemas control y elementos físicos, y se haya realizado la reorganización, debe prepararse una “Lista de herramientas para el control visual” para cada elemento de control a chequear. Cuando se haya hecho esto, la planta tendrá la estructura necesaria para la implantación de un sistema de control visual viable.

- *Establecimiento de una estructura que facilite una ejecución del trabajo sin obstrucciones.*

Para establecer un sistema de control visual eficiente, es necesario dedicar una energía considerable a la eliminación de los obstáculos que perjudican la realización del trabajo. En otras palabras, debe crearse una estructura que facilite trabajar sin impedimentos.

- Paso 5: implantación de los sistemas de Control Visual.

Hay dos puntos particularmente importantes para lograr la plena implantación:

- *Todas las decisiones deben ejecutarse fiel y escrupulosamente.*

Para evitar problemas de fallo en la ejecución de las medidas decididas, las reglas deben ponerse todas por escrito, de forma simple de entender y difundirse entre todos los empleados.

- *Debe ejercerse ampliamente el ciclo de control visual.*

No es necesario resaltar que la introducción de un sistema de control visual no servirá función alguna si el personal de la planta no utiliza sus mecanismos. Por tanto, es crítico que el ciclo de control visual se ejerza ampliamente por el equipo designado y que los trabajos sean plenamente comprendidos por todos.

➤ Paso 6: Seguimiento

Hasta que el sistema de control visual haya tenido tiempo de echar raíces en la planta, el comité de promoción y la alta dirección deben realizar comprobaciones periódicas y seguimiento. Este seguimiento debe hacerse en la forma más concreta posible, utilizando “Listas de chequeo del control visual”. El seguimiento debe comprobar si está en curso una apropiada estructura de control visual, y si se está utilizando.

Pueden esperarse los siguientes efectos de la implantación de un sistema de control visual:

- ✓ El sistema facilita una rápida captación y respuesta a los problemas, lo que tiene el efecto de incrementar la productividad y eficiencia de trabajo.

- ✓ El sistema simplifica el control.
- ✓ El sistema aumenta los conocimientos de tecnologías de control en los empleados concienciándolos sobre los costos y problemas de la planta.
- ✓ La planta operará con mayor eficiencia, y la moral de los empleados aumentará consecuentemente.

Al finalizar la implantación de un sistema de control visual, es necesario adoptar medidas que vayan a la raíz de los problemas, y modelar soluciones individuales para cada uno de ellos. Por ello es importante señalar dos puntos de interés que aumentan el éxito de sistemas control visual.

- Establecer reglas operacionales, y asegurar que todos se familiarizan con ellas.

Es de obligada necesidad establecer y ampliar la difusión de las reglas operacionales para que los medios del sistema de control visual se operen eficazmente por el personal relevante tanto en los sectores productivos como en los demás de la empresa. debe crearse un manual de operaciones para explicar claramente las reglas; debe distribuirse a todo el personal implicado y debe organizarse reuniones de instrucción sobre el tema. Además de aspectos importantes del empleo de los medios deben exponerse públicamente y con claridad en la planta, donde cada uno pueda verlos.

- Los controles visuales deben introducirse en las áreas de no-fabricación y reforzar la comunicación interdepartamental.

Es necesaria la existencia de una red eficaz de comunicación interdepartamental, para poder coordinar y resolverse mediante ciclos de control los problemas que han surgido en producción.

Siendo una solución eficaz la puesta en práctica de controles visuales en departamentos que no son de producción, tales como diseño, aprovisionamiento y similares, además de mejorarse la comunicación entre los departamentos.

- **Las 5S**

Las 5S aplicándolas como una herramienta para la mejora continua, permite ser más eficaz y eficiente toda actividad que se desarrolle.

Los japoneses recomiendan para que un sistema funcione adecuadamente, es tener una empresa impecable, con todo en su lugar, incluyendo a las áreas administrativas, de gestión y medio ambiente.

Las 5'S proceden de 5 palabras japonesas que se traducen como Selección, Organización, Limpieza, Estandarización y Disciplina. Los dos elementos más importantes son la Organización y el Orden ya que de ellos depende el éxito de las actividades de Mejora.

- ✓ ***SEIRI (Selección o clasificar);***

Con la selección se quiere conseguir retirar todo elemento innecesario que no son útiles para la producción del puesto de trabajo. Se ajustará al principio del *Just In Time* (JIT) de sólo lo que se necesita, en la cantidad que se necesita, y sólo cuando se necesita.

A partir de la selección se crea un puesto de trabajo donde sólo se encuentra lo estrictamente necesario, descartando todo aquello que no aporte valor o utilidad al trabajo que se está realizando, e incluso eliminar aquello que plantea dudas de utilidad.

Cuando se logra implantar la primera “S”, se reducen los problemas y molestias en el flujo de trabajo, se mejora la comunicación entre trabajadores, se incrementa la calidad de los productos y los equipos, y se eleva la productividad.

Los beneficios que se obtienen son loables, al prepara los lugares de trabajo para que sean más seguros y productivos, teniendo una visibilidad más completa sin obstáculos en los pasillos y salidas; además entre otros beneficios permite los siguientes:

- Aumento del espacio útil en planta y oficinas.
- Reducir tiempos de acceso al material, documentos, herramientas y otros elementos de trabajo.
- Mejorar el control visual de elementos de trabajo, elementos para proveer el servicio, materiales, carpetas de información, etc.
- Eliminar pérdidas por deterioro de productos expuestos por largo tiempo en ambientes no adecuados, por ejemplo limpiadores, accesorios, etc.
- Prepararse para el mantenimiento autónomo apreciando con facilidad la existencia de mal funcionamiento y fallas en los equipos.

✓ **SEITON**; *organización y orden.*

La organización *implica ordenar los elementos necesarios de modo que sean de uso fácil e identificarlos de modo que cualquiera pueda encontrarlos y tomarlos para su uso.* Esta definición parte del principio de *un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.* Esta es la esencia de la estandarización.

Tomar las cosas y ponerlas en otro lugar puede ser un proceso que consume tiempo más tarde para encontrarlas, es necesario que los empleados se conciencien de la necesidad del orden y la clasificación de los elementos en uso.

✓ **SEISO**, *Limpieza*.

La limpieza se puede definir como *Mantener el área de trabajo con extrema pulcritud y libre de toda suciedad*.

La limpieza debe estar enraizada con las actividades diarias que los operarios realizan mediante el MA, de modo que herramientas, accesorios, equipos y áreas de trabajo estén listos para su uso en todo momento. Esta limpieza como medio de inspección genera en los operarios un aumento de moral, al reducirse los riesgos de accidentes, aumentar la eficacia de los equipos y al observar los defectos y errores de forma más obvia.

Seiso debe tenerse como un concepto superior a simplemente limpiar. Exige realizar un trabajo creativo de identificación de las fuentes de suciedad y contaminación para tomar las acciones desde la raíz para su eliminación, de lo contrario, sería imposible mantener limpio y en buen estado el área de trabajo.

✓ **SEIKETSU**, *Estandarización*

La limpieza estandarizada se alcanza una vez que las tres S previas se mantienen apropiadamente.

A partir de reglas estandarizadas se puede lograr la unificación de criterios con todo el personal, estableciéndose claramente el *¿Qué?*, *¿Quién?*, *¿Cómo?*, *¿Cuándo?*, *¿Dónde?* y *¿Por qué?*. Además mediante un método estandarizado

no se deja espacio a interpretaciones personales, encontrándose todo detallado.

Estas reglas estandarizadas deben venir acompañadas de la herramienta de control visual, de esta forma alertará al operario de posibles peligros e indicará donde deben colocarse las cosas.

Es recomendable que los controles visuales:

- ✓ Tengan el tamaño adecuado para que puedan observarse a distancia.
- ✓ Colocarlos donde tenga utilidad.
- ✓ Elaborarlos de forma que cualquiera pueda reconocer lo que es correcto o incorrecto.
- ✓ Elaborarlos de tal manera que cualquiera pueda seguirlos y hacer las correcciones necesarias fácilmente.
- ✓ Elaborarlos de tal manera que al usarlos el lugar de trabajo se vea más brillante y ordenado.

No son pocos los beneficios que genera la estandarización:

- ✓ No se vuelven a las viejas e indeseables condiciones, incluso después de una campaña de Orden y Limpieza.
- ✓ Al finalizar el día no se dejan cosas innecesarias en las áreas de trabajo.
- ✓ Los lugares para almacenamiento ya no se desorganizan ni hay que ordenarlos al final del día.
- ✓ Las fuentes de contaminación y suciedad son controladas y ya no es necesario tener que estar limpiando continuamente. La limpieza perdura más por más tiempo.

- ✓ Se van eliminando los hábitos de acumular en las oficinas más cosas de las que en realidad se necesitan.
- ✓ No hay retroceso en lo ganado con las tres primeras 'S.

✓ **SHITSUKE**, *Disciplina*

Disciplina es el hábito de mantener correctamente los procedimientos apropiados.

El shitsuke consiste en disciplinar e instruir al personal para cambiar sus hábitos en el trabajo. Es importante tener presente que la palabra *Shitsuke* en japonés originalmente se refiere a las costuras sobre las telas, y justamente como estas costuras deben estar correctamente alineadas, así todas las formas de conducta humana deben estar de acuerdo con un conjunto de reglas básicas, fundamentales. De este modo, no debe pensarse que *Shitsuke* sea justamente como algo que se apostille como final para llegar a totalizar las 5S.

La conducta correcta crece con la continuidad y la práctica, y requiere cambiar los hábitos. Es importante crear un lugar de trabajo en el que todos los trabajadores estén profundamente formados en los conceptos de resolución de problemas, estándares de trabajo, y similares, y pueden ejecutar todas las políticas uniformemente y sin errores.

Aunque el movimiento de 5S tiene como resultado una notable mejora en las áreas donde se implanta, es más importante *empezar haciendo*, ya que, no importa lo bien que se entienda la teoría, porque esta no produce resultados sino las acciones realizadas, sin olvidarse de realizar las verificaciones con objetividad.

- **Las 4S adicionales.**

Puede adicionarse al trabajo de las 5S, ya siendo este habitual para los operarios, otras 4S que vienen a apoyar y maximizar la necesidad de la mejora continua y la unificación que debe reflejarse en toda la empresa.

- Relacionadas con el kaizen:

- ✓ **SHIKARI** (Constancia)

Es la capacidad de toda persona para mantenerse firmemente en una línea de acción. La voluntad de lograr una meta. La constancia en una actividad: mente positiva para el desarrollo de hábitos y lucha por alcanzar un objetivo. Shikari significa perseverancia para el logro de algo, pero esa perseverancia nace del convencimiento y entendimiento de que el fin buscado es necesario, útil y urgente para la persona y para la sociedad.

- ✓ **SHITSUKOKU** (Compromiso)

Es cumplir con lo pactado. Cuando se empeña la palabra se hace todo lo posible por cumplir. Es la ética que se desarrolla en los lugares de trabajo a partir de una alta moral personal.

- Relacionadas con la Organización y la Empresa:

- ✓ **SEISHOO** (Coordinación)

Esta S tiene que ver con la capacidad de realizar un trabajo con método y teniendo en cuenta las demás personas que integran el equipo de trabajo. Busca aglutinar los esfuerzos para el logro de un objetivo establecido.

✓ **SEIDO** (Sincronización)

Seido implica normalizar el trabajo, debe existir un plan de acción, normas específicas que indiquen lo que cada persona debe realizar. Los procedimientos y estándares ayudarán a armonizar el trabajo.

Se trata de lograr como en una orquesta, que los músicos logren la mejor interpretación para el público, donde los instrumentos principales y secundarios actúan bajo una sincronización perfecta, de acuerdo a una orden establecida en la partitura.

3.7.2. Pilar Mantenimiento Enfocado o Kobetsu Kaizen.

Este primer pilar del TPM, tiene como misión la eliminación de toda clase de pérdida destacando el conjunto del proceso más importante que los equipos individuales, dedicado a mejorar la efectividad de cada parte del equipo que experimenta una pérdida. Sería un pilar innecesario si las actividades en el trabajo rutinario, en caminadas a la mejora, marchasen regularmente sin la generación de pérdidas.

Para llevar a cabo este mantenimiento enfocado es necesario seguir un proceso sistemático donde, prioritariamente debe elegirse el lugar a mantener y formar un equipo de proyecto, en el cual, habrá representación de los operarios, de mantenimiento, de los supervisores de línea y de los ingenieros.

La formación del grupo de proyecto, no debe restar importancia al mantenimiento autónomo realizado diariamente por los operarios, sino que su creación viene a reforzarlo. La documentación más detallada de los pasos puede verificarse en **ANEXO 8**.

Como su propio nombre indica, es necesaria una orientación a partir de una serie de pasos sistemáticos, obteniéndose distintas ventajas:

- Ser un mantenimiento documentado paso a paso, puede ir observándose los sucesos y decisiones tomadas.
- Se desarrollaran planes de mejoras para los equipos y las personas de forma individual pero con objetivos comunes.
- El comité de mejora puede supervisar más fácilmente el progreso y controlar el programa.

3.7.3. Pilar Mantenimiento autónomo o Jishu Hozen.

Actualmente, hay que concienciarse de la relación inseparable que existe entre los departamentos de producción y mantenimiento, por lo cual, se deben olvidar las excusas que unos y otros proclaman. La actitud de reproches mutuos no beneficia la detección y reparación de las anomalías que puedan surgir en los equipos.

El departamento de producción debe asumir su papel de responsabilidad frente a los equipos en que operan, al tiempo que el departamento de mantenimiento debe concienciarse de medir y restaurar el deterioro. Ambos departamentos deben trabajar compenetrados, siendo esta la única forma de obtener equipos y procesos libres de fallos y defectos.

La falta de conciencia genera situaciones como las siguientes:

- ✘ Equipo sucio o descuidado.
- ✘ Tuercas y tornillos flojos, producen inestabilidad visible.

- ✘ Fugas de filtros de aire que requieren ser removidos y limpiados.
- ✘ Lubricantes sucios, requieren cambio.
- ✘ Instrumentos de medición sucios dificultan su lectura.
- ✘ Ruidos anormales en bombas hidráulicas.
- ✘ Máquinas con vibración y ruidos.
- ✘ Superficies sucias.

El mantenimiento autónomo (MA), realizado por los operarios es una característica única del TPM, que intenta obtener los siguientes objetivos:

- ✓ Eliminar las seis mayores pérdidas e incrementar la efectividad operacional del equipo por medio de actividades de grupos pequeños con el apoyo de la administración.
- ✓ Educar a los empleados en conocimientos y habilidades relacionados con los equipos.
- ✓ Mejorar el equipo, cambiar los métodos de trabajo, y revitalizar el lugar de trabajo.
- ✓ Asegurar la calidad del producto al 100% estableciendo y manteniendo condiciones para cero defectos

Es imposible que los operarios adopten de un día para otros las habilidades necesarias para la obtención de los anteriores objetivos.

Siendo necesario el entrenamiento en las herramientas necesarias para realizar el MA, además de la creencia de los directivos en sus trabajadores motiva la responsabilidad en su propio equipo, todo ello puede verse más detallado en el ANEXO 9.

La implantación del MA en las empresas conlleva una preparación de los operarios que manejan los equipos, otorgando una importancia particular a la prevención del deterioro. Esta preparación debe ser asumida por el departamento de mantenimiento mediante una serie de tareas:

- Facilitar instrucciones en técnicas de inspección, ayudando al mismo tiempo a los operarios en la preparación de estándares de inspección.
- Formación en técnicas de lubricación, junto a los operarios deben estandarizar los tipos de lubricantes que se emplean en los equipos.
- Tratar rápidamente el deterioro identificado por los operarios.
- Hacer más accesible las zonas difíciles de limpiar, lubricar e inspeccionar y mejorar la eficiencia del equipo.
- Organizar reuniones por las mañanas, rondas de mantenimiento, etc.

Sobre todo, el departamento de mantenimiento debe siempre pensar, planificar y actuar concertadamente con el departamento de producción en todo lo que concierne al mantenimiento del equipo.

3.7.4. Pilar Mantenimiento planificado o Keikaku Hozen.

El mantenimiento planificado es una cooperación surgida entre el departamento de mantenimiento y las propias actividades de MA realizadas por los operarios, que persigue mediante una estructura metódica alcanzar dos objetivos: mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas y lograr la mayor eficiencia.

La implantación eficaz del mantenimiento planificado reside en la armonía entre los departamentos cooperantes. El personal de producción gracias a su experiencia y continuo trabajo con el equipo informará de las necesidades y cuidados que requiere antes de cualquier deterioro, esta actividad propia del Mantenimiento Autónomo es vital para el departamento de mantenimiento, quien reunirá y documentará la información, para así planificar tareas y medidas necesarias que se llevarán a cabo en el momento menos perjudicial para la producción.

Para la correcta planificación debe combinarse eficientemente, distintos regímenes de mantenimiento:

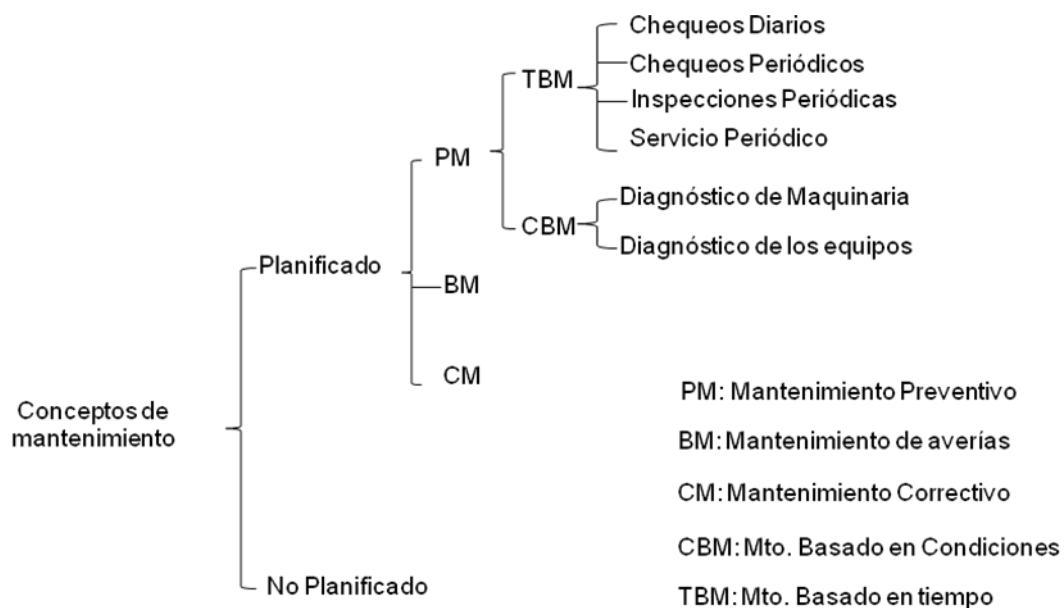


Figura 3.14. Conceptos de Mantenimiento.

Mantenimiento Preventivo (PM)

El PM combina los métodos de TBM y CBM, para mantener el funcionamiento del equipo identificando y supervisando todos los elementos de los equipos, evitando así los problemas que surgen de las seis grandes pérdidas.

Mantenimiento Basado en Tiempo (TBM)

El mantenimiento basado en tiempo (las siglas TBM provienen de Time Based Maintenance), consiste en inspeccionar, limpiar, reponer y reemplazar piezas periódicamente para evitar las averías. Estas actividades son llevadas a cabo en colaboración estrecha entre el mantenimiento autónomo y el departamento de mantenimiento.

Mantenimiento Basado en Condiciones (CBM)

El mantenimiento basado en condiciones, como su propio nombre indica se pone en marcha en función de las condiciones reales del equipo en vez de por el transcurso de un determinado lapsus de tiempo. Tiene dos direcciones primordiales:

- Supervisión de las condiciones: esto se debe hacer mientras el equipo está funcionando para calibrar con precisión sus funciones y rendimiento.
- Inspecciones sobre la marcha: esto ayuda a aumentar la precisión de la planificación del mantenimiento con parada. Si las inspecciones durante el mantenimiento con parada revelan defectos que deben corregirse, el personal de mantenimiento debe modificar el plan de mantenimiento con parada.

Es crítico identificar con precisión y controlar todos los componentes cuyos fallos pueden conducir a averías del equipo o pérdidas de rendimiento, causar defectos de calidad, comprometer la seguridad o perjudicar el entorno.

Mantenimiento de averías (BM)

Con este sistema se espera que el equipo falle antes de repararlo. Se utiliza en concepto de mantenimiento de avería cuando el fallo no afecta significativamente a las operaciones o a la producción o no genera otras pérdidas a parte del coste de reparación.

Para facilitar las reparaciones rápidas y la prevención, hay que capacitar a los operarios para que detecten las anomalías cuando realicen los chequeos diarios o supervisan rutinariamente el equipo.

Mantenimiento Correctivo (CM)

El mantenimiento correctivo mejora el equipo y sus componentes de modo que pueda realizarse fiablemente el mantenimiento preventivo. Además, comprende las mejoras a realizar sobre los puntos débiles de los equipos.

El objetivo básico del TPM es reforzar la constitución de una empresa mediante el logro de cero defectos, cero fallos y cero accidentes. El mantenimiento planificado, como parte de un programa TPM, tiene un lugar destaca a lo largo de la vida del equipo para lograr conseguir el objetivo básico.

Un tema importante para el departamento de mantenimiento es como planificar y poner sistemáticamente en práctica, con tiempo y colaboración interdepartamental, las diversas actividades del mantenimiento planificado.

La ventaja de un enfoque sistemático paso a paso consiste en que los resultados se acumulan conforme se despliegan las actividades y se refuerzan y contrastan entre sí como parte integral del programa. Para utilizar plenamente

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

estas ventajas, el equipo de planificación debe especificar claramente lo que tiene que hacerse en cada paso.

Fase	1 Estabilizar los intervalos entre fallos	2 Alargar la vida de los equipos	3 Restaurar periódicamente el deterioro	4 Predecir y ampliar la vida del equipo
MA	<i>Paso 1:</i> Realizar la limpieza inicial <i>Paso 2:</i> Mejorar las fuentes de contaminación y lugares inaccesibles <i>Paso 3:</i> Establecer estándares de limpieza y chequeo	<i>Paso 4:</i> Realizar la inspección general del equipo.	<i>Paso 5:</i> Realizar la inspección general del Proceso.	<i>Paso 6:</i> Sistematizar el MA. <i>Paso 7:</i> Práctica plena del MA.
Mantenimiento Planificado	<i>Paso 1:</i> Evaluar el equipo y analizar la situación de partida.			
	<i>Paso 2:</i> Restaurar el deterioro y corregir las debilidades (apoyado en el MA)		Implantar Mantenimiento Correctivo	
		<i>Paso 3:</i> Crear un sistema GMAO	Establecer Mantenimiento Periódico	
			<i>Paso 4:</i> Crear un sistema de mantenimiento Periódico	
				<i>Paso 5:</i> Crear un sistema de Mantenimiento Predictivo
				<i>Paso 6:</i> Evaluar el sistema de mantenimiento Planificado

Tabla 3.15. Los seis pasos de la creación de un sistema de mantenimiento planificado.

Los seis pasos para la creación de un sistema de mantenimiento planificado son los siguientes:

Paso 1: Evaluar y conocer la situación de partida del equipo.

Paso 2: Restaurar el deterioro y corregir las debilidades.

Paso 3: Establecer un sistema de control de la información.

Paso 4: Iniciar un sistema de mantenimiento periódico.

Paso 5: Desarrollar un sistema de mantenimiento predictivo.

Paso 6: Evaluar el sistema de mantenimiento planificado.

Todos estos pasos están plenamente detallados en **ANEXO 10**.

3.7.5. Pilar Mantenimiento de Calidad o Hinshitsu Hozen.

La evolución de las tecnologías actuales coloca al pilar de la calidad en uno de los referentes para el TPM, a medida que las industrias han asumido una mayor automatización de sus equipos estos han ido requiriendo una mayor eficacia. Esta situación debe ser necesariamente controlada a través de un mantenimiento de calidad que garantice en los equipos las condiciones para que no se produzca defectos de calidad, es decir, mantener los equipos en sus condiciones óptimas para evitar productos defectuosos.

El pilar de calidad (QA), al igual que los pilares anteriores para una mejor definición de sus labores es mejor dividirlo en una serie de pasos sucesivos desarrollados en el **ANEXO 11**.

3.7.6. Pilar de Prevención de Mantenimiento.

La optimización del equipo es la meta principal que debe lograr toda empresa, para ello es necesario realizar un diseño de prevención que reduzca las averías iniciales y las derivadas de la producción, en especial las derivadas del desgaste. Es fundamental entender que los problemas que surgen en los equipos no son puntuales y no surgen sin más, sino que:

- Son debido a fallos de los componentes del equipo y no del equipo en su conjunto.
- Además ningún componente falla súbitamente, lo hace en forma progresiva dando señales prematuras de aviso.

Si se es capaz de planificar las actuaciones en los equipos podrá diseñarse una metodología que detecte y diagnostique fallos cuando comienzan a producirse, de modo que pueda identificarse la causa raíz de la anomalía intensificando los controles mientras progresa y planificando las actuaciones a realizar. Todo ello se puede contemplar de forma visual en la curva P-F.

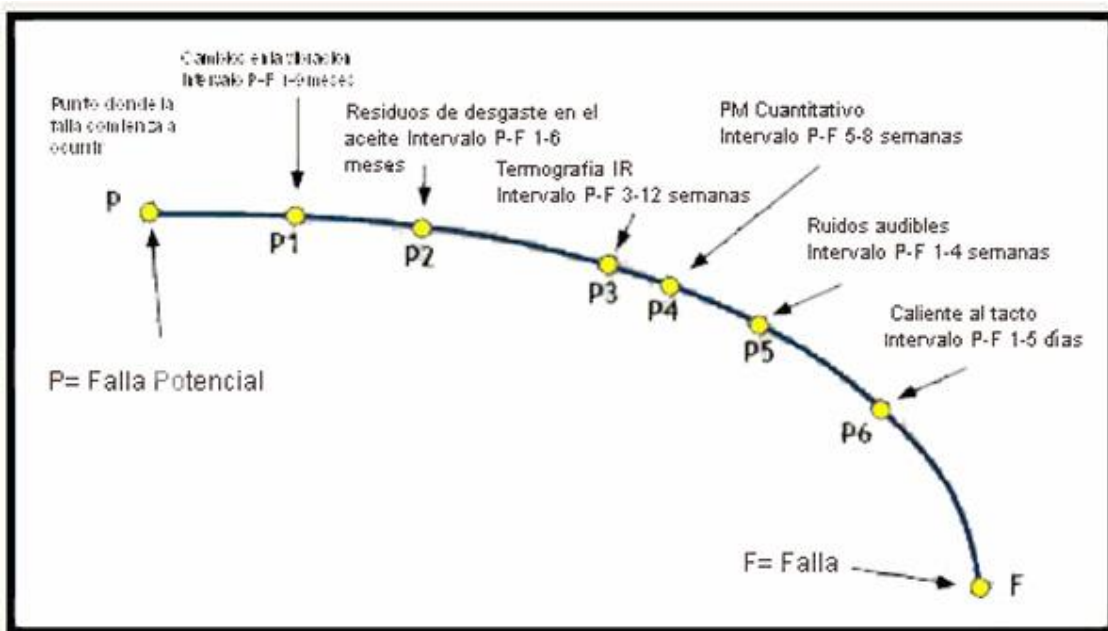


Figura 3.16. Curva P-F

Se la denomina curva P-F, es decir curva Fallo Potencial–Fallo, porque muestra como una anomalía comienza y prosigue el deterioro hasta un punto P donde puede ser detectada. A partir de este punto deben comenzar las actuaciones de PM para que no continúe el deterioro del equipo a ritmo acelerado hasta alcanzar el punto F. el intervalo de tiempo que transcurre entre los puntos P y F, conocido como intervalo P-F, es el tiempo de actuación que se dispone para evitar los fallos funcionales del equipo. Salvo que aparezca una razón adversa, generalmente es suficiente definir un intervalo de chequeo igual a la mitad del intervalo P-F, esto asegura que las tareas de chequeo encontrará la anomalía antes de que se produzca el fallo funcional, dando a la vez la mitad del tiempo del intervalo para tomar las acciones de reparación oportunas.

Si se logra un adecuado PM se es capaz de alcanzar ventajas evidentes;

- ✓ Las máquinas sólo se paran cuando su condición lo requiere.
- ✓ Los componentes sólo se reemplazan al agotarse su vida útil, y no antes.
- ✓ Los ejes sólo se equilibran cuando hacen falta.
- ✓ Las máquinas acopladas sólo se realizan cuando realmente se requieren.

Pero antes de que surjan los fallos en los equipos operativos es necesaria una gestión PM desde el desarrollo inicial de la producción para lograr un arranque de los equipos rápido, libre de dificultades y correcto desde el principio.

Uno de los errores clásicos en las industrias es la curva típica de índices de fallos o curva de bañera (Figura 3.6. Curva típica de índice de fallos o curva de bañera) donde sólo se reconocen tres zonas de fallos en los equipos, una

inicial de averías infantiles al arrancar el equipo, una zona intermedia donde la fiabilidad es máxima y una última zona llamada de envejecimiento donde el equipo tiene una baja fiabilidad. Pero los estudios realizados han demostrado que el ciclo de vida de los equipos no corresponde únicamente a la curva de bañera sino que pueden darse 6 tipos de curvas diferentes en los equipos.

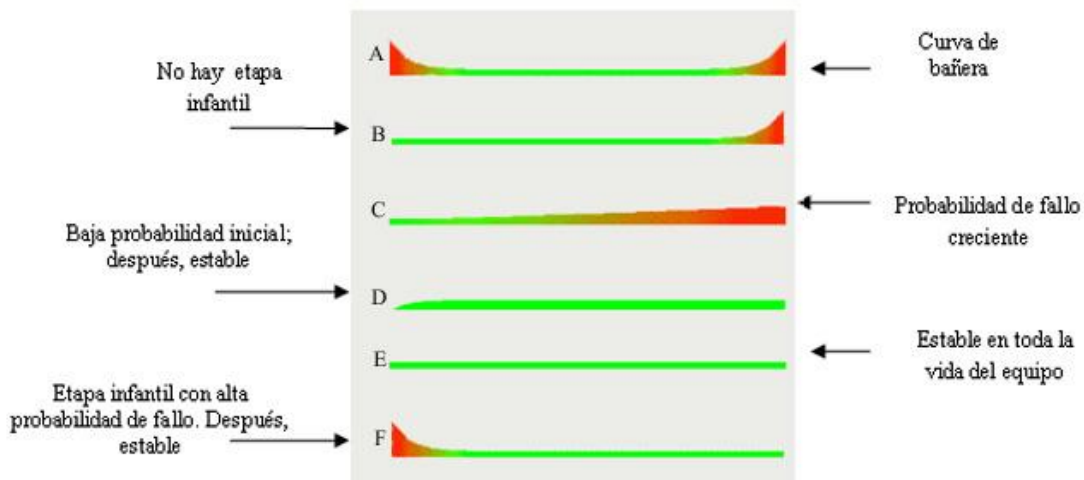


Figura 3.17. Curvas ciclo de vida de los equipo.

Como puede apreciarse en la figura 3.20, los equipos poseen comportamientos distintos a lo largo de su vida útil, estando demostrado estadísticamente que la inmensa mayoría tienen un comportamiento según la curva E y la curva F, donde los equipos operan a su máxima fiabilidad sin ninguna fase de envejecimiento final.

El pilar de PM tiene como misión alarga este ciclo de vida del equipo, diseñando un modelo de prevención antes de que tenga que intervenir el equipo. Para este diseño es vital la compenetración entre los departamentos de ingeniería y mantenimiento, que basándose en las especificaciones de diseño y fabricación deben diseñar y evaluar dicho plan, de forma que puedan proceder a realizar una PM a través de una serie de pasos detallados en ANEXO12.

3.7.7. Pilar de Gestión de seguridad, salud y medio ambiente.

Pilar esencial si se quiere conseguir una armonización en la empresa con las tareas de mantenimiento que se pretenden programar y aplicar, siendo la base de seguridad un buen desarrollo el pilar de MA y las actividades de 5S que se desarrollen, de modo que se eviten en los equipos fuentes de riesgos para un personal que se percata de la necesidad de formar sus habilidades para poder identificar posibles anomalía, esta formación profunda de los equipos ayuda a asumir mayor responsabilidad a los operarios por su salud y seguridad.

Para lograr este pilar es adecuado seguir una serie de pasos que se complementan con los pilares anteriormente detallados, asumiéndose una compenetración entre los pilares que debe cumplirse si se pretende implantar TPM.

Los tres pasos de este pilar entrarían perfectamente dentro del MA, donde se adecua a la zona de trabajo para cumplir con unos requisitos básicos de seguridad y bienestar, formándose al unísono al operario que consolidará los conocimientos necesarios para realizar las nuevas funciones de forma óptima.

Para lograr implantar eficazmente este pilar lo ideal es realizar evaluaciones mensual y semestralmente, de modo que a través de premios se motive al operario y se obtenga los beneficios esperados.

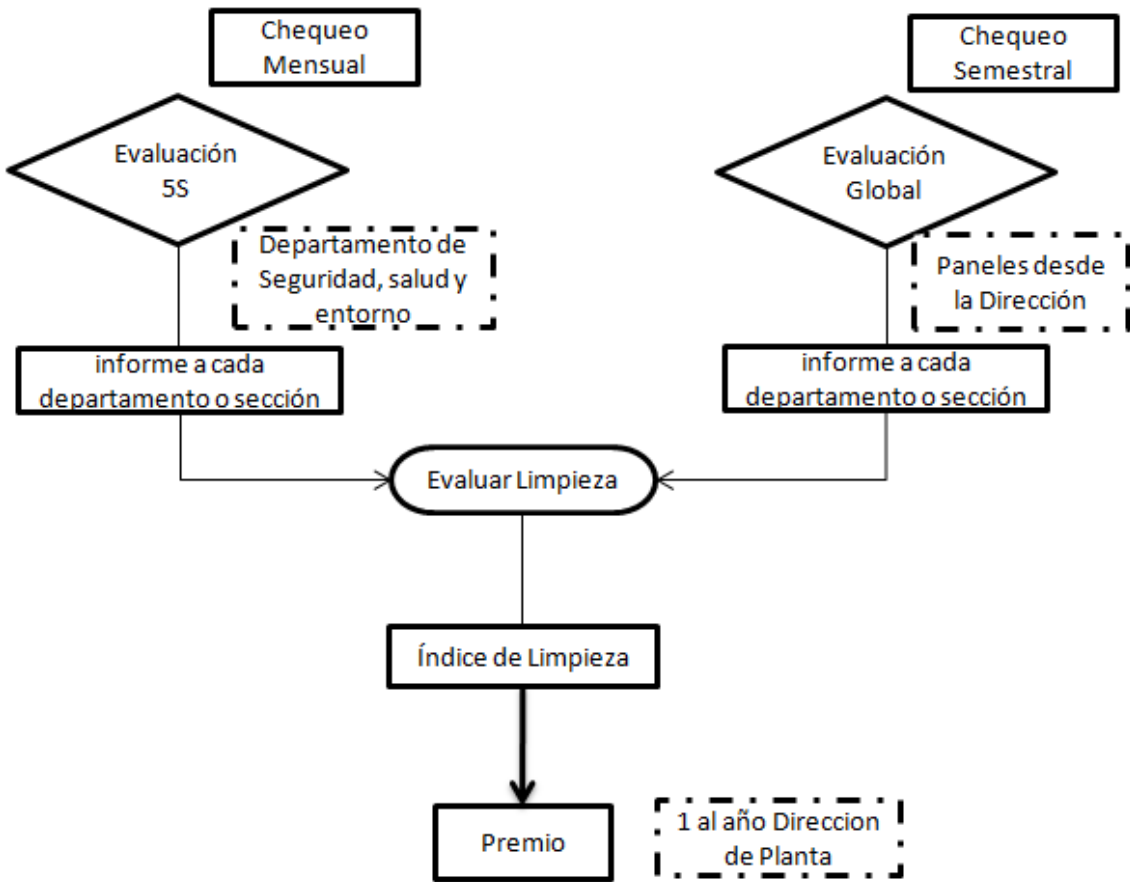


Figura 3.18. Evaluaciones de implantación del Pilar de Gestión de seguridad, salud y medio ambiente.

Siendo necesaria la definición del índice de limpieza (IL) que se quiere realizar en las instalaciones, dando una importancia del 80% a los actuaciones mensuales;

$$IL = \left(\frac{\text{Puntuación total 5S de 6 meses}}{6} \right) \times 0,8 \times (\text{Puntuación evaluación Global} \times 0,2)$$

Estas evaluaciones son fundamentales para lograr a través de las 5S los cero accidentes, de modo que se llega a obtener unos resultados elevados de seguridad en la planta operativa.

Además de lograr entornos óptimos de trabajo es necesario por parte del empresa un compromiso de respeto hacia sus trabajadores y el entorno que rodea a la planta, con las medidas de seguridad se consiguen pasos de gigante en la protección de los operarios y al mismo tiempo se prevé los posibles accidentes medio ambientales que pueden producirse

3.7.8. Pilar de educación y formación.

La formación de los operarios de producción es uno de los pilares mas involucrados en el MA, donde la formación continua de dichos empleados otorga a la empresa una concienciación clara y concisa de mejora. Pero no es siempre fácil instaurar este pilar, al encontrar una férrea resistencia por parte de los propios operarios a modificar sus hábitos de trabajo y por parte de la dirección que no ve esta formación un beneficio sino un gasto más que añadir, por ello, es necesario superar una serie de barreras de escepticismo y desconfianza ante los cambios, y nunca mejor que lograrlo mediante la formación y educación del personal.

Sin embargo no debe producirse en la empresa una manifestación excesiva de entusiasmo y grandes expectativas ante la posibilidad de asumir nuevas funciones, ya que podría motivar a una decepción una vez comiencen a implantarse las herramientas de mejoras planeadas, lo ideal es asumir las nuevas funciones como algo que debería realizarse normalmente sin exaltaciones.

A través de la formación es posible detectar los puntos débiles que existen entre el colectivo de producción, siempre ello bajo el punto de vista del TPM, donde se pretende que el operario alcance los objetivos:

- ✓ Mejora y adquisición de *actitudes* de adaptación a la situación competitiva actual, asumiendo fácilmente los cambios.
- ✓ Mejora y adquisición de *conocimientos y habilidades* para desarrollar las tareas que el TPM exige.

Estos dos objetivos determina el perfil formativo del personal, que debe ser diseñado según los objetivos que se persigan en la empresa pudiendo realizarse la formación mediante distintas tipologías, ya sea individuales o colectivas, en función de la profundidad que quiera darse a la formación y sobre todo a los objetivos que se quieren alcanzar. Además también es fundamental generar herramientas didácticas que faciliten la implantación y adiestramiento practico requeridos por el TPM. No debe olvidarse que este pilar de educación pretende orientar las actitudes, conocimientos y habilidades del personal para conseguir un cambio de conducta y un crecimiento en su nivel funcional. Dichas herramientas didácticas deben estar soportadas en documentos que permitan la implantación-adiestramiento de aquellos aspectos específicos de los puestos de trabajo, maquinarias y los equipos, donde se destaquen puntos como:

- Funcionamiento de máquinas y equipos.
- Conducción de las máquinas y equipos.
- Conocimiento del producto y sus parámetros de calidad.
- Identificación-resolución de averías de las máquinas y equipos.
- MA de las máquinas y equipos.

Es vital acompañar todo el adiestramiento con información visual, simple, metódica y rigurosa, donde el operario tome parte activa en el proceso de

elaboración de las actividades a realizar, a partir de este punto no se debe consentir la actitud “yo nada más opero la máquina”, y comenzar una familiarización con el TPM. Obviamente dicha documentación elaborada durante el adiestramiento debe ser actualizada de forma continua.

3.7.9. Interconexión entre los pilares.

Los pilares que se desarrollan en este proyecto no deben concebirse como procesos aislados e independientes unos de otros, al contrario deben ser interconectados con los puntos comunes que poseen para poder llegar a su máxima los cero defectos. Por ello, es necesario que todos los pilares se desarrollen al unísono cumpliendo con los pasos que cada uno tiene especificado.

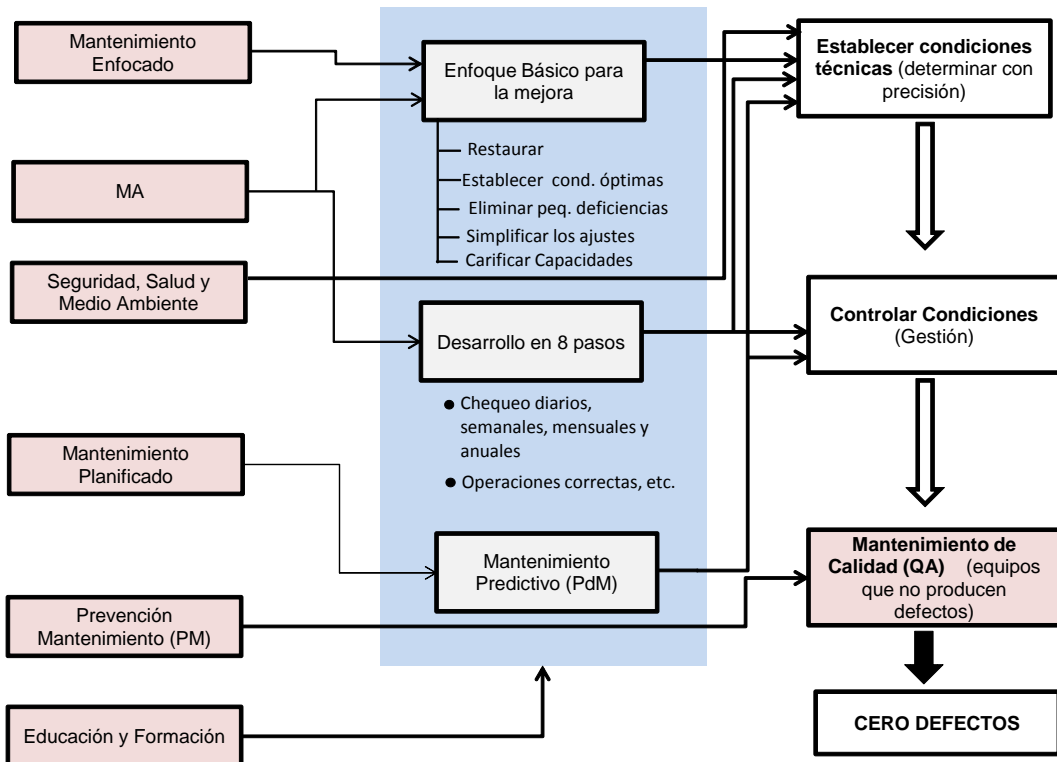


Figura 3.22. Interconexión entre los Pilares TPM.

3.8. Eficiencia al implantar TPM.

El TPM no es algo paralelo a la gestión económica y productiva, sino que hay que coordinar sistemáticamente los objetivos del TPM con los objetivos globales de la empresa, y revisar regularmente las relaciones entre ellos. Por tanto, es esencial calibrar permanentemente su eficiencia para mantener los esfuerzos TPM en la ruta debida. Además de medir resultados cuantitativos y tangibles, hay que evaluar también los beneficios intangibles tales como la mejora de capacidades y actitudes y la creación de lugares de trabajo productivos y gratos.

El comité de promoción TPM juega un papel extremadamente importante en el logro de los objetivos TPM. Cada dos o tres meses, un comité de promoción TPM debe evaluar el progreso hacia los objetivos, así como el cumplimiento de las prioridades.

La medición de la eficacia del TPM se realiza a través de indicadores de eficacia TPM, que reflejará con precisión el esfuerzo TPM que se realiza, pero siempre teniendo en cuenta las siguientes precauciones:

- Los indicadores deben mostrar claramente los resultados de las actividades.

Con procesos continuos largos, es difícil que los resultados de las actividades TPM puedan verse claramente en el rendimiento global del proceso. Además de evaluar el rendimiento del proceso global, hay que medir también el rendimiento de cada subproceso, de este modo, se pueden establecer unidades de medida que muestren claramente el efecto de las actividades TPM.

- Los indicadores deben evaluar equitativamente los esfuerzos TPM.

Los indicadores de la eficiencia del TPM deben ser inmunes a las fluctuaciones de la demanda o los cambios estacionales, y deben reflejar equitativamente los resultados de las actividades diarias.

- Los indicadores deben revelar las prioridades de mejora.

Los indicadores deben facilitar, con frecuencia mensual, semanal o diaria, evaluaciones precisas identificando las áreas problemas y las dificultades a resolver para asegurar el proceso TPM. Deben mostrar a cada departamento lo que tiene que hacer, los beneficios que pueden esperarse, que dirección deben seguir las mejoras, y donde centrar los esfuerzos TPM.

Existen siete tipos de indicadores, en los cuales puede observarse claramente la eficacia obtenida al implantarse TPM en la planta.

- *Indicadores de Gestión,*

Los indicadores de Gestión deben reflejar la mejora en el rendimiento de la empresa lograda por las actividades TPM.

Para ello, es imprescindible equiparar la política TPM a la política que lleva la empresa, y establecer los objetivos TPM en consonancia con los objetivos generales de la empresa, revisando los resultados en intervalos de seis meses.

- *Indicadores de eficacia de la planta,*

El mayor indicador de la eficacia de la planta, es el OEE, pero es difícil medir la eficacia del TPM evaluándolo de forma global. En tal caso, el proceso global se divide en subprocesos, indicando la disponibilidad, el rendimiento, la calidad y otros factores que afecten al equipo.

➤ *Indicadores de calidad y ahorro de energía,*

Este tipo de indicadores son clave al estar directamente relacionados con los costes de producción.

Tres de los indicadores más importantes son el número y valor de las reclamaciones de garantías, y el rendimiento global.

➤ *Indicadores de mantenimiento,*

Se deben evaluar dos aspectos importantes del mantenimiento. Primero, se evaluarán las mejoras de la fiabilidad y mantenibilidad del equipo y se comprueba cómo ayuda a elevar la eficacia de la planta y la calidad del producto. Segundo, se evaluará la eficiencia del trabajo de mantenimiento.

➤ *Indicadores de salud, seguridad y entorno,*

Indicadores que nos informan de los beneficios que las actividades 5S están realizando en los equipos implantados.

➤ *Indicadores de formación y educación,*

Indicador donde puede intuirse las mejoras de capacitación adquirida por los operarios, estos resultados se verán reflejados al unísono en las intervenciones realizadas a los equipos cuando estos presentan pequeñas anomalías.

3.9. ¿Por qué implementar TPM?

Hay Tres razones principales por las que la mayoría de Empresas Multinacionales y algunas Nacionales han adoptado los programas de T.P.M.

- Resultados Tangibles Significativos;

Luego de una inversión en Tiempo, recursos humanos y financieros se logra una drástica reducción de datos en los equipos, minimización de tiempos en

vacío y pequeñas paradas, disminución de defectos de calidad, elevación de la productividad, reducción de los costos de Personal, inventarios y accidentes.

- Transformación del Entorno de la Planta;

Con la incorporación del TPM a la vida cotidiana de la planta, empresas con elevadas pérdidas y paradas de sus equipos, se transforman en plantas con mayor confianza en el trabajo que realizan, encontrándose los operarios seguros y convincentes en sus labores.

Además esta transformación la pueden ver nítidamente los clientes y visitantes quedando gratamente impresionados por el entorno de la planta, aumentando su confianza en los productos y en la calidad de la gestión de la empresa.

- Transformación de los trabajadores de la planta;

Conforme los pilares de TPM se van integrando en la planta, los operarios van observando las mejoras que proliferan, lográndose así un aumento de motivación y produciéndose una integración del operario con el equipo que trabaja.

3.10. Paradigmas que surgen durante la implantación.

Es frecuente durante un proceso de implantación surjan dudas y rechazos por parte del personal que debe acometer las nuevas tareas, esto conlleva un número de paradigmas que deben ser flanqueados para poder lograr una exitosa implantación.

Como dice Albert Einstein “Es más fácil desintegrar un átomo que un pre-concepto”, dentro de las empresas se debe luchar contra estos pre-conceptos que pueden arruinar la implantación del TPM.

- × *“Esta actividad no funciona... no es para este tipo de equipos”*

Es difícil poder concienciar a operarios que llevan toda su vida trabajando en sus equipos, que a través de pequeñas acciones pueda mejorarse su trabajo y la operatividad del equipo, por ello es de vital importancia una adecuada formación previa antes de implantarle cualquier programa que frustre al operario y a cabe por no realizarlo.

- × *“la mayoría de los equipos son más propensos a fallar cuando envejecen”.*

El pensamiento clásico de la curva de bañera, donde los equipos con la edad son más propensos a fallar, es demasiado conservador ya que los estudios no han revelado tales evidencias de fallos. Por ello, es necesario romper con esta filosofía de modificación de equipos por la edad y hacerlo en función del periodo de tiempo en servicio.

- × *“pero los cambios son caros...”*

Este paradigma depende de la evaluación que se realice con los datos recogidos, ahora si lo vemos como un análisis costo/beneficio, podrá rápidamente contestarse a la pregunta si es caro o no. En general los cambios realizados en las fabricas al establecer un TPM es “barato” si está centrado en las aptitudes y conceptos que deben asumir los operarios.

- × *“En caso de tener que realizar restauraciones o remplazos en intervalos fijos, mantenimiento preventivo, como tareas de a condicionamientos, mantenimiento predictivo, es más económica y efectiva la primera opción”*

Este pensamiento debe ser totalmente abolido de las fabricas, donde debe inculcarse una filosofía predictiva donde las tareas a realizar son más beneficiosas por muchos motivos como son;

- Casi siempre pueden ser ejecutadas sin tener que mover el activo y generalmente manteniéndolo en operación. Es decir que rara vez interfiere en la producción. Además suele ser fácil de organizar.
- Identifica fallos potenciales específicos lo que permite definir claramente acciones correctivas antes de iniciarlas. Esto reduce la cantidad de trabajo de reparación a efectuar y posibilita que sea ejecutado con mayor rapidez.
- Al identificar los problemas de equipos en el punto de fallo potencial, se permite el aprovechamiento máximo de su vida útil. La cantidad de remplazos que se realizan habitualmente por fallos funcionales es muy inferior al coste total de remplazos y repuestos efectuados al no identificar los fallos potenciales.

× *“las políticas de mantenimiento deben ser elaboradas por directores, gerentes y especialistas calificados o por contratistas externos”*

Es necesaria la participación de todos para una completa política de mantenimiento. La única manera de eliminar este paradigma es realizando reuniones donde se incorporen personal que trabaja con las maquinas y equipos, ya que estos poseen los conocimientos de primera mano de cómo funcionan, qué es lo que falla, cuánto importa cuando falla y qué tiene que ser realizado para repararlo. Si esto se hace correctamente, no sólo se obtienen programas de mantenimiento válidos se habrá logrado una alta aceptación y participación de los resultados por parte de los operarios, al verse identificados con los resultados que se obtienen.

- × *“Es posible encontrar soluciones rápidas para los problemas de eficacia del mantenimiento”*

Es necesario cambiar este pensamiento tan rápido como se piensa, el mantenimiento no es algo que pueda solucionar rápidamente los problemas sino es una filosofía de optimización, donde lo esencial es cambiar el pensamiento del personal que trabaja con los equipos y lograr que apliquen esa nueva forma de pensar a la resolución de problemas técnicos de los procesos.

3.11. TPM y el sistema JIT

El JIT es una filosofía que define la forma en que debería optimizarse un sistema de producción de manera que las materias o componentes que se necesitan lleguen a la línea de producción “Justo a Tiempo”, es decir en el momento oportuno y en la cantidad necesaria. Requiere producir sólo la cantidad exacta, en la calidad requerida, en el momento preciso y al más bajo costo. (Ver **ANEXO 2**).

El JIT no puede funcionar con garantía sin haber implantado antes los fundamentos del TPM, ya que, un sistema con una falta de gestión y estabilización es imposible que obtenga beneficios. Es lógico al iniciar la implantación del JIT que genere cierta confusión, al exigir un modo de pensar absolutamente nuevo, por ello, es imprescindible la introducción del JIT después de que el TPM haya alcanzado un cierto nivel, y se continúen desarrollando al unísono, para obtener óptimos resultados.

Si los problemas son resueltos de forma sostenible, se reducen los stocks, las pérdidas disminuyen y la formación de los operarios en múltiples disciplinas es eficiente y entusiasta, se logra reforzar la necesidad de algunas de las condiciones y actividades que contempla el TPM.

➤ *Creación de un lugar de trabajo disciplinado.*

En el TPM, se intenta crear áreas de trabajo disciplinadas cambiando las actitudes y conductas de todos a través de la práctica de las 5S, introduciendo de forma simple la responsabilidad de cada uno en los equipos, bajo el liderazgo de los supervisores. La característica más significativa de estas actividades es que las personas hacen un esfuerzo voluntario para cumplir los estándares que ellos mismos se han marcado. Esta es la razón por la que es importante inculcar paciente y persistentemente la práctica de estas actividades. Las actividades 5S deben implantarse rápida y profundamente, siendo muy importante responder a los problemas inmediatamente. Por ello, es trascendental las campañas de estimulación a los operarios.

➤ *Crear líneas de producción eficientes*

Conforme se aproxima al ideal de producción sin stocks, es necesario asegurar la alta fiabilidad del equipo desde el arranque hasta la parada, funcionando perfectamente y sin averías.

Sin embargo, al inicio del sistema JIT el centro de atención está en las actividades del TPM, no prestándose excesiva atención a los índices de operación, pero después de la introducción del JIT, es una necesidad real y urgente bajar los índices de paradas en operación.

➤ *Mejorar el índice de eficacia global en los cuellos de botella.*

Cuando la capacidad de producción está desequilibrada se generan los cuellos de botella, acumulándose el trabajo delante de ella e impidiendo que se realicen trabajos posteriores. Esto no solamente obstruye seriamente el flujo de producción, sino que también implica gastos de manipulación y depósitos extras para almacenar productos. Esta es la razón por la que es tan importante incrementar el índice de eficacia global de las operaciones cuello de botella. La necesidad de empezar la mejora con tales operaciones es obvia, y el efecto de mejorar sus índices de operación será grande.

- *Acortar los tiempos de cambios de útiles y reducir las pérdidas de preparación.*

Al reducirse la producción a pequeños lotes se genera un aumento de los cambios de útiles y herramientas, por tanto, es necesario acortar esos tiempos de cambios y las posibles pérdidas de material, modificándose los métodos de sustitución de útiles y herramientas. Al mismo tiempo, hay que esforzarse en incrementar el índice de eficacia global de la línea.

- *Aumentar el output con la producción en pequeños lotes.*

El primer deber es elevar los índices de eficacia global, pero como parte de la producción en pequeños lotes. Este concepto reducirá los costes de materia y personal, y producirá beneficios, ya que, la producción en grandes lotes, hace productos invendibles y acumula los stocks muertos.

- *Incrementar la velocidad de las máquinas.*

Generalmente los equipos, que operan por debajo de la velocidad establecida de operación, son debido a fallos del equipo o producción defectuosa, por tanto, antes de aumentar la velocidad de las máquinas es preciso eliminar los fallos y defectos, para aumentar la fiabilidad de las máquinas.

- *Gestión de output (volumen de producción)*

Normalmente, los output de producción planificada se calculan basándose en la previsión de pedidos del mes. Estos output planificados deben mantenerse cerca de lo planificado haciendo mejoras y tomando acciones correctivas para asegurar que la producción real no se retrasa o se anticipa respecto a la producción planificada.

Es muy importante que al fijar el output estándar por unidad de tiempo, sobre el que se han de basar los planes de producción, no se asuma la media de los

resultados pasados, sino un número que al menos se aproxime al mejor registro anterior.

Cuanto más se profundiza en el sistema JIT, mayor dependencia hay de las habilidades del personal, no solo del equipo de mantenimiento. Los operarios deben adquirir múltiples conocimientos que les proporcionen las capacidades de operación y mejora que se requieren en el JIT y les impulsa a progresar en el mantenimiento de rutina y en actividades de mejora como medir, analizar, tomar medidas correctivas o realizar pequeñas reparaciones.

Los trabajadores deben formar pequeños equipos de mejora, participar en reuniones de mejora de equipo, y realizar una variedad de trabajos de mejora. Esta es una política extremadamente positiva, puesto que formar parte de un equipo de mejora durante un cierto período de tiempo ayuda a las personas a adquirir rápidamente la habilidad que se precisa para estas actividades.

3.12. Auditorías TPM.

Las auditorías que se realizan deben aportar direccionalidad al proceso de implantación del TPM. Para que esta premisa se cumpla, se deben tener en cuenta entre otros los siguientes puntos:

➤ Tipos de auditorías;

Existen multitud de auditorías para las actividades de TPM como son, auditorías de pilar, auditorías generales del proceso, auditorías de resultados, auditorías de transformación cultural, además de otro tipo de auditorías especializadas. Las auditorías generales se realizan para valorar el desarrollo global de todos los pilares del proceso TPM, siendo la auditoría más popular los Premios PM que otorgan el JIPM, por su grado de desarrollo en las prácticas y principios TPM.

Las auditorías más desarrolladas por el JIPM, son las que controlan la ejecución de cada paso de los pilares TPM, de esta forma puede pasarse al paso siguiente estableciéndose unos requisitos estandarizados afianzándose caminos seguros de los trabajos que deben realizarse, con el contenido específico de cada paso. Un ejemplo en el pilar MA, desarrollado en ocho pasos, requiere de auditorías para comprobar si se han cumplido las buenas prácticas en un equipo, línea o planta, de forma que pueda pasarse al siguiente paso.

➤ Jerarquía;

Existen distintos tipos de auditorías dependiendo del nivel jerárquico que exista dentro de la compañía:

- Auditorías de equipos directivos; el propósito es reconocer el éxito de las experiencias desarrolladas al ir aprobando cada uno de los pasos de los pilares. De esta forma, se va homologando el desarrollo en comparación con otras plantas.
- Jefe de fábrica; se emplea para valorar el progreso o identificar los posibles problemas de dinámica o motivación.
- Producción y Nivel operario; con el mismo formato que las auditorías, su principal función es el autocontrol por parte de los operarios de sus actividades. Estas auditorías se emplean como guía de actuación y lista de verificación de todas las actividades que este equipo humano debe desarrollar.

➤ Contenido;

El JIPM ha establecido un contenido estándar identificando los siguientes bloques de contenido:

- Estado de cada paso del pilar; como ejemplo, en el MA el paso dos se centra en la eliminación de fuentes de contaminación de difícil acceso. Es decir, cada paso posee una función ya concretada.
- Desarrollo humano; Es muy importante el crecimiento personal de los integrantes y grupos formados para las actividades TPM.

➤ Entrenamiento;

Cualquier tipo de nivel de auditoría requiere un entrenamiento previo antes de su aplicación definitiva. Este entrenamiento debe ser liderado por el equipo coordinador TPM. La práctica más frecuente para este entrenamiento es su aplicación en el grupo de personas en entrenamiento, bajo la tutoría del experto TPM de la empresa. Los criterios son simples y el diseño sugerido por el JIPM evita que sea subjetiva su valoración. Finalmente, las personas formadas deben preparar un informe final con sus conclusiones el cual es discutido en grupo.

➤ Frecuencia:

Las auditorías dependen del "ritmo" y recursos asignados para el proyecto. En MA es frecuente en la industria realizar la auditoría del paso uno en un lapso de entre cinco a ocho meses. Sin embargo, los operarios pueden estar aplicando la auditoría como sistema de autocontrol con una frecuencia semanal. Las auditorías del pilar Mantenimiento Planificado se aplican en tiempos muy diferentes a las de MA.

➤ Puntos débiles;

Habitualmente pueden desarrollarse diversos puntos que aunque no pueden considerarse errores deben justificarse su forma de ejecución:

- No emplear auditorias como sistema de autocontrol o como guía para la implantación del TPM.
- No son utilizadas como instrumentos de gestión visual.
- Los equipos directivos no se ven sometidos a auditorias.
- Falta de un proceso de reconocimiento paralelo al logro de los retos establecidos.
- Y finalmente, no existen planes de actuación sobre estos puntos débiles.

3.13. Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO)

En los años setenta aparecieron los primeros sistemas de mantenimiento de GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador), en inglés CMMS (Computerized Maintenance Management System.) Esto ayudó a aumentar el control de las actividades de mantenimiento, y de los recursos utilizados.

Con los procesos básicos bajo control, las organizaciones responsables del mantenimiento pudieron centrarse en los años ochentas y noventa en mejorar la fiabilidad de los equipos y la productividad de sus actividades de mantenimiento. Pasaron de enfocarse en piezas individuales a considerar sistemas completos y a incorporar prácticas de mantenimiento preventivo. Poco a poco en la última década han ampliado su estrategia intentando mejorar el rendimiento funcional y compartiendo las responsabilidades de gestión con las organizaciones operativas.

Los primeros sistemas de GMAO ayudaron en su momento a racionalizar la gestión de órdenes de trabajo y a aumentar el control de costes de recursos de mantenimiento como son herramientas, repuestos y mano de obra. Estos

sistemas básicos evolucionaron siguiendo dos vías diferentes pero complementarias:

- Organizaciones centradas en extender las prácticas de mantenimiento con un enfoque preventivo y predictivo se apoyaron en sistemas GMAO evolucionados con capacidades para medir y analizar la fiabilidad y la disponibilidad.
- Organizaciones adoptando una visión “de empresa” de la gestión de mantenimiento, soportada por soluciones básicas de Gestión de Activos Empresariales (GAE), en inglés EAM (Enterprise Asset Management),

Los sistemas GMAO se ciñen a la gestión de las actividades relacionadas con las órdenes de trabajo y el mantenimiento preventivo, como pueden ser:

- Programación del mantenimiento preventivo basado en diferentes criterios (tiempo, actividad, condiciones).
- Asegurar la disponibilidad con una cierta probabilidad de piezas y repuestos.
- Seguimiento de garantías.
- Asegurar la disponibilidad de los recursos adecuados en cuanto a perfil y formación.
- Seguimiento de los costes de mantenimiento de los equipos individuales.
- Diferenciación y gestión apropiada en cada caso de los diferentes tipos de equipos.
- Registros de incidencias para análisis posteriores.

- Análisis estadísticos del rendimiento y fiabilidad de los equipos, así como informes de fuentes de datos (tiempos de paradas, MTBF, MTTR).

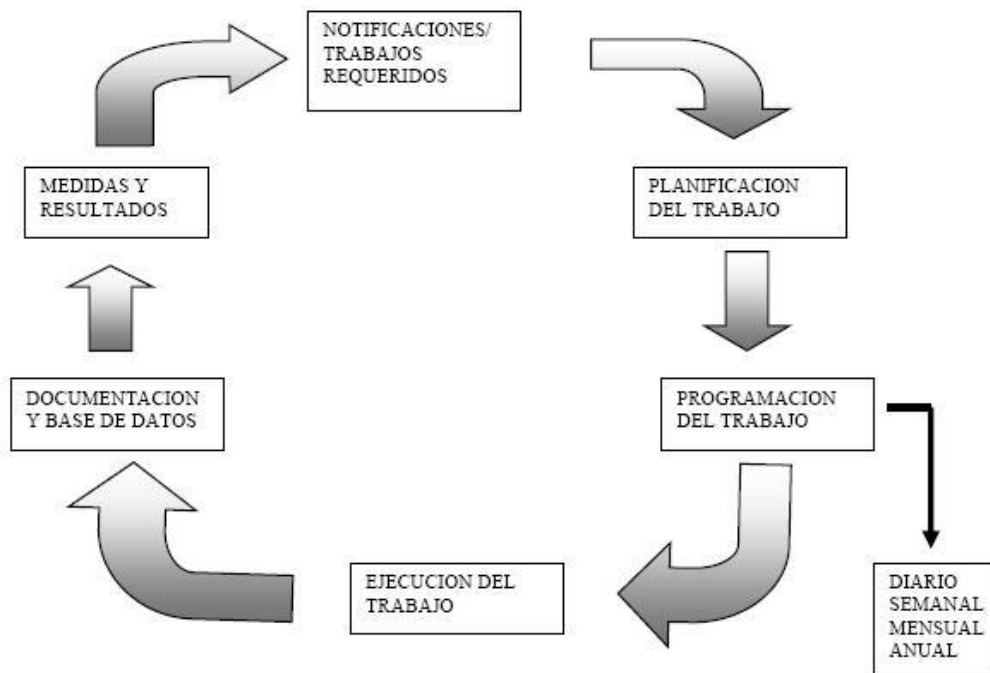


Figura 3.23. Ciclo PDCA de un sistema informatizado.

Los sistemas GAE incluyen todo lo anterior, y en muchos casos al tener una visión más amplia del mantenimiento, incorpora posibilidades normalmente presentes en otras áreas de gestión (financieras, recursos humanos, analíticas, etc.). También suelen tener más posibilidades que los GMAO en cuanto a gestión de la documentación técnica. Es necesaria por tanto la integración GAE/GMAO para obtener beneficios que se pueden resumir en tres categorías: ahorro de trabajo, inmediatez y utilización de la información.

➤ *Ahorro de trabajo*

Se centrará en eliminar la necesidad de introducir información en más de un sistemas.

➤ *Inmediatez*

Una integración de los sistemas genera una inmediatez en tomas de decisiones y en responder de forma más expeditiva a un cambio de condiciones.

➤ *Utilización de la información*

El incremento de la utilización de la información es el beneficio más difícil de percibir y cuantificar. Tiene que ver con el hecho de que la información relevante llegue a las manos adecuadas para dar soporte al proceso de toma de decisiones.

Con la introducción del TPM, la actividad de mantenimiento suscita un mayor interés en las empresas y ha dejado de considerarse como un gasto. Sin embargo, mientras el mantenimiento siga apoyándose en sistemas GAE/GMAO independientes será difícil que la dirección pueda tener una visibilidad completa a través de toda la compañía. Sólo una plataforma única para GAE/GMAO permite tener una visión global que comprende todos los indicadores claves para mejorar la toma de decisiones.

Algunos de los beneficios que se obtienen al adoptar un sistema único:

- ✓ Compartir información; Desde que se introduce el TPM, el mantenimiento ha sufrido una expansión fuera del departamento para formar parte del personal de producción mediante pequeñas tareas. Cuanto más se difuminan las fronteras entre mantenimiento y producción, más eficiencia se deriva de compartir información o de tener un único punto de entrada de los partes de trabajo.

- ✓ Mejor capacidad de compra y control de gasto; La integración de los sistemas en uno único, permite un mejor control sobre los procesos de compra y ayuda a estandarizar y minimizar los niveles de stock de piezas de repuestos.
- ✓ Eficiencias en producción; Una plataforma única permite la programación de producción y determina el mejor momento de sacar un equipo de la línea para realizarle PM.
- ✓ Análisis de fallo de un equipo; Facilita la consideración del tiempo de parada en el análisis de la eficiencia de la cadena de suministro y su impacto en la calidad y el cumplimiento en pedidos.
- ✓ Un único sistema de menos problemas; Las implementaciones y actualizaciones de versiones más sencillas y menos costosas, es más cómodo mediante un único soporte.
- ✓ Más funcionalidad.
- ✓ Gestión del ciclo de vida del activo; Todos los aspectos de la vida del equipo están interrelacionados, desde la compra, el diseño o la fabricación, hasta la operación, el mantenimiento o el servicio de cliente. Sólo una plataforma única permite sacar partido de estas interrelaciones.
- ✓ Inteligencia de negocio; Los sistemas con plataforma única disponen normalmente de potentes sistemas analíticos en los que es posible combinar informes de datos de mantenimiento con datos procedentes de otras áreas, como por ejemplo compras.

Capítulo 4: TPM aplicado en Airbus S.L. y futuras mejoras a lo implantado

4.1. Mantenimiento actual en Airbus Puerto Real.

Actualmente el mantenimiento de Airbus se clasifica, en mantenimiento de utillaje y mantenimiento industrial, siendo este último objeto del proyecto:

MANTENIMIENTO DE UTILLAJE.

- *Revisiones periódicas. Informe Verificación Utillaje (IVU).*
- *Acciones correctoras. Derivadas de las inspecciones, etc.*

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

- *Mantenimiento De planta. Aire acondicionado. Puentes grúa, etc.*
- *Mantenimiento de los medios productivos.*
 - *Gradas convencionales.*
 - ✓ *Mantenimiento correctivo. (aspiración, aparallajes eléctricos y luces).*
 - ✓ *Mantenimiento modificativo.*
 - *Gradas automáticas.*
 - ✓ *Mantenimiento correctivo. (aspiración, aparallajes eléctricos y luces)*
 - ✓ *Mantenimiento modificativo.*
 - ✓ *Mantenimiento preventivo. (recomendaciones del fabricante, modificaciones según la experiencia,)*
 - *CPI.*
 - ✓ *Mantenimiento correctivo. (aspiración, aparallajes eléctricos y luces)*
 - ✓ *Mantenimiento modificativo.*
 - ✓ *Mantenimiento preventivo. (recomendaciones del fabricante, modificaciones según la experiencia,)*

Como puede apreciarse en la clasificación anterior del mantenimiento realizado en Airbus, aplican actualmente tres tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento correctivo; Este tipo de mantenimiento encargado de reparar averías en los equipos, es uno de los puntos a minimizar por parte del TPM, ya que se pretende lograr la máxima eficiencia del equipo.
- Mantenimiento modificativo; Encargado de las modificaciones en las instalaciones de los equipos, como pueden ser los tendidos eléctricos, o posicionamiento de los equipos.
- Mantenimiento preventivo; Íntegramente realizado por la subcontrata, siendo este tipo de mantenimiento uno de los puntos a modificar dentro de las actividades TPM.

Para una completa adaptación del TPM a Airbus Puerto Real es necesario describir las actuaciones de cada mantenimiento actual para posteriormente en el apartado 4.3., indicar factores a mejorar.

4.1.2. Mantenimiento Correctivo.

El mantenimiento correctivo puede definirse como la actuación al equipo una vez este sufre una avería, por ello, Airbus Puerto Real sigue un protocolo de emergencia para hacer frente a las averías producidas.

Para hacer más factible la comprensión de este protocolo, se definirá mediante un concreto diagrama de flujo:

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

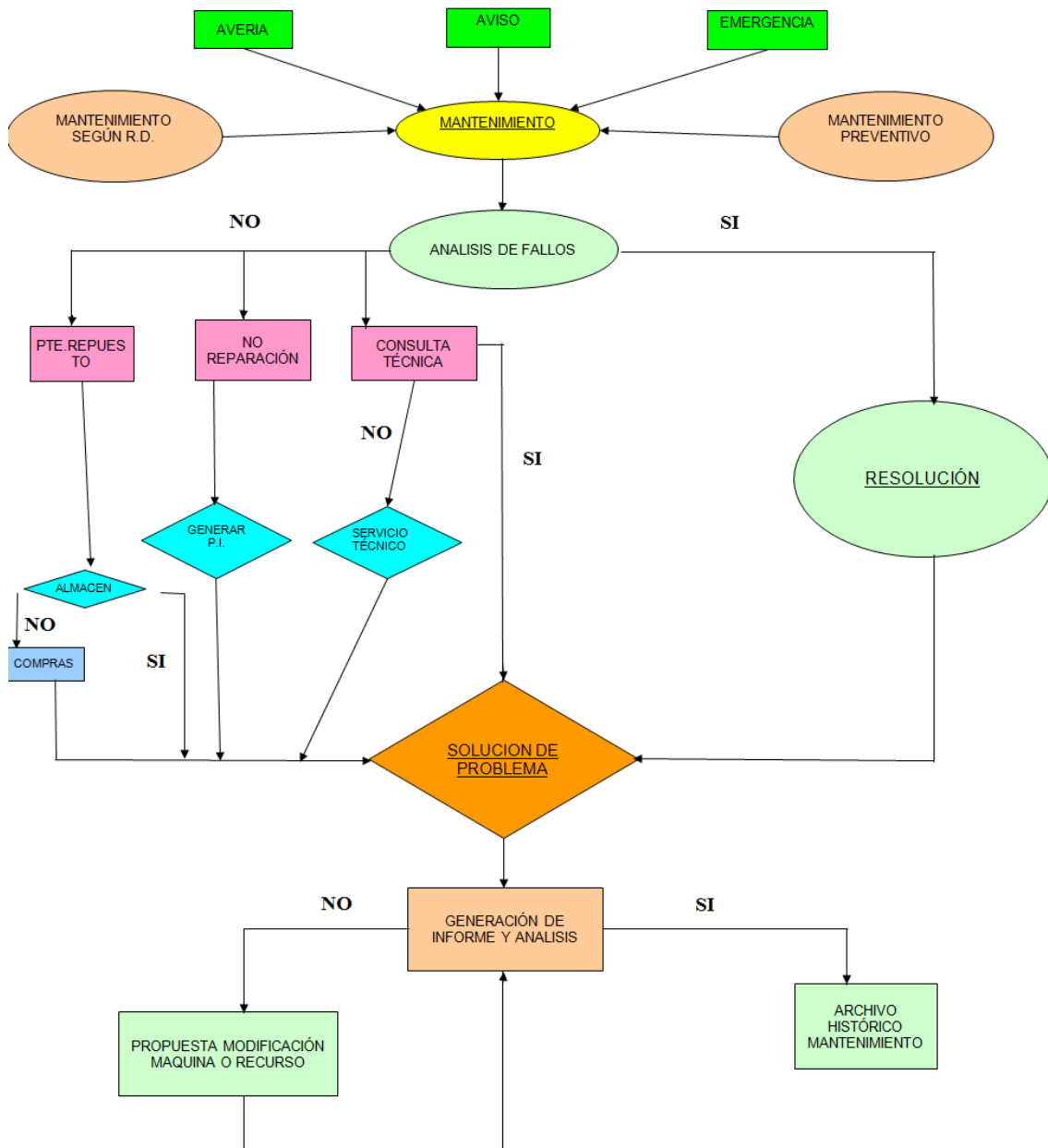


Figura 4.1. Diagrama de Flujo Mantenimiento correctivo.

Diagrama de flujo:

1. El operario divisa un problema en el equipo avisando inmediatamente al mando encargado de los operarios.
2. El mando correspondiente una vez informado, puede optar por dos caminos, la resolución del problema si está capacitado para ello o, bien optar por enviar una *solicitud de trabajo de mantenimiento*, sea cual sea el camino empleado para la resolución del fallo es necesario rellenar el parte *de averías* situado en el tablón de control visual en la misma zona del equipo, de forma que se van registrando todas las anomalías que sufre el equipo obteniéndose un historial del equipo.
3. Recibida la solicitud de mantenimiento por parte del departamento de mantenimiento (esta solicitud puede también ser realizada vía telefónica rellenando posteriormente dicha solicitud), este estudia la gravedad de la avería producida. Aunque habitualmente no sucede si la avería no corresponde al departamento de mantenimiento esta puede ser rechazada, por lo general, la avería entra en trámites de reparación.
4. una vez aceptada la avería, el parte pasa a la subcontrata encargada de las operaciones de mantenimiento. Una vez resuelto el problema, debe dar el visto bueno mantenimiento y posteriormente producción, si este último no lo acepta debe volver a actuarse sobre el problema hasta que se alcance el nivel deseado para operar.
5. Tras dar el visto bueno todos los departamentos, se da por concluida la avería y cerrada la solicitud de trabajo de mantenimiento, enviándose al mismo tiempo un informe a los departamentos donde se especifica que consiste de un *correo terminado*.

4.1.3. Mantenimiento Modificativo

Inicialmente a este proyecto, se realizaron modificaciones en el posicionamiento de distintos equipos, de manera que, mediante estas modificaciones los equipos automatizados estén en serie, sin pérdida de tiempo o maniobrabilidad de un equipo a otro de las piezas a elaborar.

4.1.4. Mantenimiento Preventivo.

Mantenimiento seguido íntegramente por una empresa subcontratada, encargada no solo de prevenir posibles fallos en los equipos sino también de repararlos una vez ocasionados.

Con distinta frecuencia se recogen informes de las acciones que la subcontrata realiza en los equipos, estas acciones en su mayoría revisiones visuales pueden perfectamente integrarse en las funciones cotidianas de los operarios de producción generando un control más directo sobre el equipo y al mismo tiempo consiguiendo un ahorro de personal que se verá reflejado al unísono en el presupuesto dedicado al mantenimiento.

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

Técnicos:		FRECUENCIA:
		2 MESES
Fecha de realización:		
Nº	PARTE	ACCIÓN
	Eje X: Guías y Patines	Limpiar con acetona.
		Inspección visual; avisar ante cualquier anomalía detectada .
		Lubricar con grasa Kluber Isoflex NBU-15, si es necesario.
	Eje X: Cremalleras dentadas y Piñón	Limpiar con acetona.
		Inspección visual; avisar ante cualquier anomalía detectada
		Lubricar con grasa Kluber Isoflex NBU-15, si es necesario.
	Eje Y: Guías y Patines	Limpiar con acetona.
		Inspección visual; avisar ante cualquier anomalía detectada
		Lubricar con grasa Kluber Isoflex NBU-15, si es necesario.
	Eje Y: Husillo de Bolas	Limpiar con acetona.
		Inspección visual; avisar ante cualquier anomalía detectada
		Lubricar con grasa Kluber Isoflex NBU-15, si es necesario.
	Eje Y: Correa Dentada	Inspección visual; avisar ante cualquier anomalía detectada
		Sustituir. Rfa. 16 T 5 - 340.
	Eje Z: Guías y Patines	Limpiar con acetona.
		Inspección visual; avisar ante cualquier anomalía detectada
		Lubricar con grasa Kluber Isoflex NBU-15, si es necesario.
	Eje Z: Cremalleras dentadas y Piñón	Limpiar con acetona.
		Inspección visual; avisar ante cualquier anomalía detectada
		Lubricar con grasa Kluber Isoflex NBU-15, si es necesario.
	Cabezal de Taladrado: Husillo Portaherramientas	Inspección visual; avisar ante cualquier anomalía detectada
		Lubricar con grasa Kluber Isoflex NBU-15, si es necesario.
	Cabezal de Taladrado: Pinza de amarre de herramientas	Limpiar con acetona.
		Inspección visual; avisar ante cualquier anomalía detectada
		Lubricar con grasa Kluber Altemp Q NB-50, si es necesario.
	Cabezal de Taladrado: Correa Dentada	Inspección visual; avisar ante cualquier anomalía detectada
		Sustituir. Rfa. 16 T 5 - 340.
	Sistema eléctrico	Limpiar los filtros de los acondicionadores de los cuadros.
		Revisar todos los pilotos y lámparas de indicación.
		Revisar el estado de actuación de todos los elementos de protección (diferenciales, setas...).
		Comprobar el estado de todos los micros.
	Sistema neumático	Comprobar el nivel de aceite de las bombas de vacío.
		Inspeccionar los cuadros neumáticos, tubos y racordaje, comprobando que no existen fugas de aire.
	Sistema hidráulico	Revisar el nivel de aceite del grupo hidráulico del sistema de amarre de herramientas.
	Ejes "X" e "Y"	Revisar el estado de los fuelles de protección de los ejes "X" e "Y".

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

Técnicos:		FRECUENCIA:
		ANUAL
Fecha de realización:		
Nº	PARTE	ACCIÓN
	Sistema eléctrico	Limpiar los armarios.
		Revisar los armarios en busca de cables y conectores sueltos o deteriorados. Reapretar.
		Revisar las juntas y mecanismos de cierre de las puertas de los armarios.
		Reapretar los tornillos de las regletas.
	Sistema neumático / vacío	Revisar las conexiones de las bombas de vacío.
		Cambiar el aceite de la bomba de vacío.
		Cambiar los filtros de las bombas de vacío.
		Limpiar los cuadros neumáticos.
		Revisar las juntas y mecanismos de cierre de las puertas de los armarios.
		Inspeccionar los cuadros neumáticos, tubos y racordaje, comprobando que no existen fugas de aire.

Técnicos:		FRECUENCIA:
		5 AÑOS
Fecha de realización:		
Nº	PARTE	ACCIÓN
	Sistema eléctrico	Revisar las cajas de distribución, en busca de cables y/o conectores sueltos o deteriorados. Reapretar si es necesario.

4.1.5. Prácticas Medio Ambientales.

Uno de los posibles pilares más afianzados en Airbus, mucho antes del comienzo de este PFC, es la sensibilización medio ambiental en toda la planta. Dicha sensibilización tiene razones de peso al encontrarse el emplazamiento de Airbus Puerto Real en el entorno del Parque Natural de la Bahía de Cádiz. La presencia de Airbus Puerto Real en este espacio característico motivo a la compañía Airbus a elegirla como planta piloto para la implantación de la ISO 14001, obteniendo la planta en 2004 la certificación de Sistema de Gestión Ambiental.

Actualmente la planta Airbus Puerto Real es considerada una planta de vertido cero, donde gracias a la colaboración de todos los empleados se ha logrado incorporar pequeñas actividades que permitan reducir los residuos que generan en cada jornada de trabajo, siempre manteniendo en sus mentes a través de carteles las frases “los aspectos afectan al medio ambiente” y “los impactos infectan el medio ambiente”. Por consiguiente es necesario inicialmente concienciarlos que las actividades que realizan generan causas (aspectos) que siempre llevan a unas consecuencias (infectan) medio ambientales.

Las actividades prácticas que los empleados de todas la planta pueden realizar fueron recogidas en trípticos y colocados por toda las naves, aumentando el nivel de aprendizaje y atención a dichas actividades, y generando por tanto una cooperación de todos y cada uno de los miembros de la plantilla de Airbus. Estas actividades no se consideran individualizadas ni por niveles, sino que todos deben realizarlas por igual sin distinción, ya sea desde los puestos de oficinas donde no hay papeleras, sino que en cada despacho se coloca una bandeja para re-aprovechar el papel, como en los puestos de taller donde se emplean sustancias contaminantes como cartuchos de sellantes, pinturas e incluso las bolsas que cubren las piezas, sin olvidar que la ruptura de cualquier herramienta puede generar desperdicios que tienen sus propios

puntos de recogidas, los cuales poseen boquillas especiales para lograr una segregación de remaches y brocas.

No hay que olvidar que se trata de una empresa donde circula mucho personal y por tanto, se generan residuos sólidos urbanos, así como latas de refrescos y pilas, que tiene su lugar de recogida en los correspondientes puntos de descanso.



Figura 4.2. Recogida Selectiva de Residuos en Airbus.

Además de las actividades anteriores que pueden ser acometidas por cualquier empresa, Airbus aplica unas actividades propias de buenas prácticas ambientales. Al ser Airbus Puerto Real un centro de montaje automatizado debe exportar las piezas una vez finalizadas hacia Toulouse, por lo cual se ideó un sistema de embalajes ecológicos, este tipo de embalajes es enviado con la pieza y posteriormente devuelto a la planta de Puerto Real vacío, de este modo se evitan dos cosas, el desperdicio de embalar las piezas y el coste de cada embalaje.



Todas estas actividades generan un triple ahorro a la planta que llevan a un beneficio económico al reducir:

- *Primer coste*; lo que ahora es un residuo, antes era materia prima que supuso un coste a la empresa.
- *Segundo Coste*; Esa materia prima “*ahora residuo*” tuvo que ser almacenada, controlada, manipulada, transportada y transformada, y por tanto es el protagonista y responsable de una cadena de costes dentro del proceso productivo.
- *Tercer coste*; Ahora que esa materia, ya está desechada se debe meter en contenedores, transportarla, inventariarla, controlarla, hacernos legalmente responsables de ella y finalmente entregarla a una empresa externa (Gestor Autorizado de Residuos) que naturalmente también añade otro coste.

La reducción de costes es una de las metas principales de toda empresa, por lo cual debe ser un objetivo estratégico la minimización de los residuos que genera.

4.2. Conceptos TPM aplicados en el Proyecto 10

Al inicio de este proyecto, se comenzó con el estudio de las actividades que los operarios debían realizar, para mantener sus equipos con la máxima eficacia disminuyendo o evitando las seis grandes pérdidas. Este estudio es iniciado en el departamento de mantenimiento, en colaboración con el mando de operarios, ya que estos son los que mejor conocen los problemas que plantean los equipos.

4.2.1. Inicios del MA en el Proyecto 10.

Este estudio requería la toma de fotos de la instalación del proyecto 10, observándose puntos concretos a tratar, de esta manera se realizó un planning de actividades diarias y semanales que los operarios deben realizar.



Como puede observarse en fotos como la anterior, fue necesario realizar una limpieza inicial, implantándose en esta zona de la nave II, la filosofía de las 5S, ya arraigada anteriormente en otra sección de la planta. Para ello, se comenzó con la introducción de seminarios a los operarios y mandos responsables del proyecto 10, de forma que asuman como parte de producción la “manutención” de sus equipos.

Estos seminarios fueron de lo más simple, realizados durante tres semanas, ya que la única necesidad que requiere Airbus Puerto Real es la comprensión de los paneles informativos que aplicaron en la zona. Por ello, los seminarios estaban dedicados a la asimilación por parte de los operarios de algunas actividades de limpieza y mantenimiento que se les indicaba, de forma que, no se entraba en detalles de los equipos.

Al tiempo que se realizaban los seminarios, se comenzó la elaboración de las acciones que acometerían diariamente, para ello, se elaboró la siguiente lista de herramienta, que se colocó en los paneles de control visual al lado del equipo, de forma que los operarios sin ningún problema pudieran realizarlo.

Como puede observarse en las Figuras 4.3 y Figuras 4.4., lo primero fue la colocación de paneles SQCDP en el área del Proyecto 10, junto a un panel TPM con las instrucciones básicas y un Check-List para la máquina del taladrado.

Paneles SQCDP:



Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340



Figura 4.3. Paneles SQCDP

A partir de estos paneles el operario puede conocer los avances de su trabajo, al controlar visualmente, el aumento de la productividad (P); el incremento de la calidad (Q); así como la reducción de costes (C); y los estrictos plazos de entrega que deben cumplirse (D); sin olvidar como pilar fundamental del TPM la creación de puestos de trabajos seguros y ergonómicos, que al tiempo prevengan la polución (S).

Panel TPM y Check-List:

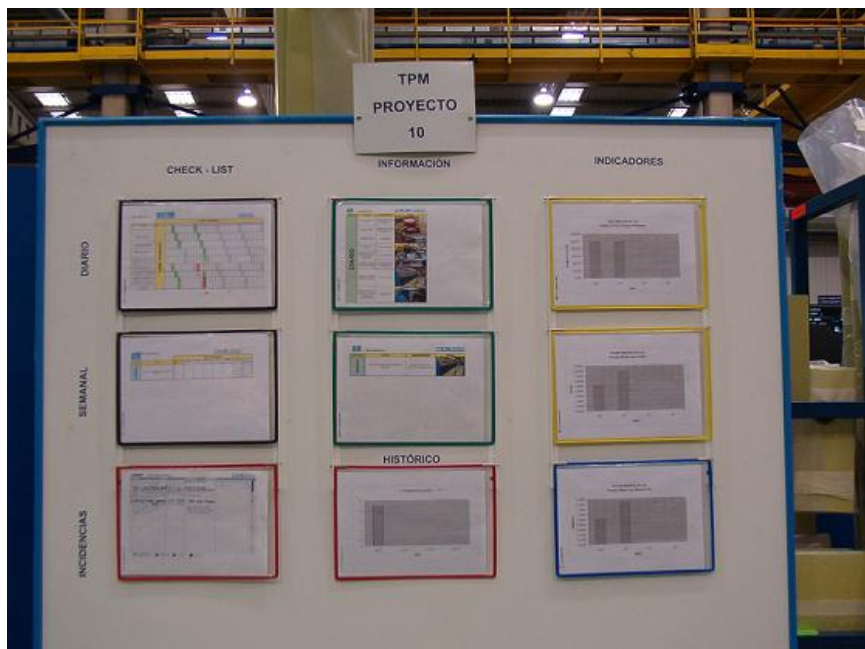


Figura 4.4. Panel TPM

En este panel de TPM vienen recogidas las acciones a cumplir por los operarios del Proyecto 10, donde a través de una breve información visual, podrán realizar funciones de mantenimiento en los equipos que operan, ya sea a través de actividades diarias como semanales, además de disponer de un Check-List donde se recogerán las firmas de los operarios que han realizado dichas funciones de mantenimiento y un último punto donde se deben recoger las incidencias que han surgido en el equipo durante las jornadas.

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

INTERVALO	ACCION	OBSERVACIONES	FIGURA
DIARIO	CONTROL DE NIVEL DE VACIO.	CONTROLAR EL NIVEL DE MEDICION DE VACIO QUE OSCILE ENTRE -0,75 Y - 1,05bar.	
	CONTROL DE NIVEL DE PRESION DE AIRE.	CONTROLAR EL NIVEL DEL MANOMETRO QUE OSCILE ENTRE 6,5 Y 7,2 bar.	
	COMPROBAR SISTEMA ASPIRACION CABEZAL	COMPROBAR SU FUNCIONAMIENTO	
	LIMPIEZA DEL MICRO DE POSICION	UTILIZAR ASPIRADOR	
	COMPROBACION DEL NIVEL DEL SISTEMA HIDRAULICO DEL AMARRE DE HERRAMIENTA	AVISAR A MANTENIMIENTO	
	COMPROBAR PILOTOS Y LAMPARAS EN PANELES DE OPERACIÓN Y EN MAQUINA	INSPECCION VISUAL. EN CASO DE FALLO AVISAR A MANTENIMIENTO.	
SEMANAL	COMPROBAR EL CORRECTO MOVIMIENTO DE TODOS LOS EJES DE LA MAQUINA.	INSPECCION VISUAL.	
	INSPECCION VISUAL DE LAS COPAS DE VACIO TRAS LA RETIRADA DE CADA TIMON Y LIMPIAR LAS QUE CONTENGAN POLVO, SELLANTE Y SUCIEDAD	UTILIZAR LIQUIDOS NEUTROS.	


INTERVALO	ACCION	OBSERVACIONES	FIGURA
SEMANAL	REALIZAR LIMPIEZA DEL ENTORNO DE MAQUINA.	REALIZAR LIMPIEZA DEL ENTORNO A MAQUINA PARADA.	



Figura 4.5. Lista de herramientas implantadas.

Puede observarse que las acciones acometidas en el equipo son las más simples, con un simple vistazo, para evitar pérdidas durante la producción, a la vez que se logra reducir errores de eficacia del equipo. Estas acciones son las más básicas aplicadas a producción, lo importante inicialmente es la concepción por parte de los operarios de la importancia de estas pequeñas tareas, para así adaptarlos a asimilar posteriormente (una vez afianzado sus conocimientos en los equipos) funciones más complejas a realizar en los equipos.

Los operarios deben tener unos mínimos conocimientos, por ello es importante la educación y formación, de manera que puedan asimilar tareas básicas de mantenimiento de forma rutinaria en las actividades de producción.

Además se dispone de Check-List, donde los operarios controlaran a través de una lista de firma la limpieza e inspección autónoma que se está realizando en el equipo, de manera, que se evita la inspección de una misma zona por operarios distintos a la vez que se asegura que todos los puntos necesarios de chequeos se llevan a cabo. Sirviendo también como referencia de las reuniones breves durante los cambios de turnos.

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

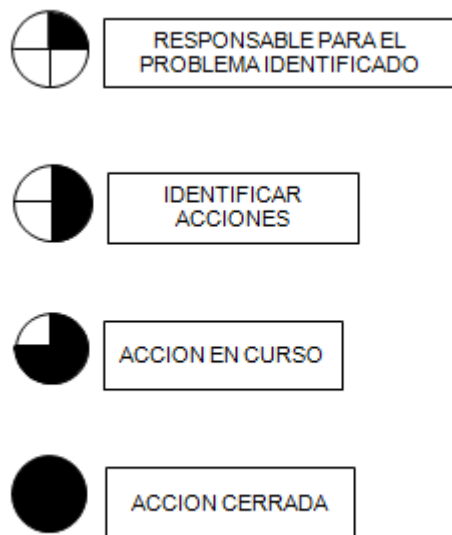
 TPM - PROYECTO 10.									
		MES:							
INTERVALO	ACCION	DIA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	
		FECHA							
SEMANAL	REALIZAR LIMPIEZA DEL ENTORNO DE MAQUINA.								

 TPM - PROYECTO 10.									
		MES:							
INTERVALO	ACCION	DIA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	
		FECHA							
DIARIO	CONTROL DE NIVEL DE VACIO.	FIRMA OPERARIO							
	CONTROL DE NIVEL DE PRESION DE AIRE.								
	COMPROBAR SISTEMA ASPIRACION CABEZAL.								
	LIMPIEZA DEL MICRO DE POSICION								
	COMPROBACION DEL NIVEL DEL SISTEMA HIDRAULICO DEL AMARRE DE HERRAMIENTA								
	COMPROBAR PILOTOS Y LAMPARAS EN PANELES DE OPERACIÓN Y EN MAQUINA								
SEMANAL	COMPROBAR EL CORRECTO MOVIMIENTO DE TODOS LOS EJES DE LA MAQUINA.								
	INSPECCION VISUAL DE LAS COPAS DE VACIO TRAS LA RETIRADA DE CADA TIMON Y LIMPIAR LAS QUE CONTENGAN POLVO, SELLANTE Y SUCIEDAD								

Figura 4.6. Check-List.

Justo debajo de los Check-List se situará un parte de incidencias surgidas en el equipo durante sus jornadas de operación, en este parte de incidencia se indicará una breve descripción del problema así como la fecha y hora en la cual se observó dicho incidente, además de la causa raíz de que procede la avería, una vez establecido estos primeros parámetros se comenzará con una rueda de actuación marcando cada actuación que se realice una cuarta parte de la rueda, de este modo, una vez rellena la rueda se habrá concluido la actuación y podrá indicarse la hora de puesta en funcionamiento del equipo.

El primer cuarto de la rueda será relleno una vez se establezca la persona responsable de las actuaciones para solucionar el incidente, esta persona deberá identificar las acciones a acometer en dicho equipo, una vez decidido el plan de actuación se completará un nuevo cuarto de la rueda, que será muy seguido del tercer cuarto una vez se pongan las actuaciones en curso. La rueda de actuaciones se cerrará una vez se haya concluido con éxito las acciones en el equipo y se pueda volver a operar con él.



Todas estas actuaciones deben ser recogidas en unos históricos que se colocaran en los mismos paneles TPM ubicados en las proximidades del equipo.

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado
y escariado del cajón estabilizador A330/340

Nº	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	FECHA Y HORA AVERIA	CAUSA RAIZ	FECHA Y HORA de PUESTA EN SERVICIO	STATUS
					+
					+
					+
					+
					+
					+
					+
					+
					+
					+
					+
					+
					+
					+
					+
					+
					+
					+
					+
					+
					+
					+
					+

PARTE DE AVERIAS: PROYECTO 10.

RESPONSABLE PARA EL PROBLEMA IDENTIFICADO

IDENTIFICAR ACCIONES

ACCION EN CURSO

ACCION CERRADA

Figura 4.7. Parte de averías: Proyecto 10.

4.2.2. OEE obtenido durante el periodo de implantación del TPM.

Durante la estancia en las instalaciones para la elaboración de este PFC, se realizó a través de los recursos informáticos una hoja de EXCEL, comenzando un estudio del OEE, para la elaboración de gráficas colocadas en el panel TPM al lado del equipo ayuden a los operarios de forma visual a comprender la evolución del equipo hacia las condiciones óptimas de este.

El primer mes, Septiembre 2007, que comenzó a realizarse el estudio de OEE no se habían implantado eficientemente las mejoras de TPM propuestas para el equipo, observándose fallos muy consecutivos durante las jornadas operativas, lo que supone una reducción de 4 horas de operación del equipo en tiempo de producción. Además queda demostrado con esta tabla la falta de mantenimiento preventivo, al no dedicarse ninguna hora del mes a estas tareas.

septiembre-07		TURNO 8 NORMAL																																
		DÍA																																
MANTENIMIENTO CORRECTIVO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	...	TOT	
Nº HRS TRABAJO		0	0	8	8	8	8	8	0	0	8	8	8	8	8	0	0	8	8	8	8	8	8	0	8	8	8	8	8	0	0	0	0	168,00 hrs
Nº HORAS AVERÍAS					1	1												1					1										4,00 hrs	
MTBF = (HORAS DE TRABAJO - HORAS DE AVERÍA) / NÚMERO DE AVERÍAS																																		
MTTR = Nº DE HORAS DE AVERÍAS / Nº DE AVERÍAS																																		
BF-TIEMPO MEDIO ENTRE INTERVENCIONES		41,00 hrs		5,13 días																														
Nº TOTAL DE AVERÍAS		4,00																																
Nº DE HORAS DE AVERÍAS		4,00 hrs																																
MTTR - TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN		1,00 hrs																																
MANTENIMIENTO PREVENTIVO		0,00 hrs																																
MANT. PREV + MANT. CORRECTIVO		4,00 hrs																																

1º insertar turno de trabajo - 8,16 ó 24
 2º insertar horas de trabajo por cada día
 3º insertar horas de averías producidas por cada día
 4º insertar horas de mantenimiento preventivo

Durante los meses consecutivos que permanecí en las instalaciones de Airbus Puerto Real, comenzaron a aplicarse las tareas de MA propuestas así como una inicial limpieza de toda la zona del Proyecto 10. Estas actuaciones se vieron rápidamente reflejadas en las tablas de Excel al aumentar MTBF en comparación con el mes anterior, e inclusive se comenzaron tareas de Mantenimiento Preventivo mensuales, que no estaban contempladas hasta la puesta en marcha del TPM.

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

octubre-07		TURNO 8 NORMAL												DÍA												TOT										
MANTENIMIENTO CORRECTIVO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
N° HRS TRABAJO		8	8	8	8	8	0	8	8	8	8	8	0	8	8	8	8	8	8	0	0	8	8	8	8	8	0	0	8	8	8	8	184,00 hrs			
N° HORAS AVERÍAS		1										1											3										5,00 hrs			
MTBF = (HORAS DE TRABAJO - HORAS DE AVERÍA) / NÚMERO DE AVERÍAS																																				
MTTR = N° DE HORAS DE AVERÍAS / N° DE AVERÍAS																																				
BF-TIEMPO MEDIO ENTRE INTERVENCIONES		59,67 hrs												7,46 días																						
N° TOTAL DE AVERÍAS		3,00																																		
N° DE HORAS DE AVERÍAS		5,00 hrs																																		
MTTR - TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN		1,67 hrs																																		
MANTENIMIENTO PREVENTIVO		1,00 hrs																																		
MANT. PREV + MANT. CORRECTIVO		6,00 hrs																																		

1° insertar turno de trabajo - 8,16 ó 24
 2° insertar horas de trabajo por cada día
 3° insertar horas de averías producidas por cada día
 4° insertar horas de mantenimiento preventivo

noviembre-07		TURNO 24 TRIPLE												DÍA												TOT										
MANTENIMIENTO CORRECTIVO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	--	TOT			
N° HRS TRABAJO		24	24	0	0	24	24	24	24	24	0	0	24	24	24	24	0	0	24	24	24	24	24	24	0	0	24	24	24	24	24		528,00 hrs			
N° HORAS AVERÍAS		1														2																		4,00 hrs		
MTBF = (HORAS DE TRABAJO - HORAS DE AVERÍA) / NÚMERO DE AVERÍAS																																				
MTTR = N° DE HORAS DE AVERÍAS / N° DE AVERÍAS																																				
F-TIEMPO MEDIO ENTRE INTERVENCIONES		174,67 hrs												7,28 días																						
N° TOTAL DE AVERÍAS		3,00																																		
N° DE HORAS DE AVERÍAS		4,00 hrs																																		
MTTR - TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN		1,33 hrs																																		
MANTENIMIENTO PREVENTIVO		1,00 hrs																																		
MANT. PREV + MANT. CORRECTIVO		5,00 hrs																																		

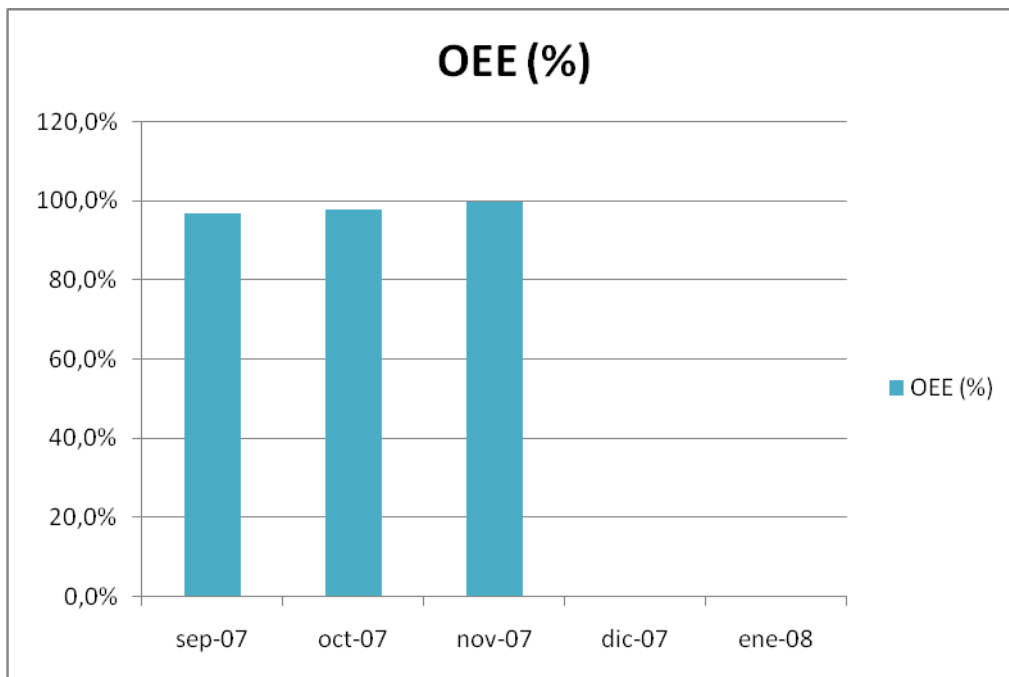
1° insertar turno de trabajo - 8,16 ó 24
 2° insertar horas de trabajo por cada día
 3° insertar horas de averías producidas por cada día
 4° insertar horas de mantenimiento preventivo

Al tiempo que se obtienen estos datos de mantenimiento se realizó el cálculo de OEE, con los datos que se generan en el departamento de producción de calidad y productividad del equipo, obteniéndose los siguientes resultados, que en parte no son muy exactos, debido a la problemática de no disponer con exactitud las horas de intervención del equipo (MTTR) en los informes emitidos por la subcontrata, por lo cual para la realización de la hoja de cálculo se realiza una suma promedio del numero de averías mensuales para estimar las horas de dedicación media, que no nos proporciona información de los problemas graves del equipo.

MAQUINA PROYECTO 10

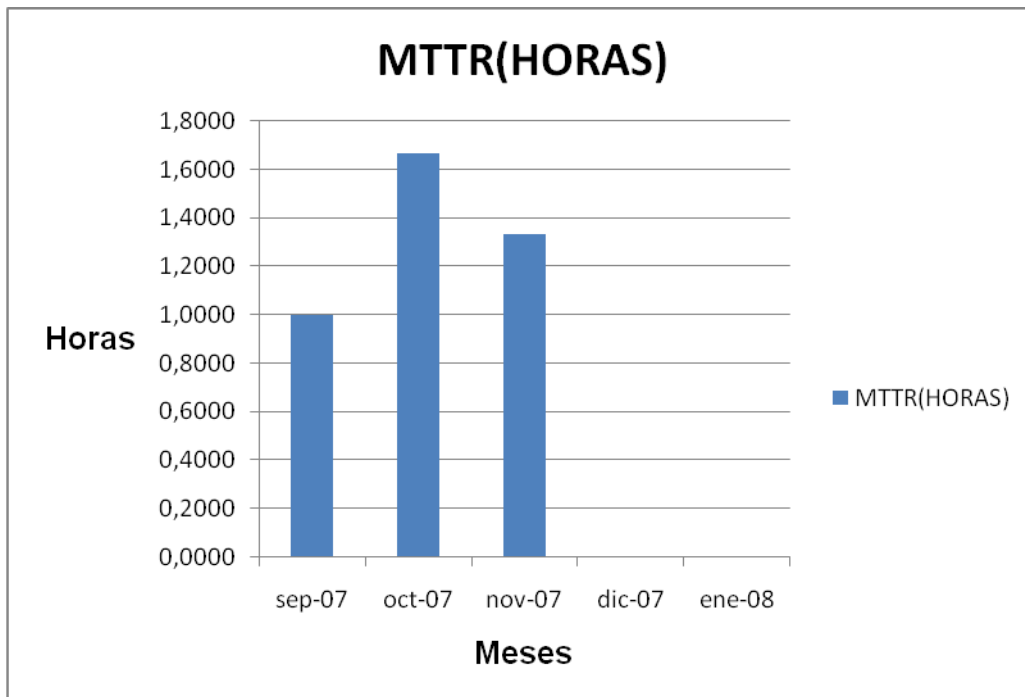
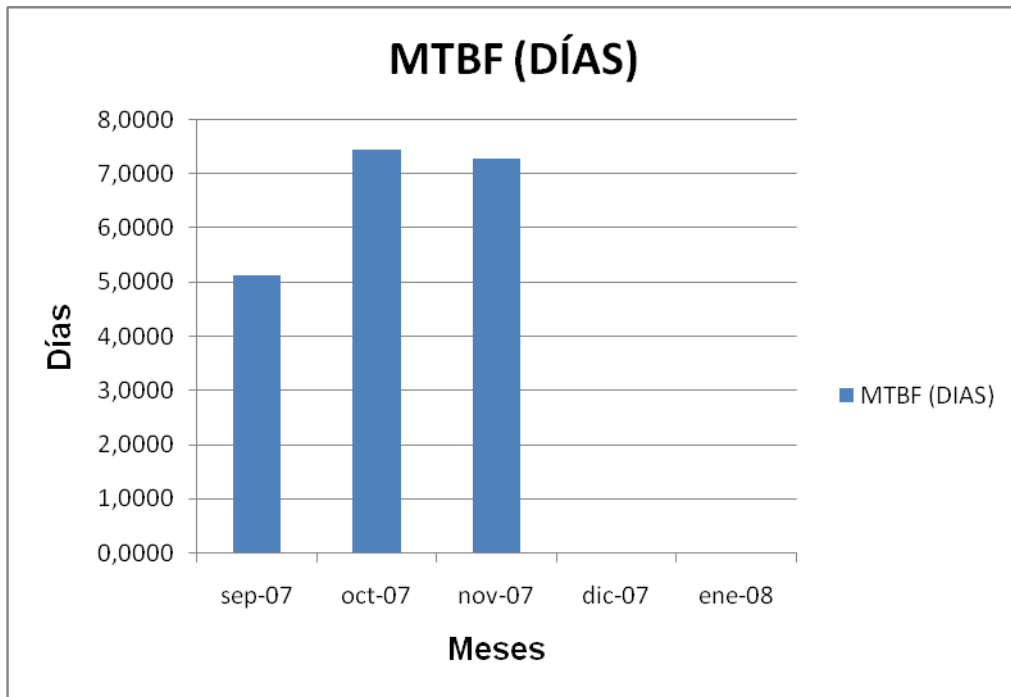
MES	DISPONIBILIDAD (%)	PRODUCTIVIDAD (%)	CALIDAD (%)	OEE (%)	MTTR(HORAS)	MTBF (DIAS)	N°PROBLEMAS(MES)
sep-07	98,0%	99,0%	100,0%	97,0%	1,0000	5,1250	4
oct-07	98,0%	100,0%	100,0%	98,0%	1,6667	7,4583	3,00
nov-07	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	1,3333	7,2778	4
PERIODO	98,7%	99,7%	100,0%	98,3%	1,3333	6,6204	3,67

Como puede apreciarse el aumento de OEE no es sustancial tres meses después de comenzar este estudio, esto gracias a la máxima disponibilidad del equipo automatizado, lo que no resta la aplicación de este tipo de actuaciones para lograr disminuir los problemas mensuales que suceden y que irremediablemente provocan una disminución de la efectividad del equipo en las jornadas operativas.



La visualización de las mejoras del equipo debe ser acompañada en el panel de MTBF y MTTR, de forma que se fomente en el operario el afán de superar cada vez más los días sin problemas del equipo, que como se aprecia en la gráfica puede implementarse con una buena asistencia del operario.

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340



4.3. Implementación de TPM

El TPM como herramienta de mejora debe ser introducido en las empresas inicialmente en un equipo de prueba, y una vez asimilados los resultados extrapolar los conceptos al resto de la planta íntegramente. Esta actuación, no sucede realmente en la mayoría de las empresas, ya que son reticentes a cambios generales suelen realizarlos de forma localizada, obteniéndose resultados individuales de los equipos, sin poder calcularse adecuadamente la eficacia global de la planta.

Este hecho ocurre actualmente en la planta Airbus Puerto Real, donde la implantación del TPM comienza con el Proyecto 10 e irá implementándose en sucesivos equipos de forma escalonada, por lo cual no puede observarse un beneficio de la eficiencia de la planta, sino focos localizados de mejoras al tiempo que defectos en otros puntos, esto no contribuye favorablemente a la aceptación por parte de operarios, mandos y directivos en el TPM, dificultando aun más las pequeñas actuaciones que se realizan o se pretenden realizar.

Por ello, inicialmente es vital una reorganización del departamento de mantenimiento, donde todos sus componentes comprendan y efectúen sus acciones de forma eficaz y eficiente en el menor tiempo posible.

4.3.1. Estructuración del departamento de mantenimiento

La organización del departamento de mantenimiento debe ser estructurada de forma que el responsable de mantenimiento está al cargo de responsables de distintas funciones dentro del mantenimiento. El principal inconveniente es la falta de cumplimiento de esta estructura en las empresas de hoy en día, debido a falta de personal que maneje las diversas tareas, por lo cual el responsable de mantenimiento, debe asumir cualquier tarea de mantenimiento industrial y, a

su vez, debe reportar la información pertinente de las acometidas realizadas a un cargo superior, que se ocupa de proporcionar lo necesario para cumplir con la producción requerida.

Este cargo superior está estrechamente ligado a la directiva, que tiene como meta principal la producción. Por lo cual, el objetivo prioritario del mantenimiento es la máxima eficacia de los equipos y productos fabricados, de forma que el mantenimiento no interfiera en los turnos de producción.

Algunas de las funciones que debe cumplir el responsable de mantenimiento son:

- ✓ Realizar el presupuesto del mantenimiento anual.
- ✓ Fijar los horarios de mantenimiento de forma que no interfiera en producción.
- ✓ Elaborar informe de las cuentas preparadas para el mantenimiento.
- ✓ Asesorar y dirigir a los integrantes del departamento.
- ✓ Asistir a las reuniones organizativas.
- ✓ Autorizar las acometidas en la planta.

A las anteriores funciones se le debe sumar la responsabilidad de los demás miembros del departamento, para que estos cumplan las exigencias necesarias de rediseño de equipos, pedidos de repuestos e infraestructuras necesarias para mantener la planta, y además las subcontratas que realizan las operaciones de mantenimiento en toda la planta.

Esta distribución de tareas asignadas a una sola persona debe enraizarse en diversos puestos ya sean directos del mantenimiento como indirectos, de este modo se descargará de responsabilidad obteniéndose mayores beneficios al disponer de más opiniones para los mismo problemas, siendo lo ideal;

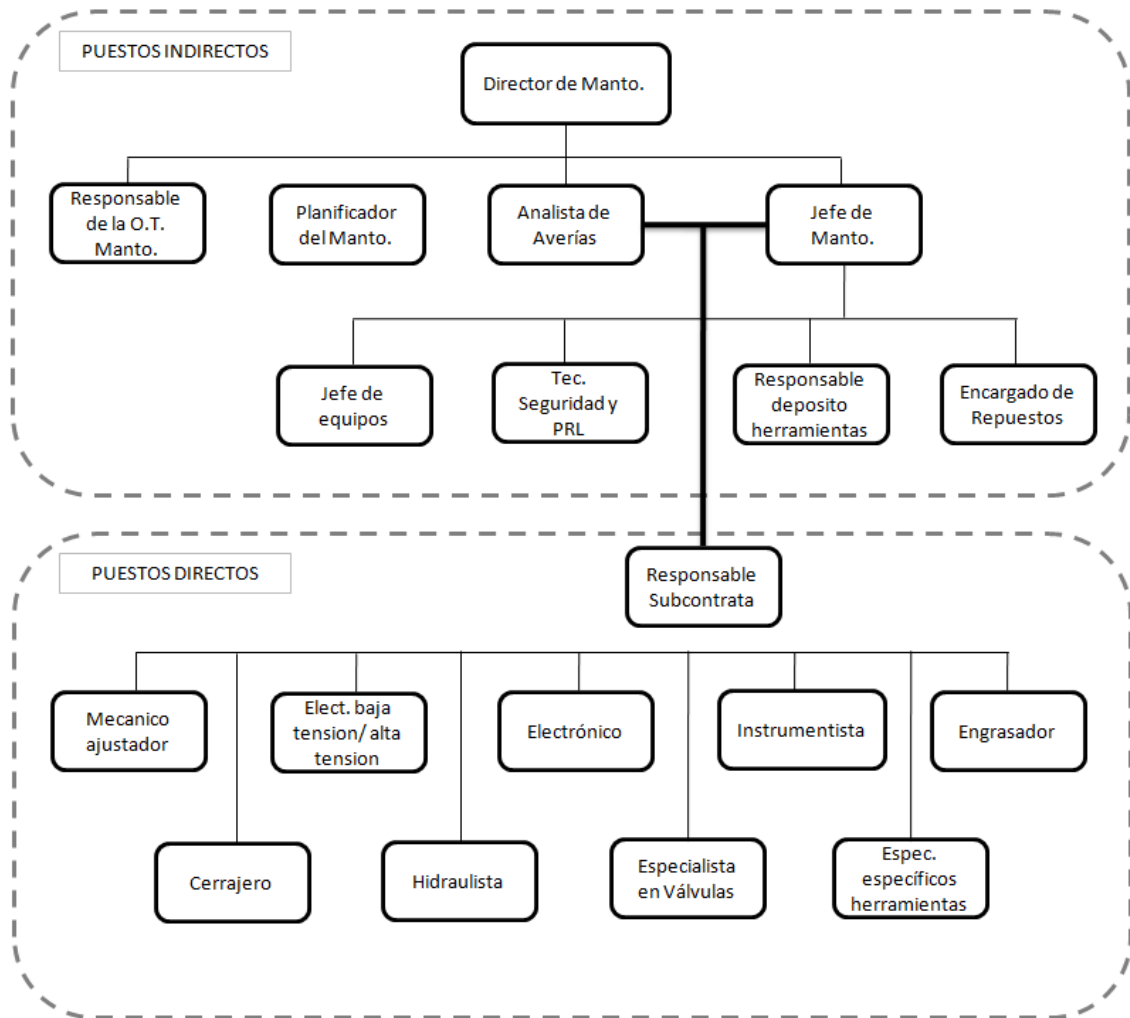


Figura 4.8. Distribución del Departamento de Mantenimiento.

Puestos indirectos

Director de mantenimiento; en breves palabras podría decirse que es la persona encargada de todo el área de mantenimiento, con la función esencial de comprobar que se cumplen las metas estratégicas implicadas en el mantenimiento. Además deberá realizar el presupuesto anual dedicado por la empresa al mantenimiento, así como definir detalladamente la política a seguir dentro de dicho departamento.

Responsable oficina técnica de mantenimiento; su misión es el estudio concienzudo de cada equipo de la planta, de forma que pueda elaborar protocolos e informes detallados de los equipos que puedan ser de utilidad en futuras intervenciones, ya sean preventivas o correctivas. Además de realizar los informes una vez intervenidos los equipos elaborando futuras propuestas de mejoras.

Jefe de mantenimiento; Actualmente en Airbus S.L. su misión incluye funciones de los dos puestos anteriores, elaborando informes presupuestarios y generando las propuestas de mejoras de los equipos. Lo ideal para este puesto es la gestión desde el punto de vista técnico, donde se encargará de asignar los recursos para las tareas de mantenimiento, así como la resolución de cualquier problema mientras estas se realizan. Su principal misión es el control de todas las funciones que planteen un problema para la producción ocupándose personalmente del cumplimiento de la resolución del problema, por así decirlo es el encargado de que día a día la planta opere de la forma más eficaz y eficientemente posible.

Jefes de equipos; Cuando las estructuras de la empresa son demasiado grandes, como es el caso de Airbus S.L. se asignan responsabilidades a los jefes de equipos de operarios de producción, estos son los primeros en conocer cualquier problema que pueda surgir en su área de trabajo y por tanto una formación apropiada de ellos podrá agilizar las soluciones técnicas que puedan surgir a lo largo de las jornadas laborales de forma inmediata.

Planificador mantenimiento; Como pilar fundamental del TPM es necesario tener en la empresa una persona dedicada a la planificación del mantenimiento programado, es decir, una persona con el conocimiento suficiente en técnicas de programación y que siguiendo las instrucciones del Jefe de mantenimiento pueda idear un programa de medidas para cada equipo. Además será el

encargado de documentar las necesidades materiales y de herramientas necesarias para realizar las reparaciones en los equipos de la planta.

Encargado de repuestos; Personal muy importante para la puesta a punto de cualquier producción, su relación ligada entre los proveedores y el departamento de mantenimiento debe aportar una cierta tranquilidad a la hora de recepcionar los pedidos especificados, su misión principal es verificar que las piezas de repuestos superan pruebas de resistencias antes de poder ser usadas. Además debe tener una estrecha colaboración con el departamento de compras, de modo que el pedido y recepción del repuesto no se prolongue excesivamente en el tiempo.

Analista de averías; Como el mismo nombre indica su misión es analizar cada una de las averías que se produzca en la planta, generando propuestas ya sean de modificación de las instalaciones o maquinarias o bien un cambio en el plan de mantenimiento realizado por los mismo operarios para evitar anomalías repetitivas. Este tipo de personal debe poseer mucha experiencia en el mantenimiento de equipos, siendo apto para el manejo de hojas de cálculos y herramientas informáticas.

Técnico de Seguridad y prevención Riesgos laborales; En empresas de gran envergadura como es Airbus Puerto Real S.L. la seguridad en el mantenimiento es un riesgo a evitar, para ello es necesario asignar un técnico de la plantilla de mantenimiento, que con criterio independiente, analice y evalúe los riesgos de la planta redactando un Plan de Seguridad, donde se remarque aquellos puestos inseguros que necesiten un protocolo de seguridad para poder realizar los trabajos de mantenimiento. Este tipo de personal debe estar cualificado con un título de prevención de riesgos laborales, teniendo criterios estrictos hacia la seguridad y prevención de puestos peligrosos.

Responsable del depósito de herramientas; Personal bien ordenado encargado de proveer de las herramientas necesarias a la planta, manteniéndolas en perfecto estado y evitando que se extravíen. Debe exigir a los operarios a los que se le asignen herramientas personales que cuiden de ellas, penalizándoles ya sea descontándoles el importe de la herramienta extraviada o retirándole primas si el conjunto de herramientas personales no está completo, de esta forma se motiva al personal que cuide de las herramientas. El técnico encargado de este puesto realizará informes mensuales del calibrado de herramientas así como emitir informes de inversiones al jefe de mantenimiento para la compra de nuevas herramientas.

Como se aprecia en la Figura 4.1., lo ideal es tener diversos puestos ya sean directos encargados in situ de las inspecciones y reparaciones, como indirectos ocupándose de las funciones de gestión y organización de dicho mantenimiento, esta diversificación enriquece a la empresa aportando un interés especial por el mantenimiento de sus equipos y por lo tanto, aumentando la calidad de dichos equipos y de su producción.

El inconveniente puede surgir al tener el mantenimiento más directo subcontratado, poseyendo su propio organigrama, este inconveniente puede suponer una mala distribución a la hora de realizar reparaciones rápidas y eficaces en los equipos, para solucionarlo lo ideal es influenciar a la empresa subcontratada para que siga las mismas directrices de la empresa y así tener un organigrama bien distribuido y organizado. Donde los puestos directos están estrechamente relacionados con la actividad de mantener la planta, siendo el salario de estos puestos función de las horas anuales dedicadas a ello.

Puestos directos

Las diferentes especialidades que pueden darse en estos puestos directos son tan diversos como necesidades tenga la planta, por lo cual los puestos definidos aquí son los más idóneos para una planta de las características de Airbus Puerto Real S.L., y en especial en el Proyecto 10 que atañe a este Proyecto.

Responsable de la subcontrata; Personal encargado del contacto fluido entre el departamento de mantenimiento de la empresa contratadora y los especialistas en mantenimiento de la empresa subcontratada. Su labor principalmente es la recepción del informe del departamento donde remarca la necesidad de técnicos especialistas.

Mecánico ajustador; Forma el mayor grosor de la plantilla, siendo la misión de estos técnicos el desmontaje, reparación, sustitución, montaje y ajuste de los elementos mecánicos de un equipo o instalación. Su perfil deseable es el de personal con una formación secundaria en mecánica, siendo meticulosos, con visión espacial y con capacidad de abstracción. Para comprobar sus habilidades es conveniente realizar pruebas de ingreso mediante test psicotécnicos específicos.

Electricista baja tensión; Todo equipo industrial posee partes eléctricas, necesitándose técnicos especialistas que en este caso trabajan con rangos de tensión comprendido entre los 1000 y los 24 Voltios. Sus responsabilidades son generalmente las siguientes:

- Conexión-desconexión de elementos, equipos, etc.
- Reparaciones de iluminación
- Comprobación y reparación de cuadros eléctricos

- Verificaciones de equipos, como los aislamientos, disparos de mecanismos eléctricos de protección, comprobación de cableado, etc.

Electricista alta tensión; Especialistas dedicado a las instalaciones eléctricas superiores a 1000 V. sus responsabilidades son generalmente las siguientes:

- Revisión de subestaciones eléctricas, en las que se recibe la energía eléctrica de la red de alta tensión. Incluyéndose en esta revisión todos los elementos que componen la subestación: transformadores, seccionadores, mecanismos de protección y embarrados.
- Conexión-desconexión de equipos conectados a líneas de media tensión.

Electrónico; Especialista en las partes electrónicas de los equipos. Su actividad diaria está relacionada con los PLC's, es decir, con los autómatas programables, además de las tarjetas de control, cuadro de mando, sensores de los diversos equipos y los actuadores conectados a los PLC's.

Instrumentista; Electrónico al igual que el puesto anterior, pero especializados en los aparatos de medida, es decir, encargado de los medidores y sensores necesarios para la realización de pruebas a los equipos. Su misión es calibrar, ajustar y reparar los instrumentos de medidas, de los actuadores y de los lazos de control que los gobiernan.

Engrasador; Según el plan establecido de Lubricación de la planta, será el responsable de ejecutarlo según las especificaciones del fabricante de dichos lubricantes utilizados.

Cerrajero; Encargado de las reparaciones de estructuras metálicas, mediante diversas técnicas, soldaduras, forja, fundición, etc.

Hidraulista; Responsable de los sistemas oleohidráulicos de los equipos instalados. Especialidad vital para la óptima función de los equipos.

Especialista de válvulas; Técnico especialista en el mantenimiento, ajuste y reparación de válvulas y elementos de cierre.

Especialistas específicos de las herramientas; Estos puestos lo ocupan personal altamente cualificado en una serie de equipos específicos, como son los soldadores, los fresadores o los torneros.

4.3.2. Formación operarios de producción.

Es muy importante no olvidar que para tener una mínima actuación del departamento de mantenimiento los equipos deben estar en las condiciones óptimas, y una de las actuaciones principales para lograrlo es la colaboración estrecha con los operarios de producción. Por lo cual, para comenzar una estrecha compenetración entre los departamentos debe fomentarse cuatro puntos vitales para instruir a los operarios dentro de las tareas de TPM, estos puntos;

- ✓ Motivación
- ✓ Formación
- ✓ Habilidades
- ✓ Participación

Son la base para lograr no sólo un operario formado, sino también para inculcarle una filosofía que deberá seguir de forma continua.

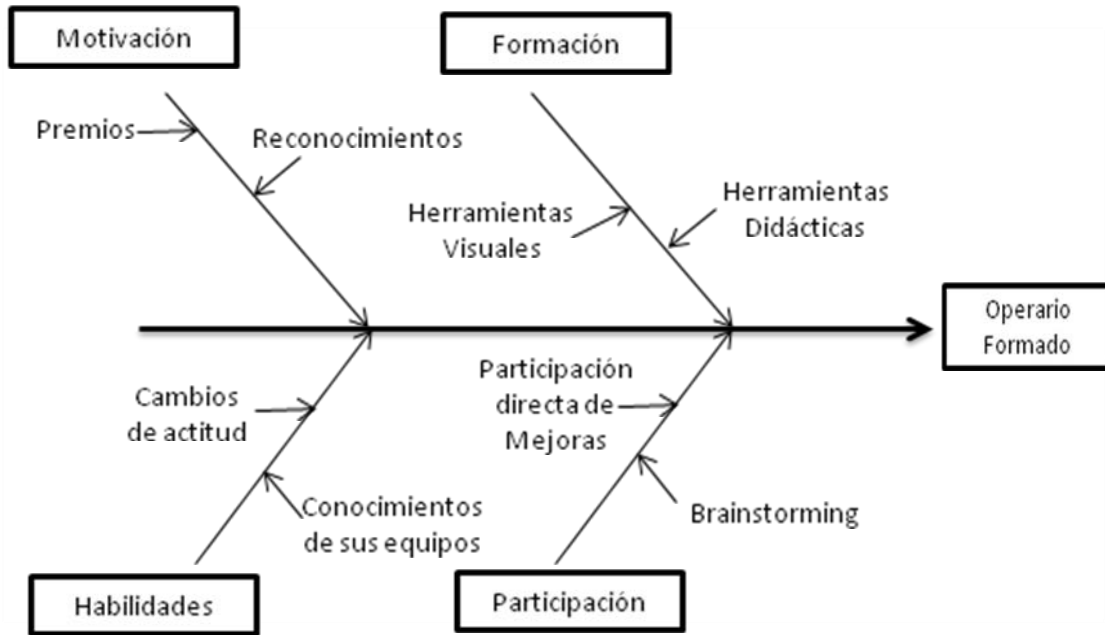


Figura 4.9. Gráfica de Ishikawa del operario formado.

Las actividades de formación deben ser evaluadas comprobándose el progreso que realizan los operarios hacia los objetivos de desarrollo de capacidades y especializaciones y los grados de conocimientos adquiridos.

Esencialmente con esta formación, recogida dentro del pilar de educación y formación, se pretende involucrar al operario en la cultura TPM donde todos se sienten orgullosos de formar parte del mismo propósito de mantener los equipos en las condiciones óptimas, ayudando a mejorar la seguridad en el puesto de trabajo, pero todo esto será inútil si no se mantiene un seguimiento habitual de las tareas programadas por los departamentos de mantenimiento y producción conjuntamente.

4.3.3. Mejoras en Control Visual.

Lo ideal para este equipo o cualquier otro, es la introducción de un control visual detallado.

Un control visual donde destaquen a través de tarjetas los problemas que presentan dicho equipo además de las mejoras oportunas que pueden aplicárseles para tener el equipo en sus mejores condiciones. Para ello, debe realizarse un estudio previo mucho más detallado, ubicándose las distintas tarjetas, ya sean;

- *Tarjetas naranjas*, utilizadas para indicar problemas específicos en el equipo.

- *Tarjetas Verde*, Empleadas para resaltar las posibles oportunidades de mejorar el equipo

- *Tarjetas Rojas*, Destaca los elementos que no son necesarios para la producción, con el espacio para identificar donde fue encontrado el elemento, cual es y lo que hacer con él.

- ✓ ¿Es necesario este elemento?
- ✓ ¿Si es necesario, lo es en esta cantidad?
- ✓ ¿Si es necesario, debe estar aquí?

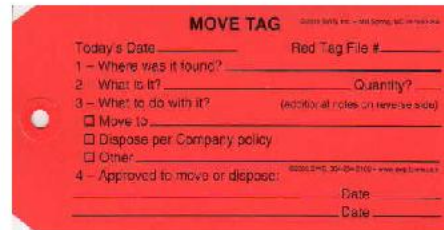


Figura 4.10. Tarjetas Control Visual

Respondidas estas cuestiones, los elementos son identificados y pueden ser:

- ✓ Colocados en una zona intermedia donde van destinado los elementos con tarjeta roja.
- ✓ Desechados.
- ✓ Cambiados de localización.
- ✓ O dejados en el lugar.

Estas tarjetas estarán colocadas en unos casilleros de plásticos cerca de los equipos, de modo que durante la producción los propios operarios del equipo puedan aportar sus conocimientos del equipo indicándolo con las tarjetas. De esta forma se consiguen mejorar los equipos con los conocimientos adquiridos por los operarios y que anteriormente no eran valorados en el mantenimiento.



Figura 4.11. Casillero tarjetas Control Visual.

Este tipo de casillero podrá utilizarse no solo para albergar las tarjetas TPM, sino para cualquier tarjeta elaborada por la empresa y empleada para resaltar otros aspectos o problemas de los equipos.

Además del control visual a partir de tarjetas puede implementarse utilizando otros métodos visuales permanentes en los equipos, de modo que ayuden al operario en el mantenimiento autónomo que realizará sobre dicho equipo. Este tipo de control permanente podemos afianzarlo utilizando manómetros donde nos marque con color llamativo los rangos de operación aceptables o peligrosos, así los operarios pueden dentro de su corto margen de actuación, tomar las medidas oportunas para evitarlos.



Figura 4.12. Manómetros de Control Visual

Podría incluir dentro del mantenimiento predictivo el siguiente artículo, pero como su función principal es un aporte visual al operario que está constantemente con el equipo es obvio que debe ser tratado como un control visual. Por ello las tiras autoadhesivas para indicar las temperaturas de las zonas termosensibles del equipo dan una información permanente de las temperaturas alcanzadas, volviéndose negro cuando se alcanza un exceso de temperatura, siempre dependiendo del rango de temperatura que indique la tira.



Figura 4.13. Tiras autoadhesivas indicadoras de temperatura.

Uno de los principales problemas que se podía contemplar dentro del Proyecto 10 era la falta de visibilidad en el nivel de aceite en el sistema hidráulico, situado bajo la grada del equipo. Este problema visual puede solventarse empleándose las llamadas tarjetas cebras, es decir unas tarjetas cortadas a la medida del indicador de nivel y colocada detrás, de forma que con una panorámica visual pueda comprobarse el nivel real de fluido a una distancia prudencial, sin tener que acercarse en exceso.



Figura 4.14. Tarjeta de cebra.

4.3.4. Implementación de las 5'S

El objetivo principal de las 5S es lograr orden y limpieza en todas las áreas de la empresa (oficinas, empresa, almacén, etc.) Creando una disciplina que a la larga se convierta en cultura y en práctica común. De esta forma poder contribuir a la eliminación de cualquier muda o desperdicio, pudiéndose encontrar cualquier cosa en menos de 30 segundos.

Se debe iniciar el proceso en un área pequeña, bien definida, como ocurre en este caso en el Proyecto 10. Escogiéndose un área que ofrezca buenas oportunidades para mostrar progreso, donde las mejoras sean sencillas y

obvias, y entonces, extenderlo al resto de la empresa. En los comienzos es inevitable que surja rechazo, resistencia a volver a limpiar las cosas que se vuelven a ensuciar, y la creencia de que malgastan tiempo productivo. Por todos estos rechazos es muy importante que el principal apoyo venga de los directivos y que incluso estos las apliquen en sus zonas de trabajo.

✓ **SEIRI (Selección o clasificar);**

Una vez fijadas las metas y objetivos a aplicar, como primer paso debe eliminarse cualquier elemento u objeto no necesarios para la producción.

Al iniciar la implantación del Seiri debe partirse del hecho que rara vez los empleados e incluso directivos ven los desperdicios innecesario frente a sus ojos, por ello, se deben seguir unos ciertos pasos para separar lo necesario de lo innecesario:

1. Estratificación por importancia.

Es un paso donde se debe decidir como separar lo esencial de lo que no lo es, asegurándose que lo esencial se encuentra cerca y a mano para mayor eficiencia. La clave es la habilidad para tomar estas decisiones acerca de la frecuencia de uso y asegurarse que las cosas se encuentran en el lugar apropiado.

Frecuencia de uso	Tipo de cosas	Método de almacenaje
Bajo	Cosas que no se han utilizado en el año o que sólo se han utilizado una vez en los últimos 6-12 meses.	- Desechar - Almacenar lejos.
Medio	Cosas que se han utilizado 1 vez en los últimos 2-6 meses en el área de trabajo.	Almacenar en un lugar central cerca del área de trabajo.
Alto	-Cosas que se usan más de 1 vez al mes. - Cosas que se usan más de 1 vez a la semana. -Cosas que se utilizan a diario.	Almacenar en un lugar cercano al área de trabajo o que el operario lo lleve consigo.

Tabla 4.15. Grado de necesidad de la Selección.

2. Estrategia de tarjetas rojas.

La estrategia de tarjetas rojas es un método muy sencillo de control visual, definido anteriormente en el punto 4.3.3. Mejoras en Control Visual.

3. Áreas de tarjetas rojas.

Un modo de asegurar la necesidad de los elementos descartados, es mediante la creación de un área intermedia de tarjetas rojas, en esta área de almacenaje se colocaran los elementos durante un período de tiempo, en el cual se cuestiona la utilidad que tenían de los elementos de tarjeta roja en la zona donde estaban.

De esta forma, es más fácil concienciar al personal que puede ser necesario y que no lo es. Teniendo cada departamento o área que participa en el programa de tarjetas rojas también necesita un área propia de tarjetas rojas.

✓ **SEITON**; *organización y orden.*

Para llegar a esta segunda S, se necesita tener superada la selección y clasificación de los lugares de trabajo, ya que no es rentable ordenar y organizar los elementos innecesarios.

Para lograr la plena organización de las zonas de trabajo, se necesita conseguir la localización apropiada para cada elemento útil, ya que si una persona desecha una cosa o la pone en otro lado como 200 veces al día y cada acción toma 30 segundos, se está tomando alrededor de 100 minutos al día. Si el tiempo promedio se redujera a 10 segundos, podría ahorrarse más de 1 hora.

✓ **Mapas 5S,**

Lo ideal será utilizar esta herramienta para crear mapas de localización de piezas, accesorios, herramientas, y útiles. Estos mapas se deben elaborar “antes” de implantar el orden y otro “después” de lograr la implantación. Para la elaboración de estos mapas, se deben conocer los principios para almacenaje de herramientas, accesorios y útiles para eliminar el desperdicio. Estos principios son:

1. Localizar los elementos en el área de trabajo de acuerdo con su frecuencia de uso.
 - Los elementos usados con más frecuencia se colocan cerca del lugar de uso.
 - Los elementos de uso infrecuente se almacenan fuera del lugar de uso.
2. Si los elementos se usan juntos, se almacenan juntos, y de acuerdo a su secuencia de uso.

3. Diseñar para las herramientas y equipos un mecanismo de almacenaje tipo “colocación por presión”.
4. Almacenar las herramientas y equipos de acuerdo a su función o producto.
5. Almacenaje conjunto de aquellos útiles o herramientas que se usan para un mismo producto o equipo.

✓ **Estandarización de nombres.**

En numerosas ocasiones pueden encontrarse útiles y herramientas con dos nombres: el nombre real y el nombre que los operarios le han puesto. Otro caso es que existan cosas que no tengan nombre, o que dos cosas tengan el mismo nombre, aunque entre ellas exista una pequeña diferencia. En esos casos, debe tomarse la decisión de cuál utilizar de los dos y elaborar su etiqueta. Esto evitará confusiones entre el personal.

La diversidad de útiles y herramientas que se manejan en las fábricas actuales obligan a tener localizaciones predefinidas para cada cosa, esto conlleva la necesidad de disponer de métodos estratégicos para su localización exacta;

✓ **Estrategias de identificación**

Esta estrategia usa tarjetas o etiquetas para identificar qué, dónde y cuánto. Los tres tipos principales de indicadores son:

- Indicadores de localizaciones.
- Indicadores de elementos.
- Indicadores de cantidad.

✓ Mapas del 5S del después

Una vez implantada la organización se desarrollan mapas 5S donde se indican la localización de piezas, herramientas, plantillas, útiles y máquinas de un área de trabajo.

✓ Estrategia de codificación de colores

Una señal visual clara es la utilización de colores. A partir de esta estrategia de colores se consigue conocer el propósito de uso para máquinas, accesorios, herramientas y útiles.

Similarmente, si tienen que usarse diferentes lubricantes en diferentes partes de un equipo, los contenedores de suministro, lubricadores y partes de la máquina pueden codificarse en colores que indiquen el lubricante a utilizar.

✓ Estrategia de contorno.

El contorno es un medio muy eficaz para saber dónde colocar cada elemento en su sitio.

✓ Guardas transparentes.

Las guardas transparentes consisten en plásticos transparentes de alto impacto, que permite mantener un control de limpiezas en determinados equipos al mismo tiempo que puede adquirirse mayor conocimiento de su funcionamiento.

- **SEISO, Limpieza**

La limpieza diaria debe enseñarse como un conjunto de pasos y reglas que los empleados aprenden a mantener con disciplina.

➤ Paso 1: Metas de la limpieza.

Para comenzar la limpieza es necesario determinar los equipos y las zonas de limpieza, además de los elementos que tengamos almacenados.

➤ Paso 2: Responsabilidad de la limpieza

La responsabilidad de la limpieza de cada área de trabajo es de los operarios que trabajan en ella. Pueden utilizarse dos herramientas:

✓ Mapa de asignación 5S;

En el mapa de 5 S se indica el área y al líder responsable de cada área.

✓ Programas de 5S;

En los programas 5S se muestra en detalles al líder responsable de la limpieza de cada área, los días y las veces.

✓ Tiempo de actividades 5S tan sólo en cinco minutos;

Mediante reuniones “minutos TPM” pueden observarse y detallarse las actuaciones realizadas en los equipos.

➤ Paso 3: Determinar los métodos de limpieza.

La limpieza incluye actividades al inicio, durante y al finalizar la jornada de trabajo, los métodos de limpieza incluyen:

- Definir los objetivos o metas de limpieza y las herramientas para ello.
- Buscar formas de reducir la necesidad de hacer limpieza.
- Crear estándares para procedimientos de limpieza.

➤ Paso 4: Preparar los útiles y herramientas de limpieza.

Se deben aplicar los principios del Orden a las herramientas de limpieza, almacenándolas en lugares donde sea fácil encontrarlas, utilizarlas y devolverlas.

➤ Paso 5: implantar la limpieza.

Lo primero que la gente debe aprender son las funciones y estructuras del equipo que van a utilizar. Con esto, se pueden identificar los posibles problemas y corregirlos. Cuando se realiza la limpieza con inspección, la clave es usar todos los sentidos para detectar anomalías, la inspección no es simplemente una actividad visual, todas las anomalías o ligeros defectos del equipo deben repararse o mejorarse.

La limpieza debe llevarse a la práctica como un hábito diario donde los operarios van desarrollando sus habilidades al comprender los equipos que utilizan.

✓ **SEIKETSU**, *Estandarización*

Los tres pasos para estandarizar la Organización, el Orden y la Limpieza, de modo que se ajusten al día a día como un hábito, son:

➤ Paso 1: asignar la responsabilidad de las tres primeras S,

Las tres primeras S, no tendrán significado si no se les da instrucciones claras al personal de las responsabilidades sobre lo que tienen que hacer, cuándo, dónde y cómo hacerlo.

Las ayudas que se emplean para la asignación de responsabilidades son:

- ✓ Diagrama de distribución del trabajo de limpieza preparado en Seiso.
- ✓ Manuales de limpieza.
- ✓ Tablón de gestión visual donde se registra el avance de cada S implantada.
- ✓ Programa de trabajo Kaizen para eliminar las áreas de difícil acceso, fuentes de contaminación y mejora de métodos de limpieza.

- Paso 2: Incorporar las actividades de las tres primeras S al puesto de trabajo.

Es necesario que las tres primeras S se establezcan de forma natural en el trabajo diario de cada operario, siendo inviable su utilización sólo cuando algo se deteriora.

✓ **5S's Visuales**

El concepto de las 5S's visuales consiste en hacer obvio de una ojeada el nivel de las condiciones de las 5S's, esto es particularmente útil en empresas que manejan una gran variedad y número de materiales.

Un buen modo de capturar la plenitud de las malas condiciones existentes es a través de videos y fotografías. Estos medios reflejan fielmente la situación original que presentan los lugares de trabajo.

✓ **Cinco Minutos de 5S**

Estos cinco minutos de 5S's se deben de tener por lo menos una vez a la semana en cada departamento, área, etc. Con el fin de formar en habito la cultura de 5S's. Lo que se busca que el trabajo de las 5S's sea breve, eficiente y habitual.

- ✓ Paso 3: Verificación del cumplimiento.

Una forma de destacar la importancia que el ordenamiento del área de trabajo tiene para la empresa es verificar periódicamente su cumplimiento. Esto puede lograrse evaluando cada aspecto del área de trabajo con respecto al cumplimiento de cada una de las primeras 3S en una escala de 1 a 5. Para esto, podemos emplear una lista de verificación para evaluar el nivel de estandarización

Sin embargo, cuando el mismo problema se presenta una y otra vez, es el momento de llevar la estandarización al siguiente nivel: **la prevención.**

Con esto logramos una Estandarización Irrompible en los aspectos siguientes:

- ✓ Organización
- ✓ Orden
- ✓ Limpieza

Para lograr la Organización Irrompible, debemos evitar incluso que los elementos innecesarios entren en el área de trabajo.

El Orden Irrompible significa impedir que el Orden se descomponga o deteriore, Para lograr el Orden Preventivo, debemos impedir de algún modo la ineficiencia que resulta de la falta de control del orden de cualquier que resulta de la falta de control del orden de cualquier elemento.

Hay dos modos para lograr esto:

1. *Hacer difícil que las cosas se coloquen en el lugar equivocado*
2. *Hacer imposible que las cosas se coloquen en el lugar erróneo.*

Para hacer una correcta estandarización es de vital importancia que en la elaboración de los estándares participen quienes deben realizar las actividades de las primeras 3"S", esto ayuda a crear un sentido de pertenencia y facilita avanzar en este esfuerzo, además es muy recomendable utilizar la técnica de las 5W + 1H para la elaboración de los estándares. Esta técnica consiste en contestar los 5 por qué y un cómo, es decir: Por qué, Quién, Cuándo, Dónde, Cuánto y Cómo.

✓ **SHITSUKE**, *Disciplina*

Shitsuke no es algo visible y medible como ocurre con las otras 4S, sino que a través de la conducta de los empleados puede vislumbrarse su presencia.

Para lograr implantar el *Shitsuke* plenamente, es necesaria la formación, práctica e inspección de los operarios, de modo que todos estén involucrados en el *kaizen* de sus puestos de trabajo.

Una forma muy útil para lograr la captación de los empleados es a través de herramientas y técnicas que promuevan la práctica de la disciplina, estas herramientas pueden ser:

- ✓ Slogans y posters de 5S,
- ✓ Exhibiciones fotográficas de mejoras,
- ✓ Boletines de 5S,
- ✓ Manuales de bolsillo de 5S,
- ✓ Visitas de 5S a departamentos.

Los directivos deben aportar recursos, estar visiblemente interesados, premiar y reconocer los logros, además de realizar frecuentes visitas a las áreas de trabajo para motivar a los grupos que están implantando las 5S.

A su vez, los empleados deben participar con entusiasmo, ayudar a promover actividades de 5S, tomar la iniciativa en la implantación, solicitar apoyos y recursos para 5S, proponer ideas creativas para implantar las 5S.

Aunque el movimiento de 5S tiene como resultado una notable mejora en las áreas donde se implanta, es más importante *empezar haciendo*, ya que, no importa lo bien que se entienda la teoría, porque esta no produce resultados sino las acciones realizadas, sin olvidarse de realizar las verificaciones con objetividad.

4.3.5. Mantenimiento Autónomo.

Al comienzo de un MA en cualquier tipo de empresa, debe elaborarse una lista con las acciones o actuaciones de las que debe hacerse cargo, por así decirlo, debe estructurarse los pasos a seguir;

- Seleccionar un área piloto y hacer un mapa del proceso.
- Analizar los componentes clave del proceso.
- Hacer una limpieza inicial e inspección
- Recopilar datos y analizarlos, y determinar la Efectividad Operacional del Equipo (OEE).
- Dar prioridad a mejoras.
- Tomar acciones de reparación, limpieza, ordenar refacciones, etc.
- Crear plan de acción para las mejoras.
- Crear listas de verificación de Mantenimiento Productivo (listas de limpieza, lubricación, apriete y ajustes)
- Revisar plan de acción y revisar prioridades
- Tormenta de ideas, roles de mantenimiento preventivo, responsabilidades y frecuencias, completar las listas de verificación.
- Reportar a la gerencia.
- Reconocimiento al equipo.
- Definir el seguimiento al plan de acción (semanal)
- Evaluar resultados.



Una vez los conceptos están definidos, puede comenzarse las actuaciones en el equipo de forma ordenada.

Como se indica anteriormente (punto 4.2.1. inicios del Mantenimiento Autónomo), las actividades aplicadas son las más básicas para los operarios de forma que no interfiera en el tiempo asignado a la producción. Sin embargo,

a menudo este tiempo se ve reducido por problemas de los equipos que podrían evitarse si los operarios actúan en los equipos durante un periodo de tiempo.

La lista de herramientas indicadas en la Figura 4.5. Debe ser mejorada con diversas actividades, como son actuaciones de limpieza en los ejes guías y patines del equipo, donde además de la limpieza pueden encargarse de los pequeños ajustes entre máquina y piezas, además de los sistemas de vacío hidráulicos donde realizan diversas inspecciones que no les debe llevar más de cinco minutos, y que pueden ser recogidas en un Check-List como el presentado debajo de estas líneas.

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

TPM - PROYECTO 10.

INTERVALO	ACCION	OBSERVACIONES	FIGURA
DIARIO	EJES X, Y, Z; GUÍAS Y PATINES	INSPECCIÓN VISUAL LIMPIEZA CON ACETONA, si procede. LUBRICACIÓN, si procede. AJUSTES MECÁNICOS ENTRE PIEZAS Y MÁQUINA TALADRADORA.	
	EJES X, Y, Z; CREMALLERAS DENTADAS Y PIÑÓN	INSPECCIÓN VISUAL LIMPIEZA CON ACETONA, si procede. LUBRICACIÓN, si procede.	
	EJE Y; HUSILLO DE BOLAS	INSPECCIÓN VISUAL LIMPIEZA CON ACETONA, si procede. LUBRICACIÓN, si procede.	
	EJE Y CORREA DENTADA	INSPECCIÓN VISUAL LIMPIEZA CON ACETONA, si procede. LUBRICACIÓN, si procede (aviso a manto.)	
	SISTEMA DE VACÍO AUXILIAR	COMPROBAR LAMPARAS Y PILOTOTS LUMINOSOS. NIVEL DE ACEITE DE LA BOMBA DE VACÍO. COMPROBAR FUNCIONAMIENTO MICROINTERRUPTORES.	
	SISTEMA HIDRAULICO	REVISAR NIVEL ACEITE GRUPO HIDRAULICO.	
	CABEZAL TALADRADO	INSPECCIÓN Y LIMPIEZA, PINZA DE AMARRE HERRAMIENTO, si procede.	

Figura 4.16. Implementación del MA aplicado.

Al mismo tiempo son imprescindibles las auditorías, pudiendo considerarse las piedras angulares para lograr el éxito del programa de MA. Al realizar una cuidadosa auditoria al completar cada paso verificando los resultados logrados y mejorando medidas tomadas durante el trabajo, facilitando la comprensión de los operarios del MA que están desarrollando.

Las auditorias del MA facilitan algo más que meras oportunidades para evaluar el progreso y dar directrices. Actúan asimismo como señales que indican hasta dónde debe llegar cada fase de las actividades. Las auditorias son de hecho la herramienta de dirección más eficaz para lograr que un programa de MA proceda con gran vigor.

4.3.5. Mantenimiento Preventivo.

El mantenimiento subcontratado debe mejorarse en muchos aspectos, primordialmente en los informes de mantenimiento que entregan una vez vencido el mes.

Estos informes deben especificar con algo más de detalles las actuaciones de mantenimiento realizadas durante el mes que corresponda. Estas actuaciones, deben indicar descriptivamente las actuaciones realizadas, el operario de mantenimiento que la realiza y los recursos empleados para la resolución.

De forma detallada, el historial que se va generando del equipo, nos aporta la información de los acontecimientos que le han ido sucediendo durante el periodo de vida del equipo, de manera, que ayude a predecir los periodos de actuación sobre el equipo y así gestionar las actuaciones que necesitara.

Lo ideal para la realización eficaz de un mantenimiento TPM es la actuación conjunta del mantenimiento preventivo, a través de la subcontrata, y el mantenimiento autónomo realizado por los operarios, para ello lo mejor es situar en los paneles TPM las actuaciones de los dos mantenimientos seguidos en el equipo, dividiéndose el panel en tres partes;

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

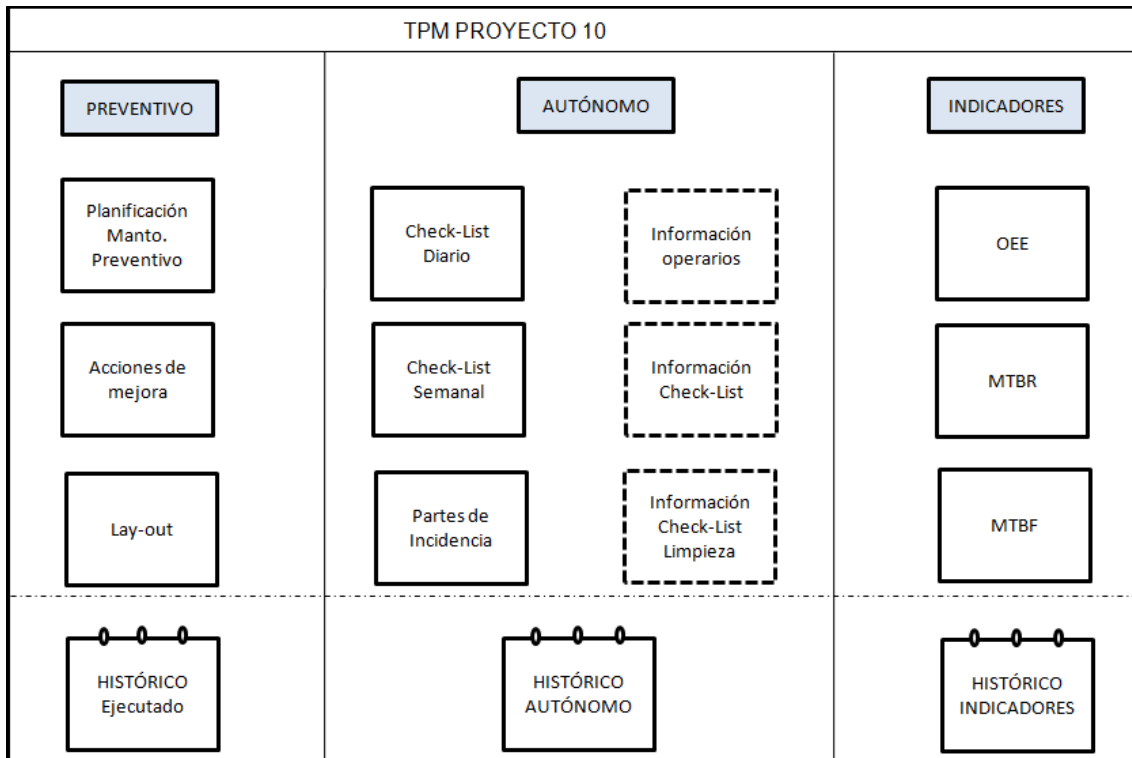


Figura 4.17. Panel correcto de TPM

Preventivo

- *Planificación del MP*; Donde se recoge las acciones planificadas a realizar en dicho equipo con fechas de antelación a la realización, además de recogerse las observaciones oportunas.

Fecha\acción	Actuación	Fecha Planificación	Fecha Ejecución	Observaciones
Enero				
Febrero				
Marzo				
Abril				
Mayo				
Junio				
Julio				
Agosto				
Septiembre				
Octubre				
Noviembre				
Diciembre				

- *Acciones de mejora*; al igual que se realiza en los partes de incidentes del equipo, es necesario recoger las actuaciones positivas que se realizan, de forma que se realiza un histórico de las actuaciones ejecutadas a favor en el equipo.

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

Fecha\acción	Propuesta	Ejecución	Observaciones
Enero			
Febrero			
Marzo			
Abril			
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre			
Octubre			
Noviembre			
Diciembre			

Las acciones de autónomos e indicadores salvo algunas mejoras pueden aplicarse igual que los actualmente elaborados en Airbus.

Autónomo;

- Actuaciones de los operarios en los equipos.
- Check-List Diario
- Check-List Semanal
- Parte de incidencia

Indicadores;

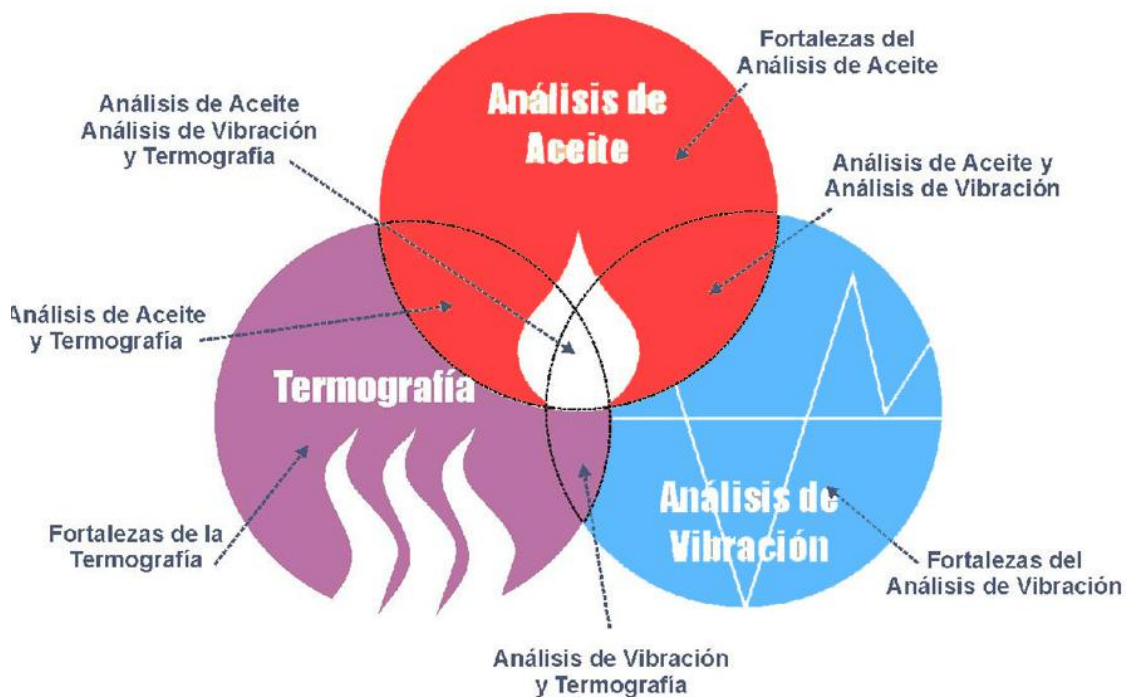
tal y como se recoge en el actual sistema

- OEE
- MTBF
- MTTR

Todas estas separaciones dentro del mismo panel de TPM deben estar complementadas con sus respectivos históricos, ya sea de mejoras ejecutadas en el preventivo, como de actuaciones e indicadores de incidentes.

4.3.6. Mantenimiento Predictivo.

Actualmente la empresa Airbus Puerto Real no contempla plan alguno de realizar un Mantenimiento Predictivo dentro de sus instalaciones, por lo cual puede calificarse a los siguientes puntos como futuras mejoras que deberán desarrollarse en estudios posteriores.



Un mantenimiento Predictivo (PdM) adecuado es aquel que incorpora las tres actividades predictivas vitales para conseguir la mayor efectividad y eficacia de los equipos, de modo que con sus actuaciones conjuntas pueda seleccionarse las herramientas adecuadas para cada anomalía crítica que se produzca en el

equipo. El ideal sería que los expertos contratados para realizar el PdM estuvieran capacitados para realizar las tres tecnologías, al unísono proporcionaría una fortaleza en el control de las posibles anomalías aumentando la confiabilidad del equipo.

➤ Vibración.

Esta técnica predictiva de los fallos en equipos rotativos es actualmente la más empleada en las industrias de procesos, donde a través de un estudio de los niveles de vibración del equipo.

Los fallos más habituales que se pueden producir en el Proyecto 10 son debidos a desequilibrios en los ejes y correas del equipo, problema resoluble, modificando o reparando los elementos que causan la incorrecta distribución de pesos anormal en torno al eje de rotación del equipo, por falta de algún elemento, por una mala distribución de pesos, por incrustación de residuos, deformaciones, roturas, etc.

Además de este tipo de desequilibrio el Proyecto 10 debe a través de este mantenimiento evitar los problemas que surgen desalineamiento en los ejes, que suele ser una fuente de vibración fácilmente corregible, y causa más el 30% de los problemas de vibración que se detectan en la industria. Es importante alinear los equipos al instalarlos, comprobar la alineación anualmente y realizarla siempre que el equipo esté siendo intervenido por otras causas.

➤ Lubricación.

Mediante los análisis de aceites se determina el estado de la máquina como del lubricante. El aceite transmite información sobre las superficies lubricadas, arrastrando las partículas de desgaste de la zona de contacto, proporcionando información sobre las partes internas del sistema hidráulico, de los engranajes

y de cualquier elemento lubricado del equipo. Por tanto, el análisis de aceite proporciona información del estado del equipo.

En el Proyecto 10 los análisis de lubricación debe centrarse en:

- Bomba del circuito de Refrigeración
- Bomba de vacío
- Grupo Hidráulico
- Ejes X, Y y Z.
- Correo Dentada.

A través del análisis del aceite puede estudiarse el estado del equipo al poder analizarse la contaminación de partículas metálicas que se han ido agregando al aceite del equipo. Al mismo tiempo se puede comprobar la degradación que el aceite ha sufrido, al ir perdiendo su capacidad lubricante causadas por variaciones de sus propiedades físicas y químicas y sobre todo, por la modificación de los aditivos que contiene.

Es importante matizar que la contaminación y la degradación no son fenómenos independientes, ya que la contaminación es causante de degradación y esta última puede propiciar un aumento de la contaminación.

➤ Termografía.

La termografía es una técnica que produce una imagen visible a partir de radiación infrarroja invisible para el ojo humano, y que es emitida por los objetos de acuerdo a la temperatura superficial que tengan. Esta técnica es aplicada a través de unas cámaras que miden la temperatura de cualquier objeto o superficie y produce una imagen con colores que refleja la distribución de temperaturas, estas imágenes son llamadas Termografía o termograma.

Con esta herramienta es posible detectar, verificar y determinar las variaciones de temperatura que se producen en los componente/s del equipo, de forma que puede detectarse fallos que comienzan a gestarse y que pueden producir en el futuro cercano o a medio plazo una parada del equipo y/o un siniestro afectando a personas e instalaciones.

Las inspecciones termográficas que permitirían realizarse en Airbus Puerto Real, tendrían su base en los sistemas electrónicos como el mando de control, cableado, armarios de conexiones, que pueden a lo largo de su vida operativa sufrir elevaciones de temperaturas como consecuencia de un aumento anormal de su resistencia óhmica, al encontrarse las conexiones sucias, corroídas o con sus aislantes degradados. Por lo cual, debe definirse una ruta de inspección adecuada para evitar dichas anomalías, ello se realizará a través de las siguientes etapas:

1. Inicialmente tendrá que realizarse una planificación de la inspección en los períodos en los que las condiciones son más desfavorables, como son los períodos de alta producción del equipo.
2. Realizar una evaluación y clasificación de las variaciones de temperaturas detectadas.
3. Emitir informes de los componentes defectuosos, identificando las anomalías, el grado de urgencia y las posibles actuaciones a realizar.
4. Seguimiento de la reparación.
5. Revisión una vez concluida la reparación para evaluar y cerrar el seguimiento de la actuación.

6. Emisión informe de lo realizado, añadiendo los repuestos y herramientas empleados, además de las fechas de inicio y finalización de las actuaciones.

Para lograr el éxito en la implantación de cualquier sistema, es necesaria la formación de todo el personal responsable de la planta. La fuerte inversión inicial al instalar este tipo de sistema no se recupera si la formación del personal es inadecuada o inexistente. Llegándose a una situación de desconfianza frente al sistema o hacia la estrategia de mantenimiento predictivo.

Las importantes ventajas que se obtienen a partir del Mantenimiento Predictivo son:

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.

- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.

4.4. Indicadores de efectividad TPM.

Para conocer la marcha del Departamento de Mantenimiento, decidir si aplicar cambios o modificaciones de los equipos, debe definirse una serie de parámetros que permitan evaluar los resultados que se están obteniendo en el área de mantenimiento. Uno de los aspectos primordiales es la definición de los indicadores que nos aportarán información útil, de tal forma que no se corra el riesgo de tomar datos que no aporten valor alguno.

Cuando se dispone de un sistema GMAO, el cálculo de estos indicadores es mucho más rápido, automatizando su cálculo, elaborando un informe que los contenga todos. Una ventaja adicional es que una vez automatizado, pueden generarse informes con la periodicidad que se desee y con el mínimo esfuerzo.

Indicador	Objetivo
OEE	80-90%
MTBF	↑
MTTR	↓
Manto. Planificado	> 85%
t. medio resolución OT	↓
IMProg.	>85%
IMC	8%
IME	2%
Íf	0%
Ip	0%

Tabla 4.18. Indicadores para el Panel de TPM.

A través de la tabla anterior pueden definirse parámetros poco estudiados en el equipo del Proyecto 10 y que necesariamente van vinculados a las actividades TPM para lograr la máxima optimización del equipo, por ello para la resolución de esta tabla se emplean las siguientes fórmulas:

- Indicador OEE

Uno de los indicadores más importantes que debe conocerse en cualquier planta es la disponibilidad de cada línea de producción que poseen.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por Manto.}}{\text{Horas totales}}$$

Así como el rendimiento y calidad del proceso (ver Figura 3.9. Cálculo eficacia global de la planta) que se está realizando, por tanto el indicador OEE es el producto de los tres factores en que puede dividirse las seis grandes pérdidas de los equipos.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

- MTBF (tiempo medio entre fallos)

Permite conocer la frecuencia con que suceden las averías;

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Nº horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{Nº de Averías}}$$

- MTTR (tiempo medio de reparación)

Con este tiempo desde el descubrimiento de la avería hasta su reparación puede conocerse la importancia de dicha avería en el equipo.

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ hora de paro por avería}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

Para simplificar los cálculos puede realizarse la siguiente operación con los indicadores;

$$\text{Disponibilidad por averías} = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF}$$

- Índice de cumplimiento planificado;

Es la proporción de orden de actuación que se acabaron en la fecha programada o con anterioridad, sobre el total de órdenes de mantenimiento. Es un indicador del grado de acierto de la planificación.

$$\text{Índice Planificado} = \frac{n^{\circ} \text{ Órdenes acabadas en la fecha planificada}}{n^{\circ} \text{ Órdenes totales}}$$

- Tiempo medio de resolución de una orden de trabajo;

$$\text{tiempo medio O.T.} = \frac{n^{\circ} \text{ O.T. resueltas}}{N^{\circ} \text{ horas dedicadas al Manto.}}$$

- Índice de mantenimiento programado (IMProg);

Porcentaje de horas de invertidas en la realización de Mantenimiento Programado sobre las horas totales dedicadas al mantenimiento.

$$IMProg = \frac{\text{horas dedicadas a Manto.Programado}}{\text{Horas totales dedicadas a manto.}}$$

- Índice de Correctivo (IMC);

Porcentaje de horas invertidas en la realización de Mantenimiento Correctivo sobre las horas totales dedicadas al Mantenimiento.

$$IMC = \frac{\text{horas manto.correctivo}}{\text{Horas totales manto.}}$$

- Índice de Emergencias;

Porcentaje de horas invertidas para la realización de ordenes de trabajo con prioridad máxima sobre las horas totales de mantenimiento.

$$IME = \frac{\text{horas órdenes trabajo prioritarias}}{\text{horas totales manto.}}$$

- Índice de frecuencia de accidentes, If;

$$If = \frac{n^{\circ} \text{ accidentes con baja} \times 1.000.000}{\text{horas trabajadas}}$$

- Índices de jornadas pérdidas, Ip;

$$Ip = \frac{n^{\circ} \text{ de jornadas perdidas} \times 1.000}{\text{horas trabajadas}}$$

Además de estos indicadores que deberán situarse *in situ* en la zona del Proyecto 10, es necesario tener un historial de indicadores más detallados donde se incluyan los indicadores de formación del operario e incluso de costes (descrito en el capítulo 5 de este proyecto).

Indicador	Objetivo
% Horas formación/anual	↑
% Desarrollo formación	80-90%

- Proporción de horas dedicadas a formación;

Porcentaje de horas anuales dedicadas a formación, sobre el número de horas de trabajo.

$$\text{horas formación} = \frac{\text{horas dedicadas a formación}}{\text{horas totales Manto.}} \times 100$$

- Proporción de desarrollo del programa;

Porcentaje de horas de formación realizadas sobre el total de horas de formación programada.

$$\text{Desarrollo} = \frac{\text{horas de formación realizadas}}{\text{horas de formación programadas}} \times 100$$

4.5. Conclusiones

Como conclusión a de aclararse la inevitable separación que existe entre las actividades que realizan los departamentos de la factoría Airbus Puerto Real, por ello, debe definirse con claridad las actividades que realizaran para una propicia implantación y adaptación al TPM.

- Departamento de Producción.

El departamento de Producción, con los operarios directos del equipo, debe centrarse en la prevención del deterioro, construyendo siempre el MA alrededor de tres objetivos:

- Evitar el deterioro.
- Medir el deterioro.
- Predecir y restaurar el deterioro.

Estos tres objetivos deben ser la base para el MA, pero es esencial establecer un previo acondicionamiento del equipo realizando actividades de limpieza, lubricación y aprietes de piezas para evitar el deterioro acelerado. Conjuntamente con las revisiones de las 5S, esta es una de las responsabilidades más básicas del departamento de producción.

➤ Departamento de Mantenimiento

El departamento de producción es el factor clave del equipo. Principalmente, debe poner sus esfuerzos en el mantenimiento planificado, en el predictivo y en el correctivo, concentrándose en medir y restaurar el deterioro. Debe asumir que sus funciones no son las de un taller de reparaciones, restaurando el equipo averiado, su verdadera tarea es elevar la mantenibilidad, operatividad y seguridad a través de actividades perfiladas para identificar y lograr condiciones óptimas en el equipo. Esto requiere al departamento de mantenimiento un esfuerzo constante en aumentar sus conocimientos y capacidades a través de mejoras continuas.

Por último, es fundamental que el departamento de mantenimiento siempre piense, planifique y actúe concertadamente con el departamento de producción aumentándose las posibilidades de mejorar las actuaciones.

Capítulo 5: Análisis Económico

5.1. Factores del análisis económico

Si el sistema de TPM está bien implantado, la inversión se recupera en un plazo inferior al de amortización a través de los beneficios obtenidos, tales como:

- ✓ *Descuentos en pólizas de seguros*, las aseguradoras proporcionan beneficios a aquellas máquinas que estén bien protegidas.
- ✓ *Aumento de la fiabilidad de los activos*, al conocer mejor éstos, sus modos de fallos y permitir, en consecuencia introducir las mejoras necesarias para aumentar el MTBF.
- ✓ *Mejora de la disponibilidad*, poder programar las intervenciones sobre los equipos, siguiendo la evolución de estos.
- ✓ *Mejora de la calidad*, al tener los equipos en condiciones óptimas se asegura la calidad de los productos obtenidos.
- ✓ *Aumento de la seguridad*, al disponer de un mantenimiento constante, los equipos no suponen riesgo para los operarios que los manejan ni para el medio ambiente.
- ✓ *Aumento de las capacidades*, los operarios son capaces de solucionar los problemas que anteriormente eran remitidos al departamento de mantenimiento, disminuyendo así los costes de reparaciones.

Un modo de poder medir la evolución del sistema para lograr los anteriores beneficios es a través de indicadores de costes, que nos aportan información de los costes realizados en el departamento de mantenimiento y por tanto de la utilización de recursos para la resolución de anomalías.

Es necesario realizar una tabla de costes que no se añadirá a las expuestas en el panel de TPM, pero que también es necesaria para la completa evolución del TPM.

- Costes fallos inesperados;

Su cálculo se realizara mensualmente siempre y cuando se produzcan fallos en los equipos, estos fallos deberán ser comparados con los fallos que se producían antes de la implantación del TPM, de modo que pueda destacarse los beneficios que este proporciona.

- Costes de mano de obra;

Este coste nos proporciona las horas de mantenimiento sobre los costes total de la mano de obra de mantenimiento. La reducción de este coste es uno de los puntos fundamentales del TPM, ya que al implantar un MA se comienza la misión de minimizar las actuaciones por parte de mantenimiento en el equipo.

$$\text{Costes mano de obra} = \frac{n^{\circ} \text{ horas manto.}}{\text{Coste total de la mano de obra de manto.}} \times 100$$

- Costes horas extras mantenimiento;

Indicador que nos evalúa las emergencias inesperadas del equipo desde el punto de vista del coste. A través de este índice pueden estudiarse las horas dedicadas a labores de mantenimiento correctivo de urgencia y puede medirse su disminución con la práctica del TPM.

$$\% \text{ coste horas extras manto.} = \frac{\text{Coste horas Extras manto.}}{\text{Coste horas extras total de la empresa}} \times 100$$

- Costes de materiales;

Los materiales empleados en el Proyecto 10, como en cualquier otro equipo de Airbus, son muy diversos siendo lo ideal realizar subdivisiones de los indicadores de materiales empleados, para finalmente convergerlos todos en la siguiente fórmula que dará los costes de materiales de forma generalizada, indicando los costes otorgados a dicho equipo.

$$\text{Costes materiales} = \Sigma \text{ coste material empleado}$$

Además en estos costes deben incluirse los materiales consumibles, como son los aceites lubricantes, filtros de aire, ropa de protección de los operarios, etc.

- Costes de subcontrata;

La importancia del TPM para reducir las horas de mantenimiento a través de actitudes y habilidades a los operarios, provoca una disminución necesaria de los costes de mantenimiento subcontratado que posee actualmente Airbus, siendo lo ideal una reducción del 35 al 64 % del costo total de la empresa destinado al mantenimiento de sus equipos.

$$\% \text{ coste subcontrata} = \frac{\text{coste subcontrata}}{\text{Coste total del Manto.}} \times 100$$

Actualmente Airbus Puerto Real al insertar un sistema de TPM en sus instalaciones está intentando ahorrar un porcentaje importante del mantenimiento de los equipos, de modo que a través del pilar MA realizado por los operarios se produce un ahorro en intervenciones que evaluado al tiempo supone un beneficio económico para la empresa.

- Costes de medios auxiliares;

Es la suma de todos los medios auxiliares que ha sido necesario alquilar o contratar.

Al finalizar esta etapa del estudio de costes, es un índice motivador para los departamentos el cálculo del costo de Mantenimiento por el Valor de Reposición (CMRP), donde se pondrá de manifiesto el coste invertido en mantenimiento del equipo al relacionarlo con el valor de comprar un equipo nuevo. Este porcentaje puede de manifiesto la necesidad de mantener los equipos en sus máximas condiciones ahorrando un coste importante en la empresa de maquinaria.

$$CMRP = \frac{\Sigma \text{Coste Total Manto.}}{\text{Valor Reposición}} \times 100 = \frac{\Sigma CTMN}{VRP} \times 100$$

Este sistema de cálculo de costes mensuales es un trabajo engorroso si se realiza de forma manual, siendo necesaria la introducción de un sistema informatizado del presupuesto de mantenimiento, donde el sistema de gestión del presupuesto de mantenimiento calcula, asigna y totaliza los presupuestos de mantenimiento. Generándose la siguiente clase de información:

- Informes de trabajos de mantenimiento observando el gasto actual y los presupuestos de períodos de distintos años.
- Utilización de programas que agrupe información de planes de trabajo, costes, materiales previstos y stocks de materiales, de esta forma se podrá calcular los fondos a destinar.
- Listar las prioridades de mantenimiento, paradas programadas, etc.
- El sistema debe generar datos de MTBF del pasado junto con detalles sobre las fechas en la que se prevé que el equipo termine su vida útil.

El sistema debe proporcionar datos que comparen el coste de mantenimiento en condiciones óptimas del equipo con las pérdidas que prevé provocarán los fallos o averías.

5.2. Análisis Económico Proyecto 10

Durante los 6 meses que duró la elaboración de este PFC, se pudo recopilar información para elaborar un análisis económico de los factores anteriormente descritos, antes y después de aplicar la metodología TPM.

Los resultados en un período de tiempo tan corto fueron notablemente positivos, donde se dio de manifiesto que esta filosofía de mantenimiento es la ideal para reducir costes que surgen en una fábrica y que se da por hecho que son inevitables. El primer análisis de factores donde puede verse los beneficios del TPM está recogido en la siguiente tabla:

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

FACTORES	ANTES TPM	DESPUÉS TPM	Objetivos
MTBF (Días)	2	6	↑
Costes fallos inesperados	63 %	25 %	0 %
MTTR (Horas)	3,2	1,33	↓
Costes mano de obra	34 %	17 %	15 %
Costes Subcontrata	80 %	74 %	35 al 64 %

Tabla 5.1. Análisis de factores TPM aplicados

Como puede apreciarse, durante los primeros meses de estudio de la metodología no se realizó intervención alguna en el equipo, denotándose en la tabla una mejora sustancial al aplicar TPM durante los tres meses siguientes.

Si analizamos exhaustivamente los resultados obtenidos, comparándolos con los objetivos marcados por Airbus para un plazo de un año, podemos destacar la importancia del MA por parte de los operarios al aumentar considerablemente los días entre fallos, MTBF, ya que la labor de estos, genera una condición óptima al equipo que reduce sustancialmente las averías y por consiguientes los fallos repetitivos, al tiempo que ayuda a reducir las horas medias de reparación, MTTR, al tener el operario conocimientos suficientes para poder detectar e incluso reparar averías de pequeño calibre en el menor tiempo posible.

Estos factores tienen como principal beneficio la reducción considerable de actuaciones de la empresa subcontratada, que aunque en un principio no se aprecien grandes cambios, está ir relegando trabajo en los operarios obteniéndose grandes beneficios económicos, ya que actualmente la empresa subcontratada reporta para Airbus Puerto Real, un gasto del 80% del presupuesto destinado al mantenimiento de los equipos.

A demás, de estos factores directos de beneficios económicos apreciables desde el principio de la implantación de TPM, no puede olvidarse otros factores quizás menos directos pero de igual o mayor importancia, ya que su reducción, genera indirectamente un beneficio económico apreciado a largo plazo.

FACTORES	ANTES TPM	DESPUÉS TPM	Objetivos
IMC	69 %	56 %	8 %
IME	10 %	9 %	2 %
If	13 %	13 %	0 %
Ip	9 %	7 %	0 %

Tabla 5.2. Análisis factores indirectos TPM

Alcanzar estos objetivos es una labor ardua y continua en el tiempo, por ello, sus beneficios sociales y económicos no son apreciables desde el momento que comienza el TPM.

- Mantenimiento Correctivo, IMC.

Como puede apreciarse en IMC, todavía es imposible desvincular las actuaciones en el equipo con este tipo de mantenimiento, obteniéndose en un período de tres meses una reducción que aunque considerable aún muy lejos de los objetivos planteados, y por consiguiente, no apreciándose la reducción económica que supone disminuir las actuaciones de la empresa subcontratada en el equipo.

Este factor también indica la mejora continua que se está implementando en los equipos, ya que estos operan en sus condiciones óptimas sin que se produzcan fallos inesperados, generándose un beneficio apreciable en el factor CMRP, que calculado anualmente informa del porcentaje de beneficio que supone mantener un equipo en comparación con la inversión de uno nuevo.

- Índice de mantenimiento de emergencias, IME.

Índice que debe disminuir a medida que se arraigan las tareas de los operarios, estos gracias a la formación que reciben periódicamente lograrán actuar sobre el equipo antes de que se produzcan emergencias. Por lo cual, este índice también nos informa de la reducción de actuaciones del mantenimiento subcontratado, que por estas horas extras incrementa su presupuesto.

- Índice de frecuencia de accidentes, If e índice de jornadas pérdidas, Ip.

Factores indirectos pero con gran valor socioeconómico, ya que, su reducción supone una mejora de la seguridad de las instalaciones para los operarios y equipos.

A través de estos dos índices, Airbus Puerto Real pretende no sólo reducir las pérdidas económicas de equipos sino reducir los posibles accidentes de los operarios, y por consiguiente, reducir la pérdida de mano de obra valiosa.

Estos dos índices, cobran gran importancia al aplicarse el TPM, ya que uno de los pilares fundamentales es la seguridad, ya no sólo del equipo sino del operario que lo maneja, que debe sentirse cómodo y por tanto seguro de las labores que realiza sobre el equipo. POI08Y7

Capítulo 6: Anexos

ANEXO 0. Glosario de palabras TPM

- **Activos:** los equipos empleados en la planta.
- **Autómata:** Máquina capaz de realizar distintas acciones sobre un sistema en función del estado y evolución de dicho sistema y de unas acciones sobre el mismo.
- **BM:** Mantenimiento de Averías.
- **Borde de ataque:** Zona anterior del cajón que se enfrenta al aire.
- **CBM:** Mantenimiento Basado en Condiciones.
- **CM:** Mantenimiento Correctivo.
- **CNC:** contracción de Computer Numerical Control. Unidad de control numérico con calculador integrado que permite mayor capacidad respecto a los controladores numéricos tradicionales. Por ejemplo, autotest de averías.
- **Eje:** dirección principal a lo largo de la que se producen los movimientos relativos de la herramienta y de la pieza. Se utilizan generalmente tres ejes lineales, perpendiculares entre sí, designados por X, Y y Z, pudiendo haber hasta tres movimientos alrededor de estos ejes, los cuales se suelen designar por A, B y C, respectivamente.
- **Gemba:** Lugar de Trabajo.
- **HTP** (Horizontal Tail Plane o estabilizador horizontal): dícese del conjunto del cajón y el timón.
- **Kaizen:** Palabra japonesa que traducida significa Mejora Continua.
- **Layout:** Disposición de la planta, especificando la ordenación de los procesos, maquinas, equipos asociados y áreas de trabajo.

- **MA:** Mantenimiento Autónomo.
- **MTBF:** Mean Time Between Failures, Tiempo Medio Entre Fallos.
- **MTTR:** Mean Time To Repair, es decir Tiempo Medio entre Reparaciones.
- **Muda:** Desperdicios.
- **Outputs/inputs:** Salidas y Entradas.
- **Peck-drill:** Taladro de avance positivo.
- **Período de cobertura:** Es aquel periodo entre dos operaciones de mantenimiento sobre el mismo medio productivo. Dentro de este periodo el medio productivo tiene menor probabilidad de averías.
- **PdM:** Mantenimiento Predictivo.
- **PM:** Mantenimiento Preventivo
- **QA:** siglas de Quality Assurance, es decir Mantenimiento de la Calidad.
- **RCM:** Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad, siglas procedente del nombre Reliability Centered Maintenance.
- **SCRAP:** Deshechos de productos que no cumplen los requisitos establecidos de calidad.
- **SMED:** siglas de Single Minute Exchange Die, metodología que analiza y reduce el tiempo necesario para cambiar un proceso desde que se produce una pieza/producto buena hasta que se produce la siguiente.
- **TBM:** Mantenimiento Basado en Tiempo siglas procedente de Time Based Maintenance.
- **Transductor:** elemento que transforma una variable física vibración en una señal eléctrica.

- **Utilaje:** Montaje de elementos que determina la unión entre la pieza y la máquina donde se mecaniza.

ANEXO 1. Aeroplanos de AIRBUS S.L.

Hoy en día la gama de aviones que se fabrica en Airbus se ha incrementado notablemente, siendo una de las industrias punteras en la fabricación y desarrollo de nuevos aviones. Que se dividieron en cuatro familias:

Beluga

Diseñado para el transporte de grandes piezas de otros aviones Airbus, desde los centros de producción hasta la sede central en Toulouse. Gracias a su diseño único ha sido utilizado para el transporte de carga civil, como en el caso del huracán Katrina, como para transporte militar.



Familia A300/A310

A300-600: Widebody diseñado para una máxima eficiencia en vuelos con un máximo de 7700 Km y con una capacidad para 266 pasajeros.

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340



Primer vuelo del A300 en 1972.

A300-600F: fue diseñado como avión de carga alcanzando los 3700 Km. Y una capacidad de transportes de 15 a 21 “pallet”.



A310: desarrollado en 1987, siendo una versión reducida del A300, más confortable y versátil, con capacidad para 220 pasajeros. Con este avión se consigue alcanzar los 9600 Km.



Familia A320

A318: 107 pasajeros con un alcance de 6000 Km.



A319: modelo muy utilizado para vuelos transcontinentales dentro de Europa, con una capacidad de 124 pasajeros y alcance de 6800 Km.



A320: 150 pasajeros y un alcance máximo de 5500 Km.



A321: el más grande de la familia de los A320, tiene una capacidad para 185 pasajeros y un alcance máximo 5600 Km.



Familia A330/A340

A330-200: El miembro de la serie A330 con el fuselaje más corto proporciona a las líneas aéreas una excelente autonomía y capacidad de carga.

Con una longitud de 59 metros posee una capacidad de 253 pasajeros distribuidos en tres clases o de 293 pasajeros distribuidos en dos clases. Su alcance es de 12500 Km.



A330-200F El avión de carga A330-200 es el único avión de tamaño mediano para rutas de larga distancia para fletar todo tipo de carga, capaz de transportar 64 toneladas a lo largo de 7.400 Km, o bien 69 toneladas en hasta 5.930 Km. configurado en el modo de carga útil. La entrada en servicio del primer avión de carga A330 está prevista para el segundo semestre de 2009.



A330-300: El A330-300 es el mayor miembro de la serie bimotor A330, con un peso máximo al despegue de 275 toneladas métricas. Con un alcance de 10500 Km. Y una capacidad de 295 a 335 pasajeros.



A340-200: el avión cuatrimotor que permitió a las líneas aéreas hacer recorridos de larga distancia sin escalas entre ciudades que antes lo exigían, gracias a su alcance de 14800 Km y 239 asientos.



A340-500: Opera la línea aérea más larga del mundo llevando a 313 personas desde Singapur a Nueva York en un vuelo sin escalas de 18 horas (tiene un alcance de 16700 Km.).

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340



A340-600: posee una capacidad de 380 pasajeros, similar a la del boeing 747, pero con el doble de capacidad de carga en sus bodegas. Su alcance es de 14600 Km. Iberia posee ocho de estos aparatos en su flota.



Familia A380

A380: marca una nueva era en el transporte, con dos gabinas para 555 pasajeros y una bodega de carga, puede alcanzar un máximo de 15000 Km.



A380F: Versión de carga del modelo anterior, capaz de llevar 150 toneladas de carga a 10400 Km. de distancia.



Una quinta familia actualmente en proceso de desarrollo, sería la Familia A350.

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

A350-800: Capacidad para 253 pasajeros distribuidos en tres clases y un alcance de 16300 Km.



A350-900: algo mayor que el A350-800, el cual será capaz de transportar 300 pasajeros a 13700 Km.



A350-1000: Con capacidad para 350 pasajeros y un alcance de 14800 Km.



A400M

Destacar un avión turbopropulsor con cuatro motores turbo hélices y una capacidad de 25 Tn, de alta velocidad expresamente diseñado para encontrar las necesidades armonizadas de naciones europeas de la OTAN y que igualmente realizará las exigencias de otras fuerzas aéreas en el mundo entero.

Está previsto su primer vuelo a finales de 2008 y entre en servicio en 2009.



Por último mencionar los aviones de lujo que se elaboran

Airbus Corporate Jetliner (ACJ)

La familia Airbus Corporate Jetline (ACJ) es el grupo de reactores corporativos de primera calidad más modernos y espaciosos de su categoría. La Familia ACJ, que lleva en servicio más de cinco años, esta familia se lanzó en 1997

con el ACJ que, en su configuración más habitual, acomoda entre 19 y 50 pasajeros.

A diferencia de sus competidores menores, los ACJ pueden volar de una forma eficiente rutas de corto y medio alcance, así como las intercontinentales de largo alcance, ofreciendo un confort imbatible y una excelente fiabilidad.



Aviones VIP de fuselaje ancho (widebodies)

Al igual que todos los demás aviones de pasajeros de Airbus que se están fabricando, el A330, el A340 y el A380 son los diseños más modernos de reactores de su categoría, y ofrecen un confort supremo así como capacidades de servicio VIP con un Confort sin igual en un entorno extraordinario.



Por último, destacar las instalaciones que Airbus dispone en suelo español situadas en distintos puntos, como son las plantas de Illescas (Toledo), Getafe (Madrid) y Puerto Real (Cádiz).

- Airbus Getafe: Centro especializado en ingeniería, diseño / cálculo y montaje de grandes componentes en fibra de carbono.
- Airbus Illescas: Centro de excelencia en fabricación de materiales compuestos elementales (revestimientos, largueros, costillas.)
- Airbus Puerto Real: Centro de excelencia en montajes automatizados.

ANEXO 2: Just In Time (JIT)

Tuvo su origen en la empresa automotriz Toyota y por tal razón es conocida mundialmente como Sistema de Producción Toyota. Dicho sistema se orienta a la eliminación de todo tipo de actividades que no agregan valor, y al logro de un sistema de producción ágil y suficientemente flexible que dé cabida a las fluctuaciones en los pedidos de los clientes.

Las desventajas en la vida cotidiana de las empresas y que impiden su funcionamiento eficaz y al mínimo coste son los que se enumeran a continuación:

- almacenes elevados;
- plazos excesivos;
- retrasos;
- falta de agilidad, de rapidez de reacción;
- emplazamiento inadecuado de los equipos, recorridos demasiados largos;
- tiempo excesivo en los cambios de herramientas;
- proveedores no fiables (plazos, calidad);
- averías;
- problemas de calidad;
- montones de desechos, desorden;
- errores, faltas de piezas;
- despilfarros (hombres, tiempo, materiales, equipos, locales).

Los conceptos fundamentales en los que se basa el sistema JIT y a través de los cuales se desarrolla toda la filosofía de producción son los siguientes:

1. La flexibilidad en el trabajo (shojinka) que permite adecuar el número y funciones de los trabajadores a las variaciones de la demanda.
2. El fomento de las ideas innovadoras (soifuku) por parte del personal para conseguir mejoras constantes en el proceso de producción.
3. Y, el autocontrol de los defectos (jidoka) por parte de los propios procesos productivos para impedir la entrada de unidades defectuosas en los flujos de producción.

El JIT tiene cuatro objetivos esenciales:

1. *Atacar los problemas fundamentales.* A la cultura japonesa le encanta representar los conceptos con imágenes. Para describir el primer objetivo de la filosofía JIT, atacar los problemas fundamentales, los japoneses utilizan la *analogía del río de las existencias*. El nivel del río representa las existencias y las operaciones de la empresa se visualizan como un barco que navega río arriba y río abajo. Cuando una empresa intenta bajar el nivel del río (o sea reducir el nivel de existencias) descubre rocas, es decir, problemas. Hasta hace bastante poco, cuando estos problemas surgían en las empresas de los países occidentales, la respuesta era aumentar las existencias para tapar el problema. Así pues tenemos como problemas y soluciones las siguientes:

PROBLEMA (rocas)	SOLUCION JIT
Máquina poco fiable	Mejorar la fiabilidad
Zona con cuellos de botella	Aumentar la capacidad
Tamaños de lote grandes	Reducir el tiempo de preparación
Plazos de fabricación largos	Reducir colas, etc., mediante un sistema de arrastre
Calidad deficiente	Mejorar los procesos y / o proveedor

2. *Eliminar despilfarros.* El segundo objetivo de la filosofía JIT se puede expresar mediante una frase que se utiliza con frecuencia en las fábricas japonesas más eficientes, “eliminar el muda” (muda significa desperdicio o despilfarro en japonés). Despilfarros, en este contexto, significa todo lo que no añade valor al producto.

Eliminar despilfarros implica mucho más que un solo esfuerzo de una vez por todas. Requiere una lucha continua para aumentar gradualmente la eficiencia de la organización y exige la colaboración de una gran parte de la plantilla de la empresa. Si queremos que la política sea eficaz no se puede dejar en manos de un “comité para la eliminación de despilfarros”, sino que tiene que llegar a cada rincón de las operaciones de la empresa.

3. *Buscar la simplicidad.* Los enfoques de la gestión de la fabricación que estaban de moda durante los años setenta y principios de los ochenta se basaban en la premisa de que la complejidad era inevitable. Y a primera vista parece cierto: un fabricante típico por

lotes puede tener varios centenares de lotes simultáneamente en los diferentes procesos. Probablemente cada lote implica una cantidad determinada de operaciones independientes y seguramente deberá pasar por la mayor parte de los departamentos de la fábrica. Gestionar un sistema de este tipo es extremadamente complejo; las interacciones entre los diferentes trabajos, así como la necesidad de otros recursos, suelen agobiar a la mayoría de los directivos.

El JIT pone mucho énfasis en la búsqueda de la simplicidad, basándose en el hecho de que es muy probable que los enfoques simples conlleven una gestión más eficaz. La filosofía de la simplicidad del JIT examina la fábrica compleja y empieza partiendo de la base de que se puede conseguir muy poco colocando un control complejo encima de una fábrica compleja. En vez de ello, el JIT pone énfasis en la necesidad de simplificar la complejidad de la fábrica y adoptar un sistema simple de controles.

4. *Diseñar sistemas para identificar problemas.* El sistema de arrastre / kanban, saca los problemas a la luz. De igual forma el control de calidad estadístico ayuda a identificar la fuente del problema. Con el JIT, cualquier sistema que identifique los problemas se considera beneficioso y cualquier sistema que los enmascare, perjudicial. Los sistemas diseñados con la aplicación del JIT deben pensarse de manera que accionen algún tipo de aviso cuando surja un problema.

Ahora bien, aplicar el Just in Time implica comprar o producir sólo lo que se necesita y cuando se necesita, pero para ello es menester se cumplan las siguientes condiciones:

1. Producir lo que la clientela desea y cuando lo desea y no producir para constituir almacenes de productos terminados o intermedios.
2. Tener plazos muy cortos de fabricación y gran flexibilidad para poder responder a los deseos de la clientela.
3. Saber fabricar –cuando es necesario- sólo cantidades muy pequeñas de un tipo dado de pieza. Es preciso para ello apartarse de la fabricación por lotes importantes y de la noción de “cantidad económica”, lo que impone cambios rápidos de herramientas y una distribución en planta de las fábricas que permita el encadenamiento de las operaciones relativas a una misma pieza o un mismo producto.
4. No producir o comprar más que estrictamente las cantidades inmediatamente necesarias.
5. Evitar las esperas y las pérdidas de tiempo, lo que impone, en particular, la renuncia a un almacén centralizado así como a la utilización de medios de manutención comunes a varios puestos de trabajo y que, por ello, podrían no estar disponibles en el momento en que un obrero los necesitara.
6. Aportar los materiales, las piezas y los productos al lugar en que son necesarios, en lugar de almacenarlos en depósitos donde no sirven a nadie ni pueden utilizarse.
7. Conseguir una alta fiabilidad de los equipos. Para que una máquina pueda no producir una pieza más que cuando resulte necesaria para la etapa siguiente del proceso de fabricación, es preciso que la máquina no se averíe en ese preciso momento.
8. Gestionar la calidad de la producción. Si las piezas llegan en el momento oportuno y en el número deseado, pero no son de buena calidad, lo único que puede hacerse es rechazarlas y detener la producción de las fases siguientes del proceso.

9. Adquirir únicamente productos y materiales de calidad garantizada, para que no detengan la producción.
10. Disponer de un personal polivalente, capaz de adaptarse con rapidez y que comprenda los nuevos objetivos de la empresa.

ANEXO 3: Análisis causa-efecto o diagrama de Ishikawa

El diagrama causa-efecto, también llamado “*espina de pescado*” por la semejanza de su forma, también es conocido por diagrama de Ishikawa.

Es utilizado para explorar e identificar todas las causas posibles y relaciones de un problema (efecto) o de una condición específica en las características de un proceso.

Los pasos para elaborar el diagrama de causa- efecto son los siguientes:

1. Seleccione el efecto (problema) a analizar. Se puede seleccionar a través de un consenso, un diagrama de Pareto, otro diagrama o técnica.
2. Realice una lluvia de ideas para identificar las causas posibles que originan el problema.
3. Dibuje el diagrama:
 - Coloque en un cuadro a la derecha la frase que identifique el efecto.
 - Trace una línea horizontal hacia la izquierda del cuadro, a esta línea se le conoce como columna vertebral.
 - Coloque líneas inclinadas que incidan en la columna vertebral (causas principales).
 - Dibuje líneas con flechas que incidan en las líneas inclinadas conforme a la clasificación de las causas (causas secundarias)
 - Dibuje líneas inclinadas que incidan en las líneas de las causas secundarias (causas terciarias)
4. Clasifique las causas derivadas de la lluvia de ideas, de la siguiente manera:

- Causas principales.
 - Preguntando después por que suceden obtener Causas secundarias
 - Volviendo a preguntar de nuevo las razones obtener Causas terciarias,
 - Se continua este proceso de preguntas de ¿por qué?, ¿por qué? hasta agotar las respuestas.
5. El equipo analiza cada causa estratificada (secundaria o terciaria) y por medio de eliminación y consenso determina cuales son las causas potenciales relevantes que pueden estar ocasionando el problema.
6. Elabore y ejecute un programa de verificación de las causas relevantes por medio de un diagrama 5W-1H para identificar las causas reales o causas raíz.

ANEXO 4: diagrama de Pareto

A finales de los años cuarenta el Dr. Juran aplicó la idea de que el 80% de un efecto se debe al 20% de las causas, a los programas de mejora de calidad y productividad.

Herramienta utilizada para el mejoramiento de la calidad para identificar y separar en forma crítica las pocas causas que provocan la mayor parte de los problemas de calidad. El principio enuncia que aproximadamente el *80% de los efectos* de un problema se debe a solamente *20% de las causas* involucradas.

El diagrama de Pareto es una gráfica de dos dimensiones que se construye listando las causas de un problema en el eje horizontal, empezando por la izquierda para colocar a aquellas que tienen un mayor efecto sobre el problema, de manera que vayan disminuyendo en orden de magnitud. el eje vertical se dibuja en ambos lados del diagrama: el lado izquierdo representa la magnitud del efecto provocado por las causas, mientras que el lado derecho refleja el porcentaje acumulado de efecto de las causas, empezando por la de mayor magnitud.

Pasos para desarrollar el diagrama de Pareto:

- Seleccione qué clase de problemas se van a analizar.
- Decida qué datos va a necesitar y cómo clasificarlos.
- Ejemplo: por tipo de defecto, localización, proceso, máquina, trabajador, método.
- Defina el método de recolección de los datos y el período de duración de la recolección.

- Diseñe una tabla para el conteo de datos con espacio suficiente para registrarlos.
- Elabore una tabla de datos para el diagrama de Pareto con la lista de categorías, los totales individuales, los totales acumulados, la composición porcentual y los porcentajes acumulados
- Organice las categorías por orden de magnitud decreciente, de izquierda a derecha en un eje horizontal construyendo un diagrama de barras. El concepto de “otros” debe ubicarse en el último lugar independientemente de su magnitud.
- Dibuje dos ejes verticales y uno horizontal.

Ejes verticales:

- Eje izquierdo: marque este eje con una escala desde 0 hasta el total general
- Eje derecho: marque este eje con una escala desde 0 hasta 100%

Eje horizontal:

- Divida este eje en un número de intervalos igual al número de categorías clasificadas.
- Dibuje la curva acumulada (curva de Pareto), marque los valores acumulados (porcentaje acumulado) en la parte superior, al lado derecho de los intervalos de cada categoría, y conecte los puntos con una línea continua.
- Escriba en el diagrama cualquier información que considere necesaria para el mejor entendimiento del diagrama de Pareto.

ANEXO 5. Análisis Modal de Fallo y Efecto, AMFE o FMEA.

El análisis Modal de Fallos y Efectos, AMEF fue desarrollado en el ejercito de la Estados Unidos por los ingenieros de la National Agency of Space and Aeronautical (NASA), y era conocido como el procedimiento militar MIL-P-1629, titulado "Procedimiento para la Ejecución de un Modo de Falla, Efectos y Análisis de criticabilidad"; este era empleado como una técnica para evaluar la confiabilidad y para determinar los efectos de los fallos de los equipos y sistemas, en el éxito de la misión y la seguridad del personal o de los equipos.

La eliminación de los modos de fallos potenciales tiene beneficios tanto a corto como a largo plazo. A corto plazo, representa ahorros de los costos de reparaciones, las pruebas repetitivas y el tiempo de paro. El beneficio a largo plazo es mucho más difícil medir puesto que se relaciona con la satisfacción del cliente con el producto y con su percepción de la calidad; esta percepción afecta las futuras compras de los productos y es decisiva para crear una buena imagen de los mismos.

El Análisis de modos y efectos de fallos potenciales, AMEF, es un proceso sistemático para la identificación de los fallos potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas.

Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total, cuyos objetivos principales son:

- Reconocer y evaluar los modos de fallos potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- Determinar los efectos de los fallos potenciales en el desempeño del sistema.

- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra el fallo potencial.
- Analizar la confiabilidad del sistema
- Documentar el proceso

Aunque el método del AMEF generalmente ha sido utilizado por las industrias automotrices, éste es aplicable para la detección y bloqueo de las causas de fallos potenciales en productos y procesos de cualquier clase de empresa, ya sea que estos se encuentren en operación o en fase de proyecto; así como también es aplicable para sistemas administrativos y de servicios.

Para llevar a cabo este análisis debe realizarse una tabla donde describa el problema que presenta el equipo, y a continuación la gravedad, frecuencia y detectabilidad del problema, por ello debe previamente establecerse una numeración de la gravedad, frecuencia y detectabilidad que viene reflejado en las siguientes tablas.

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

- Detectabilidad:

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2 a 3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4 a 6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento	7 a 8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9 a 10

**Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado
y escariado del cajón estabilizador A330/340**

- **Gravedad:**

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observaría un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable.	2 a 3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4 a 6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7 a 8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el cumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10.	9 a 10

Implantación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total, TPM, para el taladrado y escariado del cajón estabilizador A330/340

- Frecuencia:

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2 a 3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4 a 5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6 a 8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9 a 10

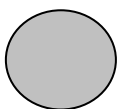
ANEXO 6. Diagrama de Flujo

Ventajas de los diagramas de flujo

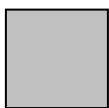
- Proveen una secuencia gráfica de cada uno de los pasos que componen una operación desde el inicio hasta el final. Permitiendo una mejor visualización y comprensión del proceso.
- Los diagramas de flujo pueden minimizar grandes volúmenes de documentación, como la del ISO 9000.
- Facilitan el desarrollo de Procedimientos Estándar de Operación.
- Al tener un procedimiento de operación estándar se reduce en gran medida la variación y el tiempo de ciclo.
- Los diagramas de flujo permiten detectar áreas de mejora en los procesos.

Descripción de símbolos

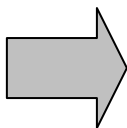
En la construcción de *diagramas de flujo de procesos* se utilizan los símbolos descritos a continuación:



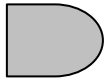
Operación de transformación: de la cual resulta un cambio físico o químico del producto.



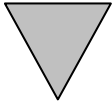
Inspección: Verificación de alguna característica mediante un estándar de calidad preestablecido.



Transporte: Movimiento físico del producto o un componente.



Demora: Indica la necesidad de un periodo de inactividad en espera de operación inspección o transporte.



Almacenamiento: Mantener un producto en almacenamiento hasta que continúe su procesamiento o sea vendido.

Pasos para la elaboración de un diagrama de flujo

1. *Describir el proceso a evaluar:* Es importante seleccionar un proceso relevante.
2. *Definir todos los pasos que componen el proceso:* el equipo de trabajo anota en tarjetas los diferentes pasos que conforman el proceso, con este método el equipo puede arreglar y ordenar los pasos del proceso.
3. *Conectar las actividades:* Cuando los pasos que componen el proceso han sido descritos se construye el diagrama de flujo, conectando las actividades mediante flechas, cada símbolo debe describir la actividad que se realiza con pocas palabras.
4. *Comparar el proceso actual con el proceso considerado como "ideal" las siguientes preguntas pueden servir de guía:*

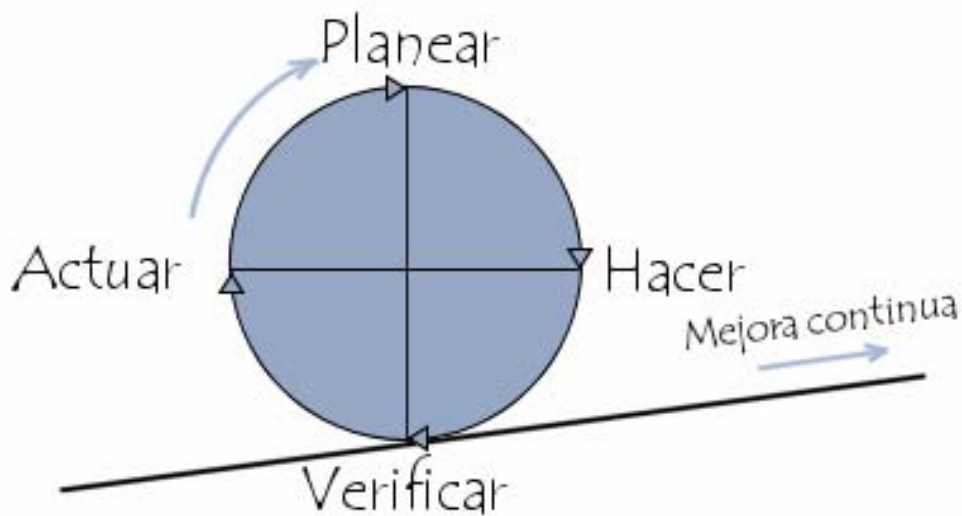
¿Existen pasos demasiado complejos? ¿Existe duplicidad o redundancia? ¿Existen puntos de control para prevenir errores? ¿Deberían de existir? ¿El proceso funciona en la manera en la cual debería de hacerse? ¿Se puede realizar el proceso de diferente manera?
5. *Mejoras del proceso:* Una vez que se contestan las preguntas mediante tormenta de ideas se realizan mejoras. Definiendo los pasos que agregan valor y los que no agregan se puede llevar a cabo una

simplificación sustancial del proceso. Las mejoras son priorizadas y se llevan a cabo planes de acción.

6. *Implementar el nuevo procedimiento:* Una vez realizadas las mejoras se dan a conocer a las personas involucradas en el proceso y se verifica su efectividad.

ANEXO 7. Ciclo de Deming o PDCA.

La mayor contribución de Deming a los procesos de calidad en Japón, es el conocido hoy como ciclo PDCA, denominado "ciclo Deming" en su honor, aunque por justicia se debería llamar "ciclo Shewhart", por ser este último quien lo inventó.



El modelo PDCA se refiere a las iniciales del inglés de los siguientes cuatro pasos:

- **Planear (Plan):** Es necesario un paso de definición de los objetivos a alcanzar planificándose las acciones a realizar.
- **Hacer (Do):** Momento en el cual comienzan a implantarse las acciones correctivas propuestas.
- **Verificar (Check):** Las acometidas realizadas deben ser verificadas, de modo que se logren los objetivos marcados.
- **Actuar (Act):** una vez verificados los resultados en el paso anterior, es necesario tomar medidas para seguir encaminados hacia la mejora continua.

ANEXO 8. Pasos Mantenimiento Enfocado

- **Paso 0: Selección del tema y formación del grupo de proyecto.**

La selección del tema, debe estar centrado en la eficacia global del proceso pero a su vez es beneficioso para la asimilación de este mantenimiento que comience por las áreas más problemáticas. Esto requiere que se realicen visitas a estas áreas de producción por parte de los directores para comprender de primera mano las dificultades que atañen al personal.

Una vez seleccionado el tema de estudio, es necesario para la resolución de problemas difíciles la formación de grupos de proyectos, formado por personal de distintas áreas que den al grupo conocimiento de diversas materias. Estos grupos serán mucho más eficientes si se les incluye personal de operación y representante de fabricantes de equipos.

Después de seleccionar el tema y formar al grupo responsable de ponerlo en práctica, este debe registrar el tema. Para mantener el interés por el proyecto se creará un comité de mejoras que coordine los temas, prepare los presupuestos, supervise y organice auditorías para mantener las mejoras estandarizadas.

- **Paso 1: Comprender la situación.**

En este paso hay que centrarse en el análisis del proceso para identificar las pérdidas y cuellos de botellas que se producen. Este análisis debe detallarse en un informe con representaciones gráficas y estratificada, para que de forma visual puedan mostrarse los problemas, y poder formularse objetivos a alcanzar con el proyecto.

- **Paso 2: Identificar todas las anomalías.**

Para el restablecimiento de cualquier equipo a su estado óptimo, debe eliminarse escrupulosamente cualquier pequeña deficiencia y deterioro, surgido por la suciedad. Por tanto antes de aplicar cualquier técnica analítica, es necesario primero realizar una limpieza y orden exhaustivo del proceso.

- **Paso 3: analizar la causa-raíz**

Para el análisis causa-raíz, se precisa distintos medios, como pueden ser las cámaras de alta velocidad, para identificar las causas físicas, humanas y latentes de cualquier tipo de fallo o incidente.

El punto más importante para el análisis es la recolección de datos, ya que sin datos es virtualmente imposible descubrir las causas raíz. Podría decirse que es análogo al escenario de un crimen investigado por un detective, no se puede esperar que el detective resuelva el crimen sin pistas.

- **Paso 4: Planificar la mejora.**

Cuanto mayor sean las cualificaciones técnicas de los miembros del grupo de proyecto, mayores serán el número de propuestas formuladas, evitándose crear más problemas con las soluciones propuestas.

- **Paso 5: Implantación de la mejora.**

Es esencial antes de la implantación de estas mejoras dar una información detallada en cada lugar de trabajo donde se vayan a establecer, promulgando la comprensión y aceptación de todo el personal.

Para la implantación de mejoras en unidades que están duplicadas es mejor comenzar por una de ellas, para una vez verificadas las mejoras con resultados extenderlas a la otra unidad.

- **Paso 6: Chequear los resultados.**

Una vez lograda las mejoras planificadas, el comité de mejora publicará mediante paneles y carteles las mejoras obtenidas mediante gráficos o cuadros, donde estarán listados todos los proyectos reflejando los progresos.

Si los objetivos esperados no son alcanzados, se debe seguir el procedimiento del ciclo de Deming o PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), volviendo a revisar los resultados desde el paso de implantación de mejora en adelante.

- **Paso 7: Consolidación.**

Una vez restablecida las condiciones óptimas de los equipos seleccionados, es necesaria una estandarización de los métodos de trabajos empleados para evitar que los operarios vuelvan a las costumbres habituales.

Simultáneamente a la conclusión de un paso, debe realizarse auditorías y tomar las medidas oportunas para mantener las mejoras obtenidas en cada paso. Una auditoría requiere que los miembros de los equipos reflexionen sobre su progreso y conozcan cuidadosamente los nuevos pasos posibles antes de apresurarse en seguir adelante.

ANEXO 9. PASOS PILAR MA

El MA se implanta normalmente en cuatro niveles que a su vez se descomponen en ocho pasos, que se deben seguir de forma sistemática si se quiere lograr alcanzar un TPM eficaz.

- Nivel 1: *Eliminar deterioración acelerada*, para lograrlo hay que preparar a los operarios mental y físicamente para mejorar el equipo, y así puedan reconocer las anormalidades como tales.
- Nivel 2: *Eliminar fallos*, es necesario la formación para que comprendan cuando las funciones y estructuras del equipo son normales o anormales.
- Nivel 3: *eliminar defectos*, conocer la precisión del equipo y la calidad.
- Nivel 4: *Rentabilidad operacional*, lo ideal es poder realizar todas las reparaciones del equipo que fueran necesarias.

Actividades de TPM	Nivel 1 Eliminar deterioro acelerado	Nivel 2 Eliminar fallos	Nivel 3 Eliminar defectos	Nivel 4 Rentabilidad operacional
MA	<i>Exponer y corregir anomalías en el equipo</i>	<i>Comprender las funciones y estructura del equipo</i>	<i>Comprender la relación entre equipo y calidad</i>	<i>Facilitar el manto. autónomo del equipo</i>
Pasos	1. Realizar limpieza inicial 2. Atender causas de equipo sucio 3. Mejorar áreas difíciles de limpiar	4. Estandarizar actividades de manto. 5. Desarrollar habilidades generales de inspección	6. Realizar inspección autónoma 7. Organizar y administrar el lugar de trabajo	8. Administrar autónomamente
Mejoras al equipo	Eliminar pérdidas crónicas por cuellos de botella en producción	Mantener cero defectos	Establecer condiciones para cero defectos	Grupos pequeños para cero defectos. Hacer el equipo altamente productivo

Tabla 6.1. Actividades del TPM.

A continuación se detallarán los ocho pasos que deben seguirse sistemáticamente:

- **Paso 1: Realizar limpieza inicial.**

El objetivo principal de limpieza es conseguir que los operarios toquen cada parte del equipo, de este modo, aprender gradualmente que *la limpieza es inspección* y que los resultados van más allá de tener simplemente el equipo brillante.

Los operarios deben centrarse en este paso en:

- Eliminar todo el polvo y partículas para prevenir el deterioro acelerado.
- Identificar problemas escondidos al limpiar y corregirlos.
- Familiarizarse con el equipo y ser sensible a sus necesidades.
- Atacar los problemas en equipo de trabajo.

El realizar una limpieza profunda ayuda a descubrir todas las anomalías. Sin embargo, al comienzo de este mantenimiento es muy complicado hacer entender a los operarios lo que es o no es una anomalía, por ello, es importante que directivos y técnicos del departamento de mantenimiento los apoyen y les faciliten las respuestas a las cuestiones que se van haciendo gradualmente.

Es necesario que sean instruidos por parte del departamento de mantenimiento para que puedan realizar el MA, siendo muy importante la preparación de manuales y guías para las distintas anomalías que pueden surgir, otra técnica que se les da son tarjetas, de color blanca y verde para las anomalías que los operarios pueden resolver y rojas para aquellos que deben resolver el departamento de mantenimiento, estas tarjetas deben indicar la anomalía que se ha encontrado, quien la encontró y la naturaleza que tiene. Además de aportarles seminarios y cursos, de esta forma poco a poco van comprendiendo los problemas que originan contaminación y como ocurre.

Los operarios no están acostumbrados a realizar este tipo de actividades del MA, por ello es necesario asegurarse cuidadosamente de su seguridad. Para resolver este escollo, se creará un programa de seguridad que muestre a los operarios prácticas de seguridad que deben cumplir para realizar los trabajos de limpieza inicial.

- **Paso 2: Atender las causas de equipos sucios.**

Para el personal que ha realizado la limpieza inicial, el punto clave está en descubrir donde se ha producido la contaminación, para prevenir la generación de polvo y contaminantes, que empeoren la fiabilidad de los equipos por la acumulación de partículas y suciedad. Mientras se mejora el mantenimiento del equipo, los operadores no solo conocen como se mejora el equipo, sino que se preparan para continuar trabajando en equipos más pequeños.

- **Paso 3: Mejorar las áreas difíciles de limpiar.**

Cuando una vez concluida la limpieza inicial del equipo este se vuelve rápidamente a ensuciar, es necesario adoptar medidas para controlar esas anomalías, pero la introducción de medidas conlleva tiempo y esfuerzo.

La mantenibilidad del equipo debe lograrse por medio de limpieza y lubricación adecuada, controlándose las fugas, derrames, dispersiones de polvo, vapores y líquidos corrosivos. Una medida de motivar a los operarios es rastreando la contaminación hasta su origen, para después aplicarle las mejoras adoptadas.

A veces las contaminaciones descubiertas son imposible de solucionar por el personal de operación mediante el MA, entonces se deben realizar reuniones con los equipos de proyecto formados en el Mantenimiento Planificado, considerándose nuevas técnicas de mejoras.

Una vez eliminadas o mejoradas las áreas difíciles de limpiar, se puede presentar que el tiempo empleado para reducir las contaminaciones es excesivo, para solucionarlo deben incluirse las siguientes actividades de mejora:

- **Reducir tiempos de limpieza**, puede conseguirse diseñado herramientas que faciliten la limpieza de las áreas difíciles, además podrán realizarse bocetos de las actividades de limpieza para hacerlas más claras a los operarios.
- **Reducir los tiempos de chequeo**, lo ideal es preparar un cuadro de los chequeos acompañado de una foto, indicándose el área o equipo a realizar el MA. Además para facilitar la reducción de estos tiempos, se deben mejorar las herramientas de inspección.
- **Identificar los lugares de lubricación difíciles**, un modo seguro de ajustar la lubricación al equipo es usando señales de nivel.

- **Paso 4: Estandarizar las actividades del MA.**

El objetivo principal de este 4º paso, es controlar los tres factores claves para prevenir el deterioro: limpieza, lubricación y apriete de tuercas y tornillos. Por ello, es imprescindible emitir estándares provisionales de limpieza rutinaria, lubricación e inspección.

Los estándares deben ser generados en colaboración de los departamentos de mantenimiento y operación, ya que una imposición sin revisar meticulosamente las dificultades que conlleva tal MA al operario, provoca retrasos en las inspecciones e incluso dejadez por parte del operario al no sentirse cómodo con la operación que está realizando.

La guía de estandarización preparada por los departamentos debe responder a las cuestiones del tipo “5W y 1H”:

- Where?: ¿Dónde?
- What?: ¿Qué?
- When?: ¿Cuándo?
- Why?: ¿Por qué?
- Who?: ¿Quién?
- How?: ¿Cómo?

- **Paso 5: Desarrollar actividades de inspección generales.**

El personal de operación debe aprender los puntos vitales de sus equipos por medio de estudio e instrucción, dadas por parte del departamento de mantenimiento. Las habilidades que asimilan deben ser mejoradas mediante la práctica en los mismos equipos que operan y junto con el personal de mantenimiento deben realizar operaciones de inspección desmontando el equipo o reemplazando piezas, y de esta forma elaborar conjuntamente los estándares para cada equipo.

El departamento de mantenimiento debe a su vez formar a los operarios en la forma correcta de realizar inspecciones, para ello, será necesario que se evalúen las capacidades individuales de cada operador haciéndole test y observando como resuelve prácticas en corrección de anomalías. Además de prepararse planes de mantenimiento estableciéndose inspecciones periódicas y sustituciones de piezas siguiendo los estándares previamente establecidos.

Para lograr la preparación en inspecciones que los operarios necesitan es lógico que lo realicen paso a paso a través de pequeñas actividades en grupos pequeños:

- Selección de los elementos a inspeccionar; para seleccionar los elementos del equipo a inspeccionar, hay que conocer las especificaciones que tiene el equipo así como el historial de averías, problemas y defectos.
- Manuales de inspección; este manual debe relacionar y describir las funciones básicas y la estructura del equipo a inspeccionar, sus componentes con sus nombres y funciones, criterios de funcionamiento normal, procedimiento de inspección y acciones a tomar cuando se descubran anomalías. Junto a este manual deben agregarse maquetas, gráficos y fotos para hacer comprender más fácilmente a los operarios.
- Redactar el programa de formación en inspección general, al mismo tiempo que se preparan los programas de enseñanza, el departamento de mantenimiento en colaboración con los responsables de producción, deben preparar un planing de formación, que se impartirá mediante enseñanza de revelos, es decir, instruir a los líderes de equipos y estos a su vez a los miembros de sus equipos de operarios.
- Preparación de la formación por los líderes de equipos; una vez instruidos estos, deben retransmitir los conocimientos adquiridos a los miembros de sus equipos, para ello, deben preparar los temas específicos del equipo propio de cada lugar, ajustando los niveles de conocimiento que realmente necesitan los miembros de su equipo.
- Inspección general del equipo; el objetivo fundamental para la realización de inspecciones es conseguir restaurar el equipo hasta sus condiciones óptimas. En esta fase, el departamento de mantenimiento elaborará las plantillas y herramientas necesarias para la inspección y responder rápidamente a cualquier sugerencia de mejora del trabajo.

- Después de cada inspección; una vez concluidas las inspecciones debe verificarse los niveles de eficiencia conseguidos y lo que pretendían conseguirse, si los logros alcanzados no son suficientes, debe plantearse una revisión de la formación proporcionada a los operarios.

Este paso del MA puede requerir largo tiempo para completarse, por la necesidad de formar operarios conscientes de que a su equipo se le puede hacerle ajustes para hacerlo más efectivo. Este tiempo no puede forzarse si se quieren obtener resultados positivos, ya que la base de todo MA es el conocimiento y habilidades adquiridas por los operarios de producción a través de cursos y seminarios.

- **Paso 6: Realizar inspección autónoma.**

Para ser verdaderamente competente, un operario debe ser capaz de reconocer cualquier cosa que esté fuera de lo ordinario e identificarla inmediatamente como una anomalía.

Estas anomalías no deben ser averías o paradas, sino fenómenos que señale la posibilidad de que puede surgir una avería, de esta forma pueden prevenirse fallos y defectos. La formación de inspecciones se revitaliza al ser los propios operarios los que crean sus propias listas de chequeos.

La formación en inspecciones persigue lograr dos objetivos; la adquisición por parte del operario de las habilidades requeridas, y que logre resultados eficaces mediante inspecciones en todos los equipos.

- **Paso 7: organizar y administrar el lugar de trabajo.**

Una vez que los operarios han adquirido la capacidad de realizar el MA profundo y amplio en el proceso entero, es vital que se asegure el mantenimiento de la calidad, organizando y administrando el lugar de trabajo, para ello será necesario elaborar una estandarización más refinada:

- *Responsabilidad*, se le asigna a los operarios la plena responsabilidad de los equipos y lugar de trabajo.
- *Trabajo*, formular estándares de chequeos colocándolos en los tableros de los lugares de trabajo, además de mejorar los controles visuales, extendiéndolos a todos los instrumentos y equipos.
- *Útiles, plantillas y herramientas*, es necesario una estandarización de todo instrumento para una rápida recuperación mediante control visual.
- *Calendarios de limpiezas anuales*, realizar calendarios anuales alargando los intervalos entre limpieza, y motivando a los operarios a mejorar las fuentes de contaminación.
- *Inventarios*, es preciso inventariar los instrumentos de medidas asegurándose que funcionan correctamente, mediante inspección y corregir los deterioros mediante estándares de inspección.
- *Precisión del equipo*, los operarios deben chequear la precisión del equipo y estandarizar los procedimientos.
- *Operación y tratamiento de anomalías*, estandarizar y verificar operaciones, preparaciones/ajustes, y condiciones de proceso; estandarizar chequeos de calidad; mejorar capacidad de resolución de problemas.

- **Paso 8: Motivar la auto-gestión.**

Los operarios una vez superados los pasos previos son expertos en los equipos que manejan, siendo capaces de identificar y solucionar anomalías que ocurren en su trabajo diario.

Este paso debe llevarse a cabo con la supervisión de los responsables de la implantación del programa, realizándose reuniones llamadas “minutos TPM”, con el propósito de analizar los problemas identificados en el equipo o sitio de trabajo. En estas reuniones cortas se revisan las tarjetas adheridas al equipo y que indican algún problema, se buscan soluciones y se adquieren compromisos de implantar acciones correctivas.

Estas reuniones deben realizarse todos los días con una duración de cinco minutos, esto requiere planificar previamente la distribución de temas que se van a tocar durante la semana.

Las reuniones durante la fase de introducción del MA deben ser asumidas por el departamento de mantenimiento, pero conforme progresa la formación de los operarios y sus habilidades con los equipos los hace más eficientes, es el momento de relegar responsabilidad de estas reuniones sobre los líderes de los equipos de operarios.

Es posible que para compañías no japonesas se imposible trabajar en cinco minutos determinados temas, debido a los comportamientos humanos, cultura y disciplinas. Sin embargo, es muy frecuente que compañías que están implantando el TPM recurran a los “Cambios de turno” como momento especial para realizar acciones de conversación y compartir experiencias. La utilización de tabloneros de gestión visual mejora la comunicación entre los integrantes de los dos turnos consecutivos, aprovechándose mejor el tiempo cuando se encuentran. Se debe evitar que los operarios con pocas palabras indiquen a sus compañeros la evolución del proceso durante su turno y se marchen

rápidamente a fichar. Si se prepara una breve reunión con instrumentos o documentos concretos se podrá obtener beneficios durante los cambios de turnos.

El objetivo debe ser el de crear un mecanismo de conversación permanente, donde el diálogo sea un instrumento de trabajo, pero para evitar caer en la trampa de conversaciones improductivas y que no se transformen en resultados concretos, es necesario utilizar los sistemas de gestión visual como tableros donde se puedan escribir en “tiempo real” los compromisos y retos que cada trabajador asume.

ANEXO 10. PASOS PILAR MANTENIMIENTO PLANIFICADO

- **Paso 1: Evaluar y conocer la situación de partida del equipo.**

Para decidir qué equipo será objeto de mantenimiento planificado, es necesario una planificación y organización de la información que se obtendrá de los registros del mantenimiento. Estos registros facilitan datos de diseño e historial de operación y mantenimiento.

Existen distintos tipos de registros de mantenimiento, que pueden variar dependiendo del interés de cada empresa. Los registros que no pueden faltar en un TPM son:

Registros de equipos: Proporcionan datos en bruto de cada equipo, como son el diseño, fecha de compra e instalación, fabricante, proveedor de piezas de repuestos, historial de mantenimiento y averías surgidas.

Registros de análisis MTBF: recopilación de datos sobre los tiempos medios entre fallos y detalles de las averías. Permiten obtener información sobre la frecuencia y severidad de las averías con una rápida ojeada.

Registros de análisis MTTR: son registros que capta los tiempos medios entre reparaciones y servicios llevados a cabo en el equipo. Dan información de la importancia y duración de las averías.

Registros de mantenimiento rutinarios: recopila los datos obtenidos por los operarios durante el mantenimiento de averías.

Registros de inspección periódica: recogen datos de las mediciones del deterioro del equipo obtenidas por el departamento de mantenimiento durante las inspecciones periódicas.

Una vez recopilada toda la información es necesaria la coordinación entre distintos departamentos, de mantenimiento, operación, finanzas, calidad, etc. para sopesar las condiciones actuales de los equipos, de forma que se ajusten las inversiones a las necesidades requeridas sin que ello provoque un elevado coste.

- **Paso 2: Restaurar el deterioro y corregir las debilidades.**

Hasta la puesta en marcha del MA, el equipo pudo haber sufrido deterioro durante mucho tiempo, por ello, a menudo el departamento de mantenimiento no tiene tiempo para realizar un Mantenimiento Planificado al estar resolviendo fallos en los equipos y, su única labor posible es apoyar a los operarios del MA en sus actividades de corregir las debilidades y restaurar los equipos hasta sus condiciones óptimas.

Esta coordinación entre departamento es muy importante ya que se ayuda a los operarios a comprender y superar los efectos del deterioro de sus equipos del siguiente modo:

- ✓ Tratar inmediatamente deterioro o irregularidad descubierta por el operario que no puede resolver.
- ✓ Enseñar a los operarios la estructura y funciones de su equipo.
- ✓ Adiestrar *in situ* a los operarios sobre inspección, restauración y realización de pequeñas mejoras en el equipo.
- ✓ Aconsejar modos de combatir las fuentes de contaminación y los puntos difíciles de inspeccionar y lubricar.
- ✓ Preparar estándares de control visual y ayudar a los operarios a implantarlos.

- ✓ Ayudar a los operarios en la preparación de estándares provisionales de chequeos diarios.
- ✓ Enseñar a los operarios sobre lubricación y estandarizar los tipos de lubricantes.

Además del deterioro acelerado, hay que corregir las debilidades de diseño, fabricación e instalación de los equipos, todo ello utilizando técnicas de análisis FMEA y análisis P-M. De otro modo, los fallos inesperados anularán cualquier beneficio que pueda deducirse del mantenimiento planificado.

Una vez estudiado los fallos, identificado las causas y corregidos sus efectos hay que evitar la repetición de los mismos, siguiendo una serie de pasos:

1. Preparación de un informe detallado para cada fallo:
 - Descripción de fallo
 - Condiciones anormales previas al fallo.
 - Ubicación del fallo, mediante croquis, diagramas o fotografías.
 - Acciones correctivas emprendidas.
2. Calibrar cuidadosamente los instrumentos de medidas y chequearlos regularmente para mantener su precisión. Además, de desmontar y revisar los instrumentos de control para confirmar su fiabilidad.
3. Estudiar el historial de fallos, para formar a los operarios en la restauración de sus equipos hasta sus condiciones ideales tan pronto como sea posible.
4. Asegurar que el personal comprende con precisión el estatus del proceso.
5. Analizar cada fallo usando técnicas de análisis FMEA, análisis P-M o técnica porqué-porqué, y posteriormente reconstruir el informe de fallo mostrando los resultados.

Un enfoque básico para reducir los fallos en los equipos es seleccionando el mantenimiento apropiada para cada equipo. Para esto, se usa el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)*, con base en los registros de fallos y principios físicos. (ANEXO 13)

- **Paso 3: Establecer un sistema de control de la información.**

Hoy día en las industrias se necesita mantener una enorme variedad de equipos y procesos exigiéndose la necesidad de implantar un sistema informático capaz de gestionar grandes bases de datos en un tiempo mínimo.

Un sistema de datos informatizados permite disponer de informes y detalles de equipos al instante, reduciéndose trámites intermedios. Sin embargo, antes de decidir el tipo de sistema, es necesario evaluar la situación actual y decidir qué datos son necesarios.

Para determinar el grado de informatización requerido, se comenzará por métodos simples de entrada de datos para los responsables de mantenimiento, mediante ordenadores personales y programas informáticos sencillos y fáciles de manejar por todos los empleados, para pasar conforme aumenta el nivel de gestión de datos a niveles más sofisticados.

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

Estos sistemas de gestión deben integrar los siguientes subsistemas:

- Creación de un sistema de gestión de datos de fallos.

Esta base de datos estará formada por toda la información proporcionada por los operarios, donde se incluirá:

- naturaleza del fallo,
- fechas y horarios,
- clasificación del fallo (grande, intermedio, pequeño),
- causa del fallo,
- acción tomada,
- efecto sobre la producción
- tiempos y números de personas empleadas en la reparación.

Estos datos deben ser disponibles y analizados periódicamente en resúmenes de fallos y listas de fallos de equipos. Esto ayuda a los equipos a determinar la frecuencia de fallos, los tiempos de parada. La informatización ayuda también a priorizar las mejoras y prevenir la repetición.

- Desarrollar un sistema de gestión del mantenimiento del equipo.

Es necesaria la gestión del equipo para poder controlar:

- Los historiales de los equipos
- La planificación del mantenimiento
- La planificación de los servicios
- La planificación del proyecto de mantenimiento principal, etc

- Gestión informatizada del presupuesto de mantenimiento.

Un sistema de gestión del presupuesto de mantenimiento calcula, asigna y totaliza los presupuestos de mantenimiento. Generándose la siguiente clase de información:

- Informes de trabajos de mantenimiento observando el gasto actual y los presupuestos de períodos de distintos años.
 - Utilización de programas que agrupe información de planes de trabajo, costes, materiales previstos y stocks de materiales, de esta forma se podrá calcular los fondos a destinar.
 - Listar las prioridades de mantenimiento, paradas programadas, etc.
 - El sistema debe generar datos de MTBF del pasado junto con detalles sobre las fechas en la que se prevé que el equipo termine su vida útil.
 - El sistema debe proporcionar datos que comparen el coste de mantenimiento en condiciones óptimas del equipo con las pérdidas que prevé provocarán los fallos o averías.
- Implantación de un sistema que controle las piezas de repuesto y materiales.

Mediante un sistema de control de repuestos y materiales se asegura la disponibilidad de ellos en el momento preciso. La información recopilada ayudará a reducir las cantidades de tareas de stock y mantiene un seguimiento de los pedidos y recepciones, todo ello proporcionado por:

- Listas de stocks de las reservas que incluyan modelos de equipo y componentes, especificaciones, números de pedidos, pedidos mensuales, uso mensual esperado, stock mensuales, meses transcurridos, cantidades y razones para almacenar.

- Tablas de pedidos mensuales y anuales, para diferentes sistemas de aprovisionamiento, diferentes modelos de equipos, etc.
 - Tablas que comparen pedidos y recepciones.
- Crear un sistema que controle la información tecnológica y los planos.

Es necesario controlar toda la información tecnológica relacionada con el mantenimiento, como son el diseño del equipo, estándares de chequeos, programas de cálculo de diseño mecánico, criterios de diagnóstico de los equipos.

A partir de un sistema de control de planos será posible archivar y recuperar planos de equipos, registros, planos detallados de piezas a inspeccionar, “layout” de tuberías, diagrama de flujo, listas de planos, catálogos, etc.

- **Paso 4: Iniciar un sistema de mantenimiento periódico.**

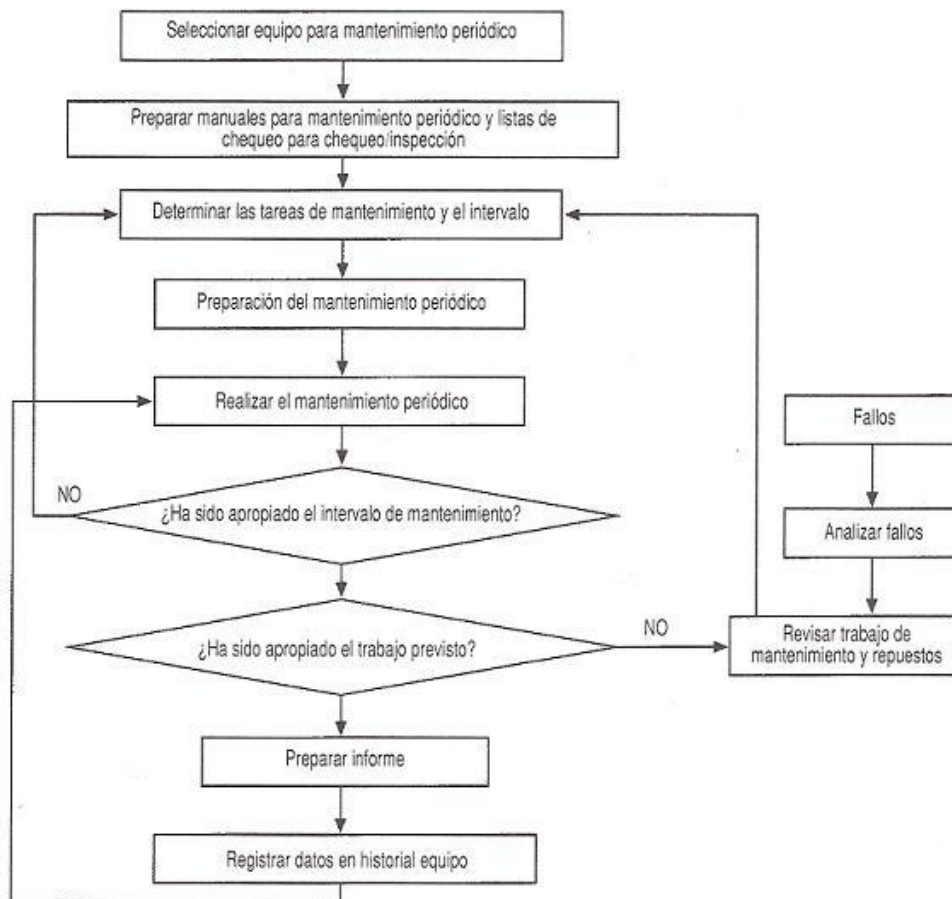


Figura 6.2. Diagrama de flujo del mantenimiento periódico.

Iniciándose un mantenimiento periódico se pretende implantar un mantenimiento preventivo, sólido y progresivo con el tiempo. Para realizar el trabajo periódico es necesario tener preparado por anticipado un programa de actividades secuenciales:

- **Seleccionar equipo para mantenimiento periódico.**

Se seleccionará el equipo dependiendo de la categoría en que se encuentre, puede ser debido a exigencias legales, equipos que por la experiencia

necesitan intervalos de mantenimiento, equipos imprescindibles dentro del proceso o equipos a los que durante la operación es difícil o imposible detectarles o corregirles anomalías.

➤ Planificación del mantenimiento.

La preparación de planes de mantenimiento deben basarse en los planes de producción para aproximadamente 5 años. Para agilizar el cumplimiento de estos planes y minimizar el tiempo necesario para realizar tareas de mantenimiento se debe:

- Crear grupos multifuncionales que consigan una comunicación fluida y precisa entre los diferentes departamentos.
- Centralizar el movimiento del personal durante el mantenimiento, formándolos en tareas múltiples junto a los operarios.
- Preparar los elementos necesarios, como son herramientas, equipos de mantenimiento, etc.
- Antes de perfilar un plan de mantenimiento, es necesario examinar la información de chequeos diarios y las anotaciones de cualquier cambio en las condiciones de operación.
- Supervisión de los progresos mediante reuniones de coordinación donde se discuten las acciones correctoras.

➤ Estandarización del mantenimiento Planificado.

Lo ideal es crear una base sólida del mantenimiento planificado, y para ello es obligatoria la estandarización de diversas actividades:

✓ *Estandarización en la selección de materiales*

Aunque los planes originales al diseñar un equipo es utilizar los mejores materiales, estos pueden verse modificados según la necesidad del proceso que se lleva a cabo. En tal caso es conveniente revisar y volver a los estándares originales.

✓ *Estandarización de las tareas de mantenimiento:*

Las tareas son necesarias revisarlas y actualizarlas a medida que mejoran las técnicas de mantenimiento, los equipos y materiales, para elaborar nuevos estándares más acordes.

✓ *Estandarización del control de repuesto*

Los controles de repuestos son vitales para asegurar la fiabilidad del equipo, alargar su vida y reducir los tiempos de paradas.

Los stocks pueden clasificarse y controlarse de acuerdo con un esquema:

- Unidades de reserva (motores y equipos de reserva); Estas unidades deben estar siempre listas para el uso, por ello deben ser controladas y mantenidas por el departamento de mantenimiento.
- Componentes prioritarios (piezas de maquinarias); Es necesario un control y chequeo regular.
- Piezas generales (elementos usados generalmente como pueden ser los pernos y tuercas); el departamento de almacén establecerá un control de códigos para los elementos.
- Herramientas y equipos de test. Las herramientas serán controladas por el departamento de mantenimiento. El

equipo de test debe controlarse por el departamento que lo utiliza.

✓ *Estandarización de lubricantes.*

Inicialmente las empresas compran la marca especificada por el fabricante de la máquina para no invalidar la garantía, pero esto conlleva la utilización de distintos tipos de lubricantes dependiendo de la máquina. Por ello es necesario estudiar la distinta compatibilidad de algunos tipos de lubricantes para reducir el número de marcas usadas.

✓ *Estandarizar el uso de lubricantes.*

El exceso de productos lubricantes en los equipos provoca mayor adhesión de polvo y suciedad, contaminándose el equipo, siendo realmente mínima la necesidad de lubricación de las superficies de fricción.

✓ *Estandarización de seguridad.*

Los aspectos más importantes a la hora de garantizar la seguridad de los trabajadores de mantenimiento son, la preparación de estándares que traten problemas específicos de las áreas en las que tienen que trabajar, facilitar la inspección del sitio a trabajar por anticipado y crear lugares de trabajo seguros para distintos usos de herramientas.

➤ *Mantenimiento con parada.*

Aunque en esencia, el desarrollo de planteamientos y actuaciones, tanto para el mantenimiento en marcha como en parada sean comunes, cabe destacar que en las paradas programadas se da una mayor confluencia de actividades con una mayor concentración de trabajadores, que no sólo supone un reto logístico, sino que añaden una dificultad adicional a la hora de coordinar la ejecución segura de los mismos, por ello, no es irracional que consuma hasta la mitad del presupuesto de mantenimiento anual.

Básicamente, el objetivo de una parada es realizar aquel mantenimiento que no es posible llevar a cabo en una unidad en marcha, y garantizar de la mejor forma posible la fiabilidad de la planta durante el siguiente ciclo de producción. El éxito de una parada reside en combinar tres diferentes aspectos: la ejecución en el plazo establecido, el cumplimiento de los presupuestos evaluados para el trabajo y garantizar la seguridad de las personas, además del respeto al medio ambiente.

Las paradas programadas de mantenimiento suponen un escenario ideal para poner en práctica las mejoras en materia de seguridad que deben ser inevitablemente llevadas a prácticas.

Para poder realizar con amplia eficacia el mantenimiento con parada se requerirá de implantar un sistema de control del proceso:

✓ *Preparación anticipada*

Donde se incluirán las ordenes de los materiales y equipos por adelantado, se revisarán los programas a seguir, además de realizar instalaciones provisionales de andamios, luces y tuberías.

✓ *Gestión de la seguridad.*

El trabajador es lo primero, y no puede entenderse de otra manera. El reto principal es minimizar el riesgo de accidentes, y sólo se consigue con la colaboración de todos. Por ello, es necesario priorizar en la ejecución de controles estrictos durante el mantenimiento para garantizar la seguridad, además, antes de comenzar el mantenimiento con parada es conveniente facilitar la información sobre seguridad y emitir certificados de aptitud para aquellos trabajadores que realicen dicho trabajo.

Como conclusión de mantenimiento de parada, se debe emitir un informe con detalles del trabajo realizado, aunque la amplitud de este informe variará dependiendo del volumen de mantenimiento empleado, lo general es emitirlo con las incidencias encontradas, la metodología empleada para solucionarlas y un presupuesto del mantenimiento programado ya realizado.

- **Paso 5: Desarrollar un sistema de mantenimiento predictivo.**

El Mantenimiento Predictivo (PdM), es una herramienta clave para conservar y mejorar la disponibilidad del equipo en operación, teniendo siempre como fundamentos demostrar que:

- Los componentes son los que fallan y no las máquinas en su conjunto.
- Ningún componente falla súbitamente lo hace de forma progresiva, dando siempre señales de aviso.
- Fundamentalmente es un mantenimiento dedicado a detectar un fallo antes de que suceda, para dar tiempo a corregirlo sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc.
- Se usan para ello instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, ultrasonidos, etc.

Fundamentalmente es un mantenimiento dedicado a detectar una fallo antes de que suceda, para dar tiempo a corregirlo sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc.

Se usan para ello instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, etc.

A partir de este nivel de detección pueden estudiarse el desarrollo de la máquina hacia algún tipo de problemas y con la rapidez que lo está haciendo. Por tanto, se intenta detectar lo antes posible la aparición de fallos planificándose acciones correctivas antes de que se presente cualquier fallo. Esto es lo que se conoce como “mantenimiento basado en condiciones” o “mantenimiento predictivo” y es a menudo abreviado como “CBM” o “PdM”.

Algunos de los métodos empleados en mantenimiento predictivo que permiten disponer de medidas efectivas para la monitorización de máquinas y equipos son:

✓ Análisis de aceites lubricantes.

Mediante el análisis del aceite puede determinarse tanto el estado de la máquina como del lubricante empleado, al transmitirse la información de las superficies lubricadas, por el arrastre de partículas de desgaste de la zona de contacto, se obtiene una valiosísima información sobre las partes internas de motores, sistemas hidráulicos, etc. y en general de cualquier elemento lubricado. Por otro lado, el análisis de este aceite proporciona información de su propio estado.

Los procesos por los que un lubricante empleado se deteriora se pueden dividir en dos: degradación y contaminación.

- Degradación:

El proceso de degradación es causado principalmente por un proceso de oxidación por efecto de la temperatura, el oxígeno del aire y los catalizadores, produciendo una alteración de las características físicas y químicas del aceite.

- Contaminación:

El proceso de contaminación se produce por la presencia de partículas metálicas de los elementos de la máquina, partículas sólidas atmosféricas y por la entrada de agua al sistema.

Las partículas metálicas al no ser solubles provocan un desgaste abrasivo, mientras que las partículas sólidas atmosféricas y el agua producen una alteración de las propiedades físicas del aceite.

Cualquier forma que altere el funcionamiento normal o que incremente la fricción entre las partes móviles dará como resultado un desgaste anormal acelerado y por consiguiente un aumento de la cantidad de metal de desgaste.

Mediante un análisis de muestreo puede controlarse el contenido de metales por espectrometría, y a partir de análisis fisicoquímicos, evaluar el estado del lubricante y de la máquina o equipo lubricado, previniendo el riesgo de averías, además de aportar indicaciones sobre sus causas, identificando fuentes y tipos de contaminación.

Por ello, es ventajoso la elaboración de un programa de análisis de aceites lubricantes, resumiéndose en los siguientes puntos:

1. Reducción de costes de mantenimiento;

A partir de un programa de análisis se logra una reducción del mantenimiento evitándose diversos problemas:

- Pérdida total del equipo.
- Daños secundarios.
- Sobremantenimiento.
- Fallos generados por el mantenimiento.

2. Incremento de la disponibilidad del equipo;

Obtener la mayor disponibilidad del equipo es uno de los retos imprescindibles para lograr la máxima efectividad y así alcanzar los beneficios deseados.

3. Extensión de intervalos de cambio de aceite;

El análisis del aceite nos proporciona información de su estado, evitando cambios innecesarios.

4. Mejora de la seguridad;

Evitándose el desgaste y posible fallos de piezas móviles de la máquina.

5. Reducción de los gastos de mantenimiento;

Una reducción en las frecuencias y tiempo invertido en el mantenimiento, reduce en efecto el tiempo total invertido en realizar dicho mantenimiento y en el número de personas que tienen que intervenir.

Una vez realizado el análisis debe efectuarse el estudio de los valores obtenidos que deben estar dentro de los valores límites especificados por el fabricante del equipo dentro del manual de mantenimiento de la máquina.

Se debe tener en cuenta que tan importante como los valores límites es el estudio de la tendencia de los resultados a partir de muestras tomadas en el tiempo y frecuencia de muestreo previamente establecido.

✓ Termografía.

Con la utilización de cámaras de imagen térmica pueden obtenerse mapas de distribución de temperatura. Esta técnica requiere poca formación del personal.

✓ Análisis de las respuestas acústicas, ultrasonido.

Tanto el sonido que puede ser percibido por el ser humano, y lo que se conoce como ultrasonidos, son distintas expresiones de los mismos fenómenos distinguidas simplemente por la percepción de estos fenómenos por el oído humano.

Cuando los equipos comienzan a fallar debido a desgastes o roturas, se produce un cambio en su emisión sonora, tanto a nivel audible como ultrasónico. Si se controla adecuadamente el cambio de patrón sonoro de los elementos, se puede obtener grandes ahorros en tiempo y coste a la hora de detectar problemas. Es posible realizar una inspección ultrasónica con el fin de determinar el patrón normal de funcionamiento de distintos elementos mecánicos, el cual depende de su funcionamiento interno.

Este mantenimiento predictivo permite memorizar valores captados mediante técnicas de ultrasonido, de forma que puede visualizarse su tendencia y cómo evoluciona este valores con el tiempo.

✓ Análisis de las vibraciones

Si hay una técnica ideal para el monitorizado o seguimiento predictivo de la condición en maquinas rotativas es la *vibración*. Este método predictivo está fundamentado en el seguimiento de los valores óptimos de equipos, anticipándose a los fallos que puedan surgir.

Un análisis de vibración, llevado a cabo a través del análisis de frecuencia espectral, puede diagnosticar posibles problemas que han dado lugar a los niveles de advertencia o alarmas. Por medio del análisis se identifica el problemas permitiendo buscar el mejor método de actuar facilitando de esta forma la corrección y minimizando el MTTR, y en consecuencia, la indisponibilidad.

Para un correcto diagnóstico de vibraciones en la maquinaria rotativa es necesario seguir una serie de pasos:

1. Creación de un equipo para entrenarlas en el diagnóstico de vibraciones.
2. Miembros de estos equipos realizarán prácticas para poder enseñar a otros grupos.

3. Se tomarán equipos modelos dentro de la planta para realizarles diagnósticos de vibración.
4. Se establecerán períodos y criterios para medir las vibraciones de los equipos modelos.
5. Supervisión de estos equipos durante un período, en el cual, se han obtenido dispersión de medidas.
6. El equipo creado para los diagnósticos se reunirá para discutir las técnicas empleadas y los resultados.

Una vez diagnosticado el problema, habrá que recurrir lógicamente a la corrección del mismo para evitar el fallo de la máquina y devolverla a sus condiciones normales de funcionamiento restituyendo así la fiabilidad. Ésta es la categoría de corrección que se concretará en equilibrar, alinear, sustituir, reparar, etc. y eso sí, hacerlo con la mayor precisión para restituir, y no empeorar, la fiabilidad del equipo.

Para posibilitar la medida de la vibración y sus diferentes características es necesaria la utilización de herramientas. Estas se componen básicamente de un transductor, elemento que transforma la variable física vibración en una señal eléctrica, y un hardware que “lee” esa señal presentando su valor en un indicador y en las unidades de ingeniería correspondientes.

Los equipos de medidas que utilizan estas herramientas, tienen como misión el monitorizado de los equipos a mantener, a través de mediciones periódicas llevadas a cabo sobre las máquinas con un determinado intervalo de chequeos, aunque tan pronto como la velocidad de evolución de la máquina hacia un fallo aumente, las medidas serán continuas, siendo muy complicadas llevarlas a cabo con los equipos de medidas portátiles. Surgiendo así, el monitorizado de protección en continuo, que parte de una serie de sensores instalados en la

máquina o máquinas a proteger cuyas señales serán enviadas, por medio del correspondiente cableado, hasta los diferentes canales de entrada del hardware.

➤ Clasificación actual de los sistemas de monitorizado de condición.

✓ Sistemas off-line

Para la mayor parte de las aplicaciones, el sistema utilizado hoy en día es un colector de datos portátiles con el que, siguiendo una ruta de medidas establecidas en el software de gestión del PdM, y con la periodicidad determinada, se recogerán los datos de diferentes puntos de la máquina y los trasladaremos a la base de datos de nuestro software para su seguimiento histórico y estudio de tendencias.

Esta forma de proceder se denomina off-line puesto que obtenemos los datos manualmente “caminando alrededor de la planta”, también es conocida como walk-around. En este sistema el equipo portátil sólo estará en línea con el PC cuando se descarguen los datos.

En casi todas las plantas existen puntos de medidas de difícil o casi imposible acceso o cuya medición implica un riesgo para el personal. En estos casos, se suele recurrir a la instalación de sensores fijos que cableados a una caja de conmutación, situada en una zona accesible y segura, permitan la toma de medidas con el equipo portátil conectado a dicha caja con la periodicidad que se establezca. Continuando el sistema off-line pero facilitado por la instalación de sensores fijos.

✓ Sistemas on-line

Los sistemas on-line son aquellos que están asociados permanentemente a una o varias máquinas, y a su vez conectados a la base de datos del software

instalado normalmente en un PC sobre el cual también vamos a descargar los datos tomados con los colectores de datos portátiles off-line.

De estos sistemas podemos distinguir dos tipos:

- Sistemas de vigilancia (multiplexados); Con los que se automatiza la toma de datos de mantenimiento predictivo.
- Sistema de protección (continuos); Su primera función es proteger la máquina de fallos, pero al tener un sistema on-line se le ha dotado de herramientas para seguir los datos enfocándose hacia el mantenimiento predictivo.

La diferencia básica entre los dos sistemas, es que el sistema de vigilancia mide la señal de los sensores de uno en uno, lo cual conlleva un tiempo para poder medir los canales o sensores conectados, y si saltara la alarma en uno de los sensores no lo descubriría hasta no haber medido los demás sensores, y pasado entre medio un cierto tiempo. Si el período de tiempo desde que surge el fallo es elevado el sistema de vigilancia no es válido para evitar o anticiparse a los fallos. En los sistemas de protección las señales son medidas continuas y simultáneas, por tanto la señal está continuamente midiéndose “al milisegundo”, lo cual implica que el sistema advierte cualquier alarma en el momento exacto que esta se produce. Esto posibilita la actuación inmediata del sistema cerrándose o activándose sistemas de control sobre el equipo.

A la hora de decidir el sistema de medida idóneo y, en consecuencia, el tipo de sensor a instalar se seleccionará el sistema de monitorización desde la óptica de la máquina y sus modos de fallo. Para ello, tendremos que seleccionar y decidir:

- El parámetro o parámetros de vibración más adecuados para la detección segura de todos y cada uno de los posibles modos de fallos de la máquina.
 - La forma de medir la vibración en función del tipo de máquina.
 - El tipo de sensor más adecuado para la detección de cada parámetro.
 - El hardware que mejor se adapte a la velocidad de progresión hacia el fallo.
 - El tipo de instalación y en consecuencia el cableado para conectar los sensores al hardware.
 - El software para el seguimiento histórico de tendencias y análisis de vibración que cumpla todos los estándares del mercado y tenga una arquitectura abierta para poderse “entender” con otras plataformas software de la planta.
-
- **Paso 6: Evaluar el sistema de mantenimiento planificado.**

El objetivo del mantenimiento planificado en las industrias de proceso no es meramente planificar calendarios y técnicas de mantenimiento, sino planificar los métodos para mantener eficazmente la funcionalidad y fiabilidad esperada de los equipos. Básicamente, el mantenimiento planificado sistematiza las técnicas de mantenimiento más eficaces para eliminar los fallos que conducen a la degradación o pérdida total de las funciones de producción del equipo.

El mantenimiento planificado no solo concierne al departamento de mantenimiento, sino que en él incluyen los esfuerzos de todos los departamentos de la empresa. por ello, esta última etapa del establecimiento de un sistema de mantenimiento planificado tiene un interés especial, puesto

que el mantenimiento planificado implica evaluar a toda la empresa en un conjunto compacto y sincronizado. Así pues, examinar el mantenimiento planificado incluye no sólo al equipo directamente implicado en la producción, sino también a los sistemas de apoyo.

Estas evaluaciones de mantenimiento permiten, en función de los resultados, revisar las estrategias de mantenimiento o aceptar nuevos retos.

ANEXO 11. Pasos pilar Mantenimiento de Calidad, QA

- **Paso 1. Realización de una matriz QA.**

Para la creación de una matriz QA es necesaria una investigación de los defectos que ocurren en el equipo a estudio identificando todos los defectos que se producen en los productos, de modo que se clasifiquen según la gravedad indicándose los problemas mayoritarios que se producen con el equipo. Una vez realizado este estudio general se procede a una subdivisión del proceso en unidades más pequeñas, es decir, el equipo se dividirá en zonas indicándose la relación de la zona con los defectos que se están produciendo.

- **Paso 2. Análisis condiciones.**

Una vez terminada la matriz QA debe realizarse un análisis visual claro a través de tablas, donde se identifique de forma clara el estado del equipo, los materiales utilizados, el personal que maneja el equipo y los métodos de producción que se emplean. De este modo se puede segregar los procesos que se realizan con el equipo y así poder identificar el foco de los problemas de calidad que surgen.

- **Paso 3. Preparar cuadro de problemas.**

Una vez segregados los procesos que se realizan en el equipo de forma detallada es posible realizar un cuadro con todos los problemas que se están produciendo en el equipo planteándose las acciones que deben ser acometidas para la resolución, que puede ser inmediata si los problemas son fácilmente asequibles o pasar por un estudio posterior con FMEA si son problemas difícilmente resolubles.

- **Paso 4. Realizar FMEA.**

Los problemas difícilmente resolubles en el momento de su percepción, son necesarios clasificarlos según distintos grados de problemática que presenten, de modo que a partir de una clasificación numérica, donde los factores de frecuencia, efecto y detectabilidad son multiplicados para proporcionar en grado de seriedad y así poder actuar en primer lugar en el problema que más daño está generando en el sistema.

FMEA

Problema	Defecto causado	Frecuencia	Efecto	Detectar	Seriedad	En proceso Detectado	Método de Detección
---	---					---	---
---	---					---	---
---	---					---	---
----	---					---	---

Esta tabla debe necesariamente ir acompañada de la numeración correspondiente a cada paso (ver ANEXO 4).

- **Paso 5. Acciones de mejoras a través de análisis P-M.**

El análisis P-M (ya detallados sus pasos en el apartado 3.3.4.) es utilizado para aquellos problemas que presente una dificultad muy elevada para su resolución, siendo necesario un estudio y análisis de los problemas físicos a través de chequeos y medidas, de modo que pueda identificarse las condiciones de lo que se produce.

- **Paso 6. Evaluación de las mejoras.**

Nuevamente es necesaria la aplicación de una tabla FMEA donde se evaluará los efectos de las mejoras llevadas a cabo en el equipo.

- **Paso 7. Implantación de las mejoras.**

Este paso podría decirse que es el cierre del segundo FMEA aplicado, ya que una vez verificadas las mejoras deben implantarse de forma permanentes en los equipos.

- **Paso 8. Revisión de las nuevas condiciones.**

Al igual que la tabla de FMEA fue revisada es necesario volver a chequear el análisis de condiciones aplicado en el paso 2, para poder determinar si son apropiadas y correctas sino realizarle los cambios oportunos.

- **Paso 9. Consolidación y confirmación de los puntos de chequeo.**

Como último paso necesario para completar un pilar QA debe establecerse unos controles visuales donde se indiquen los nuevos puntos a chequear para mantener una calidad óptima de los equipos que se verá reflejado en los productos.

Anexo 12. Pilar de Prevención de Mantenimiento.

- **Paso 1: estudio y análisis de la situación.**

Para comenzar el estudio de los equipos es necesaria la recopilación de toda la información de años anteriores en los sistemas de prevención que se haya realizado en la planta, para así poder identificar los problemas en el flujo de trabajo seguido hasta entonces, pudiendo diseñarse la siguiente estructura de actuación:

1. Identificación de los problemas en el flujo de trabajo seguido en la planta.
2. Analizar los mecanismos de prevención empleados hasta entonces.
3. Investigar y establecer los problemas que sucedieron durante el arranque y producción, analizando las medidas correctoras que se emplearon.
4. Identificar cualquier retraso ocurrido durante la producción, arranque o pruebas realizadas al equipo.
5. Recopilar toda la información que guarde relación con los niveles de operación, calidad, mantenimiento, fiabilidad, seguridad y competitividad del equipo en estudio.

- **Paso 2: Implantación de PM.**

La estructura diseñada en el paso 1 debe ser usada ahora para gestionar un plan adecuado y mejorado para los equipos, con la intención de crear un equipo casi perfecto capaz de arrancar “de golpe”, y por tanto requiriendo períodos de prueba muy corto. Esto se realiza siguiendo unos pasos:

1. Esquematizar la PM requerida y definir un perfil de aplicación, donde el primer objetivo sea la erradicación de los problemas antes de que el equipo entre en servicio estable, de forma que el equipo tenga un arranque “vertical”.
2. Creación de gráficos de procesos y análisis de producción para elaborar la planificación de forma precisa asegurando que no se ha omitido ningún elemento.
3. Informatizar la información que aporta la implantación de PM.

- **Paso 3: Depurar el nuevo sistema y facilitar formación.**

Como todo sistema nuevo es necesario a medida que se implanta realizar mejoras y depuraciones en las actuaciones tomadas, esto aporta al personal de ingeniería y mantenimiento una evolución en los conocimientos que poseen de los equipos, aumentando la eficiencia de estos en las nuevas acometidas. Los beneficios logrados deben ser nuevamente documentados.

- **Paso 4: Aplicar el nuevo sistema ampliando su radio de acción.**

Generalmente los pasos anteriormente descritos son aplicados a un equipo piloto, para posteriormente una vez analizado los beneficios ampliarlo a toda la planta.

ANEXO 13. RCM

El RCM, debe estar basado en la selección de técnicas más apropiadas para poder manejar distintos tipos de fallos, satisfaciendo así, las expectativas de los dueños de los activos, con el apoyo y cooperación de todas las personas involucradas.

El proceso RCM debe ser capaz de formular siete preguntas básicas del sistema que tratará de analizar:

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla en sus funciones?
- ¿Cuál es la causa de los fallos funcionales?
- ¿Qué sucede cuando ocurre un fallo?
- ¿De qué manera influye cada fallo?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir/predecir cada fallo?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea para solucionarlo adecuadamente?

Antes de poder decidir que proceso aplicar, hay que tener claros dos conceptos; lo que los usuarios quieren que se haga y asegurarse que se es capaz de realizarlo. Por ello, inicialmente habrá que definir las funciones de los equipos, junto con las condiciones deseadas y todo ello, en conjunto con los que utilizan los equipos ya que son los que mejor los conocen.

El proceso RCM enmarca siete preguntas básicas, que el personal de mantenimiento no puede responder por sí sólo. Muchas de las respuestas, si no la mayoría, serán proporcionadas por el personal de producción. Esto se aplica especialmente a las preguntas relacionadas con las funciones, los efectos de los fallos, el funcionamiento deseado, y las consecuencias de fallos.

Por esta razón al formarse pequeños grupos de revisión es necesario incorporar, aunque sea sólo uno, parte del personal de producción y de mantenimiento.

Estos grupos de RCM, encabezado por los facilitadores que son aquellos miembros especialistas en RCM, deben asegurar:

- ✓ Que el análisis RCM se lleve a cabo en el nivel correcto y que los resultados del análisis sean debidamente registrados.
- ✓ Que el RCM sea perfectamente comprendido y aplicado.
- ✓ Un rápido y ordenado consenso de los miembros que lo forman.
- ✓ Que el análisis progrese razonablemente rápido y termine a tiempo.

Si el análisis RCM es aplicado de forma correcta, se llegará a tres resultados tangibles:

- Planes de mantenimiento a ser realizados por el departamento de mantenimiento.
- Procedimientos de operación revisados, para los operarios.

- Una lista de cambios que deben hacerse al diseño del equipo o a la manera en que es operado para lidiar con situaciones en las que no puede proporcionar el funcionamiento deseado en su configuración actual.

Los logros que se quieren conseguir a partir del RCM es permitir que las funciones de mantenimiento satisfagan las siguientes expectativas:

1. Mayor seguridad e integración ambiental: Se debe actuar para minimizar o eliminar todos los riesgos identificables relacionados con la seguridad del equipo y el ambiente.
2. Mejor funcionamiento operacional: RCM especifica las normas de mantenimiento más adecuadas para cada situación. Este esfuerzo de enfocar el mantenimiento lleva a grandes mejoras en el funcionamiento de los equipos existentes.
3. Mayor costo-eficacia del mantenimiento: Se focaliza en las actividades que tienen mayor efecto en el funcionamiento de la planta. Además si se utiliza RCM en los sistemas de mantenimiento ya existentes reduce la cantidad de trabajos de rutina.
4. Mayor vida útil de componentes costosos: gracias al continuo uso de técnicas de mantenimiento predictivo.
5. una base de datos global: la información almacenada en las hojas de trabajo de RCM reduce los efectos de la rotación del personal y la pérdida de experiencia que esto provoca.
6. mayor motivación del personal: el mayor entendimiento por parte de todos los integrantes del grupo de análisis, junto con el “sentido de pertenencia” motiva que se involucren en el proceso.
7. Mayor trabajo en equipo.

Capítulo 7: Bibliografía

Libros:

- TPM hacia la competitividad a través de los equipos de producción, Luis Cuatrecasas (Em 3036)
- Planificando para la calidad, Howard S. Gitlow y Process Management International, Inc. Ediciones Ventura Ediciones S.A. de C.V., 1991 (658.56 GIT)
- Dirigir con calidad total
- Mantenimiento de calidad. Cero defectos a través de la gestión del equipo. Seiji Tsuchiya 1995. TGP Hoshin Madrid.
- Productivity Press, 5S para todos -5 pilares de las fábricas visuales Madrid. Ed. TGP Hoshin. [1997]
- Cuadernos de dirección de fábricas: Estudios de casos de mejoras (Sistemas de Control Visual). Nikkan Kogyo Shimbun [1993]

Artículos:

- Revista Mantenimiento (octubre 1999) Número
 - Importancia del TPM en el mercado moderno y su papel en la competitividad. Pág. 47-51. Fermín Gómez Fraile Responsable de Calidad en la Fundación CONFEMETAL.
- Revista Mantenimiento (Marzo 2004) Número 172.
 - Implantación y Gestión de un proyecto de mantenimiento centrado en la fiabilidad. Pág. 16-24. Paulo Jorge Domínguez. ENDESA GENERACIÓN.

- Revista Mantenimiento (Octubre 2006) Número 197.
 - Proceso de aprendizaje en el desarrollo del TPM. Pág. 46-54. H. Álvarez Laverde. Director Advanced Productive Solutions.

- Revista Mantenimiento (Enero-Febrero 2007) Número 201.
 - Paradas de mantenimiento. Pág. 26-34. F. Orzáez Sancho. REPSOL-YPF

- Revista Mantenimiento (Marzo 2007) Número 202.
 - Selección de un sistema GMAO. Pág. 6-13. José P. Inestal ALLEGRO SYSTEMS INTERNATIONAL

- Revista Mantenimiento (Septiembre 2007) Número 207.
 - Gestión del conocimiento en planta. Soporte de herramientas GMAO. Pág. 31-36 JM Borda Eleja Barrieta. Director General Sisteplant.

Enlaces web:

- www.solomantenimiento.com
- www.mantenimientomundial.com
- www.gmao.es
- www.mantonline.com
- www.noria.com
- Ministerio de trabajo e inmigración. www.mtas.es

