

Santiago García Garrido

ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO

Organización y gestión integral de mantenimiento

Manual práctico para la implantación
de sistemas de gestión avanzados
de mantenimiento industrial

Santiago García Garrido

Organización y gestión integral de mantenimiento

Manual práctico para la implantación
de sistemas de gestión avanzados
de mantenimiento industrial



Fotografía de cubierta: Santiago García Garrido

© Santiago García Garrido, 2003

Reservados todos los derechos.

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

© Ediciones Díaz de Santos, S. A.
Doña Juana I de Castilla, 22.
28027 Madrid

Internet: <http://www.diazdesantos.es/ediciones>
E-mail: ediciones@diazdesantos.es

ISBN: 84-7978-548-9
Depósito legal: M. 15.861-2003

Diseño de cubierta: Ángel Calvete
Fotocomposición: Fernández Ciudad, S. L.
Impresión: Fernández Ciudad, S. L.

Encuadernación: Rústica-hilo, S. L.

Impreso en España

*A mi padre,
por haber sido un ejemplo
para mí*

Índice

Agradecimientos	XIII
1. La función mantenimiento	1
1.1. ¿Qué es mantenimiento?	1
1.2. Mantenimiento como cliente interno de producción	2
1.3. Por qué debemos gestionar el mantenimiento	3
1.4. Este libro y sus objetivos	4
2. Análisis de equipos	7
2.1. Lista de equipos	8
2.2. Codificación de equipos	13
2.3. Tipos de mantenimiento	17
2.4. Los tipos de mantenimiento no son directamente aplicables.	18
2.5. Modelos de mantenimiento posibles	19
2.6. Análisis de criticidad	24
2.7. Selección del modelo de mantenimiento	26
2.8. Ficha de equipo	29
2.9. Hoja-resumen de los equipos de una planta	35
3. El Plan de mantenimiento basado en RCM	37
3.1. Determinación de fallos funcionales y fallos técnicos	39
3.2. Clasificación de los fallos	41
3.3. Determinación de los modos de fallo	42
3.4. Determinación de medidas preventivas	43

3.5.	Consulta al manual del equipo	48
3.6.	Determinación del repuesto a partir del análisis de fallos ...	66
3.7.	Elaborando un plan de mantenimiento inicial muy rápido ..	67
3.8.	Agrupación de las tareas. Gamas y Rutas de mantenimiento	75
3.9.	Informes tras la realización de Gamas y Rutas	79
3.10.	Puesta en marcha	82
3.11.	Procedimientos de realización de Gamas y Rutas de mantenimiento	83
3.12.	Planificación del mantenimiento	94
3.13.	Organización de paradas	95
3.14.	La mejora continua del Plan de mantenimiento	97
4.	Gestión del mantenimiento correctivo	99
4.1.	Distribución del tiempo en la reparación de una avería	100
4.2.	Asignación de prioridades	103
4.3.	Listas de averías. Ayudas al diagnóstico	106
4.4.	Causas de fallos	109
4.5.	Análisis de fallos	111
5.	Gestión de repuestos	119
5.1.	Clasificación de los repuestos	119
5.2.	Aspectos a tener en cuenta en la selección del repuesto	121
5.3.	Determinación del repuesto que debe permanecer en stock.	123
5.4.	Identificación de los repuestos	125
5.5.	Almacenes	125
5.6.	Inventarios	128
6.	Gestión de los recursos humanos en mantenimiento	131
6.1.	Definición de puestos de trabajo	132
6.2.	Organigramas en mantenimiento	142
6.3.	Mantenimiento centralizado y distribuido	146
6.4.	Mantenimiento a turnos rotativos	147
6.5.	Especialización y polivalencia	153
6.6.	Flexibilidad	156
6.7.	Motivación	158
6.8.	Procesos aditivos: la contratación de personal	161

6.9.	Procesos sustractivos: reducción de la plantilla	173
6.10.	Base de datos del personal	176
6.11.	Planes de formación	177
6.12.	Otras formas de optimización	183
7.	Calidad de mantenimiento	189
7.1.	Qué significa calidad en mantenimiento	189
7.2.	Calidad y mano de obra	190
7.3.	Calidad y materiales	191
7.4.	Calidad y medios técnicos	192
7.5.	Calidad y métodos de trabajo	193
7.6.	Calidad y resultados	193
7.7.	Calidad e ISO 9000	194
7.8.	La ISO 9000 como forma de aseguramiento de la calidad ..	201
7.9.	Auditorías de Calidad de Mantenimiento	202
8.	Gestión de la prevención de riesgos laborales	223
8.1.	Riesgos laborales en mantenimiento	225
8.2.	Evaluación de Riesgos	235
8.3.	Plan de Seguridad	237
8.4.	Equipos de Protección Individual (EPI)	237
8.5.	Investigación de accidentes	239
8.6.	Índices de evolución de la seguridad	240
8.7.	Accidentes más frecuentes en mantenimiento	241
8.8.	Formación en seguridad	242
8.9.	Responsabilidades sociales, civiles y penales	243
8.10.	Incumplimientos sancionables	243
9.	Gestión de la información	249
9.1.	Órdenes de Trabajo (O.T.)	250
9.2.	Indicadores	255
9.3.	Informes periódicos	268
9.4.	Archivo de mantenimiento	269
9.5.	Archivo técnico	272
9.6.	Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO). ..	273

10. Gestión del cambio 279

 10.1. Recursos necesarios 280

 10.2. Fase previa 281

 10.3. Implantación 282

 10.4. Desarrollo 288

 10.5. Optimización 293

Bibliografía 297

Agradecimientos

A Alex Giraudo, porque juntos concebimos la idea de escribir este libro.

A Marta López, por el trabajo realizado en las correcciones finales.

A Marta Martín. Como experta en Recursos Humanos ha contribuido decisivamente en la redacción del Capítulo 6.

A Miguel Angel Romera. Las charlas mantenidas desde su puesto de Jefe de Mantenimiento de TDE AIE han enriquecido algunos capítulos de este libro.

A Juan Ruiz Canales, Joaquín Jaumandreu, José María Pau y José Luis Mesa, por haberme dado la oportunidad de experimentar las ideas expuestas en este libro en empresas de varios países, y darle así un carácter internacional.

Y, sobre todo, a Pedro Pablo García Sarmiento, Albert Biete, y Francisco Javier Hervás. A menudo pienso que son ellos los verdaderos autores de las ideas vertidas en este libro, y que yo simplemente me limité a escribir lo que descubríamos juntos.

La función mantenimiento

1.1. ¿QUÉ ES MANTENIMIENTO?

Definimos habitualmente *mantenimiento* como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos.

A partir de la Primera Guerra Mundial, y sobre todo, de la Segunda, aparece el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento buscan no sólo solucionar las fallas que se producen en los equipos, sino, sobre todo, prevenirlas, actuar para que no se produzcan. Esto supone crear una nueva figura en los departamentos de mantenimiento: personal cuya función es estudiar qué tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas. El personal indirecto, que no está involucrado directamente en la realización de las tareas, aumenta, y con él los costes de mantenimiento. Pero se busca aumentar y fiabilizar la producción, evitar las pérdidas por averías y sus costes asociados. Aparece el Mantenimiento Preventivo, el Mantenimiento Predictivo, el Mantenimiento Proactivo, la Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador, y el Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM). El RCM como estilo de gestión de mantenimiento, se basa en el estudio de los equipos, en el análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección. Podríamos decir que RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica.

Paralelamente, sobre todo a partir de los años 80, comienza a introducirse la idea de que puede ser rentable volver de nuevo al modelo inicial: que los operarios de producción se ocupen del mantenimiento de los equipos. Se desarrolla el TPM, o Mantenimiento Productivo Total, en el que algunas de las tareas normalmente realizadas por el personal de mantenimiento son ahora realizadas por operarios de producción. Esas tareas «transferidas» son trabajos de limpieza, lubricación, ajustes, reaprietes de tornillos y pequeñas reparaciones. Se pretende conseguir con ello que el operario de producción se implique más en el cuidado de la máquina, siendo el objetivo último de TPM conseguir *cero averías*. Colmo filosofía de mantenimiento, TPM se basa en la formación, motivación e implicación del equipo humano, en lugar de la tecnología.

TPM y RCM no son formas opuestas de dirigir el mantenimiento, sino que ambas conviven en la actualidad en muchas empresas. En algunas de ellas, RCM impulsa el mantenimiento, y con esta técnica se determinan las tareas a efectuar en los equipos; después, algunas de las tareas son transferidas a producción, en el marco de una política de implantación de TPM. En otras plantas, en cambio, es la filosofía TPM la que se impone, siendo RCM una herramienta más para la determinación de tareas y frecuencias en determinados equipos.

Por desgracia, en otras muchas empresas ninguna de las dos filosofías triunfa. El porcentaje de empresas que dedican todos sus esfuerzos a mantenimiento correctivo y que no se plantean si esa es la forma en la que se obtiene un máximo beneficio (objetivo último de la actividad empresarial) es muy alto. Son muchos los responsables de mantenimiento, tanto de empresas grandes como pequeñas, que creen que estas técnicas están muy bien en el campo teórico, pero que en su planta no son aplicables: parten de la idea de que la urgencia de las reparaciones es la que marca y marcará siempre las pautas a seguir en el departamento de mantenimiento.

1.2. MANTENIMIENTO COMO CLIENTE INTERNO DE PRODUCCIÓN

Desde que las empresas entendieron que deberían diferenciar la sección de personal dedicada a producción del personal dedicado al cuidado de los equipos e instalaciones, los departamentos de mantenimiento han estado tradicionalmente subordinados a producción, siempre por debajo en la línea jerárquica de la empresa

El concepto de cliente interno aparece a mediados de los años 80, con la introducción masiva de las formas de gestión de empresas japonesas. Es un concepto muy interesante para cadenas de producción, en las que una fase de la producción proporciona la «materia prima» con la que se elaborará la siguiente. Es necesario, en estos casos, que la fase anterior compruebe que en-

trega un producto que alcanza perfectamente las especificaciones que necesita la fase siguiente.

Este concepto de cliente interno se aplicó también a otros departamentos, estableciéndose en multitud de empresas que Mantenimiento es el «proveedor» de producción, y éste, por tanto, su cliente. Según esa concepción, otros departamentos, como Ingeniería, Métodos o Compras, también son proveedores de Producción.

Este planteamiento es más evidente aún en entornos no industriales, como un hospital, un aeropuerto, etc. En un hospital, por ejemplo, el personal médico (asimilable con el personal de producción) suele estar muy por encima en la escala jerárquica respecto a los mandos de mantenimiento, a pesar de que es evidente de que la vida de un paciente puede depender del buen funcionamiento de un equipo (incluso del buen funcionamiento del sistema de acondicionamiento de aire).

Esta forma de establecer la relación entre Mantenimiento y Producción tal vez sea válida en entornos en los que no existe Gestión de Mantenimiento, donde Mantenimiento tan solo se ocupa de la reparación de las fallas que comunica Producción. Pero esta situación es muy discutible cuando el mantenimiento se gestiona, entendiendo por gestionar *tratar de optimizar los recursos que se emplean*. En estos casos, Producción y Mantenimiento son dos elementos igualmente importantes del proceso productivo, dos ruedas del mismo carro. Un carro que, por cierto, tiene más ruedas: Ingeniería, Compras, Calidad, Administración... Para que la organización funcione es necesario que funcionen todos sus departamentos, cada una de sus áreas. Podríamos decir incluso que la eficiencia de una organización está determinada por el departamento que peor funcione. De nada sirve una empresa en la que el departamento de calidad es estupendo si el departamento comercial no consigue colocar en el mercado el producto o servicio; de poco sirve, igualmente, que el departamento de mantenimiento sea excelente si la producción está pésimamente organizada, y viceversa.

Por tanto, en entornos en los que el mantenimiento se gestiona, podemos decir que Producción no es el cliente de Mantenimiento.

1.3. POR QUÉ DEBEMOS GESTIONAR EL MANTENIMIENTO

¿Por qué debemos gestionar la función *mantenimiento*? ¿No es más fácil y más barato acudir a reparar un equipo cuando se avería y olvidarse de planes de mantenimiento, estudio de fallas, sistemas de organización, que incrementan notablemente la mano de obra indirecta? Veamos por qué es necesario gestionar el mantenimiento:

1. *Porque la competencia obliga a rebajar costes*. Por tanto, es necesario optimizar el consumo de materiales y el empleo de mano de obra. Para

ello es imprescindible estudiar el modelo de organización que mejor se adapta a las características de cada planta; es necesario también analizar la influencia que tiene cada uno de los equipos en los resultados de la empresa, de manera que dediquemos la mayor parte de los recursos a aquellos equipos que tienen una influencia mayor; es necesario, igualmente, estudiar el consumo y el stock de materiales que se emplean en mantenimiento; y es necesario aumentar la disponibilidad de los equipos, no hasta el máximo posible, sino hasta el punto en que la indisponibilidad no interfiera en el Plan de Producción.

2. *Porque han aparecido multitud de técnicas que es necesario analizar*, para estudiar si su implantación supondría una mejora en los resultados de la empresa, y para estudiar también cómo desarrollarlas, en el caso de que pudieran ser de aplicación. Algunas de estas técnicas son las ya comentadas: TPM (*Total Productive Maintenance*, Mantenimiento Productivo Total), RCM (*Reliability Centered Maintenance*, Mantenimiento Centrado en Fiabilidad), Sistemas GMAO (*Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador*), diversas técnicas de Mantenimiento Predictivo (Análisis vibracional, termografías, detección de fugas por ultrasonidos, análisis amperimétricos, etc.).
3. *Porque los departamentos necesitan estrategias*, directrices a aplicar, que sean acordes con los objetivos planteados por la dirección.
4. *Porque la calidad, la seguridad, y las interrelaciones con el medio ambiente son aspectos que han tomado una extraordinaria importancia* en la gestión industrial. Es necesario gestionar estos aspectos para incluirlos en las formas de trabajo de los departamentos de mantenimiento.

Por todas estas razones, es necesario definir políticas, formas de actuación, es necesario definir objetivos y valorar su cumplimiento, e identificar oportunidades de mejora. En definitiva, es necesario *gestionar mantenimiento*.

1.4. ESTE LIBRO Y SUS OBJETIVOS

El objetivo planteado al escribir este libro es indicar al lector una forma de gestionar el mantenimiento que incluya todos los aspectos relativos a éste, con los que tiene que enfrentarse el responsable del departamento. Como se decía en un apartado anterior, es necesario definir políticas de mantenimiento que engloben cada uno de los aspectos antes relacionados. Esos aspectos están ahí, e invariablemente estarán afectando los resultados del departamento y, por consiguiente, de la empresa. Podemos decidir entre gestionarlos y, por tanto, mantenerlos controlados, o no gestionarlos, y

que, por tanto, escapen de nuestro control. Así, los problemas de Seguridad están ahí. Podemos decidir entre trazar políticas y estrategias que minimicen los riesgos laborales, o bien, no hacer nada y confiar en que la casualidad no nos juegue una mala pasada. Los materiales que son necesarios para realizar las intervenciones también son una realidad: también podemos decidir entre que sea el día a día y la improvisación quien marque la forma de actuación, o bien establecer políticas de almacenamiento, de selección, de compras, etc.

Como se detalla en cada uno de los capítulos de este libro, los principales aspectos que se estudian son los siguientes:

- Cómo abordar la realización de un Plan de Mantenimiento. En el Capítulo 2 se estudia cómo clasificar los equipos en función de su importancia y qué modelo de mantenimiento puede ser aplicable a cada equipo. En el Capítulo 3 se estudia cómo determinar las tareas de mantenimiento a aplicar y su frecuencia.
- La gestión del mantenimiento correctivo. Si muchas plantas utilizan únicamente este tipo de mantenimiento será porque ofrece unos resultados determinados, porque tendrá algunas ventajas. Una adecuada gestión de este tipo de mantenimiento es imprescindible en cualquier planta, cualquiera que sea el modelo organizacional del departamento de mantenimiento.
- La gestión de repuestos y materiales que se utilizan en mantenimiento, comenzando por la selección del material que debe permanecer en stock, y continuando con el almacenaje, el registro de los movimientos de entrada y salida de materiales y la compra
- La gestión de los recursos humanos. El personal de mantenimiento tiene algunas peculiaridades que lo hacen diferente del personal de otros departamentos, y que es necesario conocer. Se estudia el proceso de selección, la motivación, la formación, etc.
- La gestión de la calidad. Muchas empresas han implantado sistemas de aseguramiento de la calidad, unas según estándares internacionales (ISO 9000) y otras buscando proyectos más ambiciosos, en el marco de la Calidad Total. Se estudia en este libro cuál es la relación del departamento de mantenimiento con estos sistemas de aseguramiento de la calidad
- La gestión de la seguridad. Por muchas razones, la actividad de mantenimiento implica riesgos para el personal, mayor incluso que el de otros departamentos de la empresa. Se estudia cuáles son esos riesgos, cómo analizarlos y valorarlos, cuáles son las responsabilidades sociales, civiles y penales en caso de accidentes. Se estudian, además, las obligaciones que exige la Administración a los responsables de mantenimiento.

- La gestión de la información. Mantenimiento genera y utiliza gran cantidad de información. Se estudia en ese último capítulo como gestionar esta información, de forma que cuando se necesite esté disponible, y que se empleen los mínimos recursos en esta función.
- La gestión del cambio. Si el lector ha quedado convencido con el modelo de gestión que se propone, puede preguntarse: ¿y cómo se realiza el cambio desde la situación actual a la que se detalla en este libro? Por ello, se dedica el último capítulo a explicar cómo podría realizarse el proceso de cambio, qué etapas habría que completar, qué recursos deben emplearse y cuáles son los objetivos parciales y finales del proceso. Todo ello, con el fin de asegurar un cambio tranquilo que garantice unos buenos resultados.

Análisis de equipos

Hoy por hoy no es justificable pensar que toda una planta debe estar sujeta a un tipo de mantenimiento (por ejemplo, correctivo, o preventivo, etc.). Cada equipo ocupa una posición distinta en el proceso industrial, y tiene unas características propias que lo hacen diferente del resto, incluso de otros equipos similares. Esto quiere decir que una bomba o un motor pueden necesitar de unas tareas de mantenimiento, mientras que otra bomba y otro motor similares pueden necesitar de otro tipo de tareas muy distintas. Si queremos optimizar, ya no es suficiente con pensar en el tipo de instalación o en las características del equipo. Es necesario tener en cuenta toda una serie de factores, como el coste de una parada de producción, su influencia en la seguridad, el coste de una reparación, etc., que van a determinar las tareas de mantenimiento más convenientes para cada equipo.

Planteado de esta forma, el trabajo previo que debemos realizar en una planta antes de elaborar el Plan de Mantenimiento es muy grande. Muy grande y muy importante. Debemos estudiar cada uno de los equipos que constituyen la planta con cierto nivel de detalle, determinando qué tareas son rentables y cuáles no lo son. En una planta que posea cientos o miles de equipos, este trabajo puede parecer inmenso e interminable, pero no es así. En una planta de tamaño medio, con algo menos de mil equipos, este trabajo puede suponer entre 4 y 6 semanas de un técnico que posea la formación adecuada. A la vez que realizamos este análisis, obtendremos una serie de información adicional:

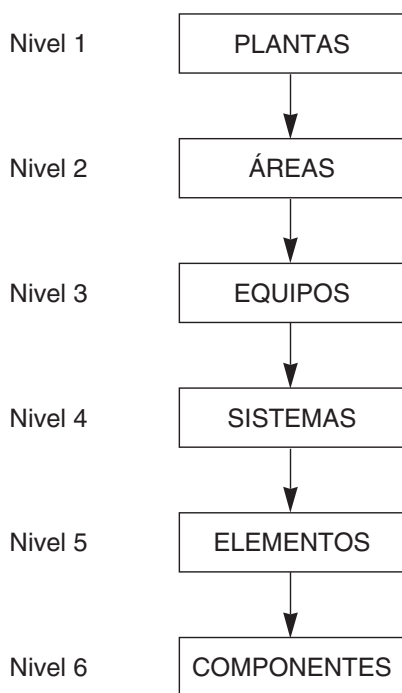
- Datos fundamentales para la elaboración del presupuesto anual de mantenimiento (repuestos y consumibles, importe de los subcontratos, trabajos durante las *paradas programadas*, estimación de la carga de mano de obra en horas/hombre).
- Repuesto que necesitamos en stock en la planta.
- Ayuda para la elaboración del Plan de Formación.
- Subcontratos necesarios con los fabricantes de algunos equipos.

2.1. LISTA DE EQUIPOS

El primer problema que se plantea al intentar realizar un Análisis de Equipos es elaborar una lista ordenada de los equipos que hay en ella. Realizar un inventario de los activos de la planta es algo más complejo de lo que pueda parecer en un primer momento.

Una simple lista de todos los motores, bombas, sensores, etc., de la planta no es útil ni práctica. Una lista de estas características no es más que una lista de datos, no es información¹. Si queremos elaborar una lista de equipos realmente útil, debemos expresar esta lista en forma de estructura arbórea, en la que se indiquen las relaciones de dependencia de cada uno de los *ítems* con los restantes.

En una planta industrial podemos distinguir los siguientes niveles, a la hora de elaborar esta estructura arbórea:



Una empresa puede tener una o varias plantas de producción, cada una de las cuales puede estar dividida en diferentes zonas o áreas funcionales. Estas áreas pueden tener en común la similitud de sus equipos, una línea de pro-

¹ Para comprender la diferencia entre datos e información, leer el Capítulo 9, «Gestión de la Información».

ducto determinada o una función. Cada una de estas áreas estará formada por un conjunto de equipos, iguales o diferentes, que tienen una entidad propia. Cada equipo, a su vez, está dividido en una serie de sistemas funcionales, que se ocupan de una misión dentro de él. Los sistemas, a su vez, se descomponen en elementos (el motor de una bomba de lubricación será un elemento). Los componentes son partes más pequeñas de los elementos, y son las partes que habitualmente se sustituyen en una reparación.

Definamos en primer lugar qué entendemos por cada uno de estos términos:

Planta: Centro de trabajo. Ej.: Empresa X, Planta de Barcelona

Área: Zona de la planta que tiene una característica común (centro de coste, similitud de equipos, línea de producto, función). Ej.: Área Servicios Generales, Área hornos, Área Línea 1.

Equipo: Cada uno de las unidades productivas que componen el área, que constituyen un conjunto único².

Sistema: Conjunto de elementos que tienen una función común dentro de un equipo.

Elemento: cada uno de las partes que integran un sistema. Ej.: el motor de la bomba de lubricación de un compresor. Es importante diferenciar elemento y equipo. Un equipo puede estar conectado o dar servicio a más de un equipo. Un elemento, en cambio, sólo puede pertenecer a un equipo. Si el *item* que tratamos de identificar puede estar conectado o dar servicio simultáneamente a más de un equipo, será un equipo, y no un elemento. Así, si una bomba de lubricación sólo lubrica un compresor, se tratará de un elemento del compresor. Si, en cambio, se trata de una bomba que envía aceite de lubricación a varios compresores (sistema de lubricación centralizado), se tratará en realidad de otro equipo, y no de un elemento de alguno de ellos.

Componentes: partes en que puede subdividirse un elemento. Ej.: Rodamiento de un motor, junta rascadora de un cilindro neumático.

² Existe un problema al determinar cómo clasificar las redes de distribución de determinados fluidos, como el agua de refrigeración, el aire comprimido, el agua contra-incendios, la red de vacío, etc. Una posible alternativa es considerar toda la red como un equipo, y cada una de las válvulas y tuberías como elementos de ese equipo. Es una solución discutible, pero muy práctica.

EJEMPLO 2.1
LISTA DE EQUIPOS EN EMPRESA
DE FABRICACIÓN DE *COMPACT DISC*

Si tomamos como ejemplo una Planta de Producción de Discos Ópticos (CD), la lista de los equipos que la componen podría ser la siguiente:

- 1. Compresor 1.
- 2. Compresor 2.
- 3. Secador de aire.
- 4. Bomba de vacío 1.
- 5. Equipo contraincendios.
- 6. Laboratorio de *premastering*.
- 7. Laboratorio de *mastering*.
- 8. Laboratorio de producción de matrices.
- 9. Inyectora 1.
- 10. Inyectora 2.
- 11. Inyectora 3.
- 12. Impresora 1.
- 13. Impresora 2.
- 14. Laboratorio serigráfico.
- 15. Máquina envasado 1.
- 16. Maquina de envasado 2.

Expresado así, no es más que una lista de equipos desestructurada, que no aporta ninguna información. La misma lista puede expresarse de esta forma:

LISTA DE EQUIPOS
EMPRESA: CD-MANUFACTURE
PLANTA: BARCELONA

Nivel 1 ÁREA	Nivel 2 EQUIPO	Nivel 3 SISTEMA
ÁREA SERVICIOS GENERALES	<i>Equipo contra-incendios</i>	Sistema de almacenamiento de agua
		Sistema de bombeo
	<i>Red de agua contra-incendios</i>	Sistema de BIE
		Sistema de hidrantes
		Sistema de detección
		Tuberías
		Válvulas

LISTA DE EQUIPOS (Continuación)
EMPRESA: CD-MANUFACTURE
PLANTA: BARCELONA

Nivel 1 ÁREA	Nivel 2 EQUIPO	Nivel 3 SISTEMA
	<i>Compresor 1</i>	Sistema de lubricación
		Sistema de refrigeración
		Sistema de admisión de aire
		Elementos estáticos
		Elementos rotativos
		Instrumentación
		Control
		Alimentación eléctrica
	<i>Compresor 2</i>	Sistema de lubricación
		Sistema de refrigeración
		Sistema de admisión de aire
		Elementos estáticos
		Elementos rotativos
		Instrumentación
		Control
		Alimentación eléctrica
	<i>Secador de aire</i>	Sistema de refrigeración
		Ciclo de frío (lado refrigerante)
		Sistema de extracción de agua
	<i>Red de aire comprimido</i>	Tuberías
		Válvulas
		Instrumentación
	<i>Bomba de Vacío</i>	Sistema de lubricación
		Sistema de refrigeración
		Sistema de admisión de aire
		Elementos estáticos
		Elementos rotativos
		Instrumentación
		Control
		Alimentación eléctrica
	<i>Red de Vacío</i>	Tuberías
		Válvulas
		Instrumentación
ÁREA 2: MASTERING	<i>Laboratorio de Premastering</i>	
	<i>Laboratorio de Mastering</i>	
	<i>Laboratorio de Matrices</i>	

LISTA DE EQUIPOS (Continuación)
EMPRESA: CD-MANUFACTURE
PLANTA: BARCELONA

Nivel 1 ÁREA	Nivel 2 EQUIPO	Nivel 3 SISTEMA
ÁREA 3: INYECCIÓN	<i>Inyectora 1</i>	Sistema hidráulico
		Sistema de alimentación de policarbonato
		Sistema de conformado del disco
		Sistema de transporte
		Sistema de metalizado
		Sistema de lacado
		Sistema de inspección final
	<i>Inyectora 2</i>	Sistema hidráulico
		Sistema de alimentación de policarbonato
		Sistema de conformado del disco
		Sistema de transporte
		Sistema de metalizado
		Sistema de lacado
		Sistema de inspección final
	<i>Inyectora 3</i>	Sistema de control
		Sistema hidráulico
		Sistema de alimentación de policarbonato
		Sistema de conformado del disco
		Sistema de transporte
		Sistema de metalizado
		Sistema de lacado
		Sistema de inspección final
ÁREA 3: SERIGRAFÍA	<i>Impresora 1</i>	Sistema hidráulico
		Sistema de control
	<i>Impresora 2</i>	Sistema de impresión
		Sistema hidráulico
		Sistema de control
	<i>Laboratorio de serigrafía</i>	Sistema de impresión
		Sistema de fabricación de telas
ÁREA 4: ENVASADO	<i>Envasadora 1</i>	Sistema neumático
		Sistema eléctrico
		Sistema de control
	<i>Envasadora 2</i>	Sistema mecánico
		Sistema neumático
		Sistema eléctrico
		Sistema de control
		Sistema mecánico

2.2. CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

Una vez elaborada la lista de equipos es muy importante identificar cada uno de los equipos con un código único. Esto facilita su localización, su referencia en órdenes de trabajo, en planos, permite la elaboración de registros históricos de fallos e intervenciones, permite el cálculo de indicadores referidos a áreas, equipos, sistemas, elementos, etc., y permite el control de costes.

Básicamente, existen dos posibilidades a la hora de codificar:

- Sistemas de codificación no significativos: son sistemas que asignan un número o un código correlativo a cada equipo, pero el número o código no aporta ninguna información adicional.
- Sistemas de codificación significativos o inteligentes, en el que el código asignado aporta información.

La ventaja del empleo de un sistema de codificación no significativo, de tipo correlativo, es la simplicidad y la brevedad del código. Con apenas 4 dígitos es posible codificar la mayoría de las plantas industriales. La desventaja es la dificultad para ubicar una máquina a partir de su código: es necesario tener siempre a mano una lista para poder relacionar cada equipo con su código. Eso, o tener una memoria prodigiosa.

Un sistema de codificación significativo aporta valiosa información sobre el equipo al que nos referimos: tipo de equipo, área en el que está ubicada, familia a la que pertenece, y toda aquella información adicional que queramos incorporar al código. El problema es que al añadir más información el código aumenta de tamaño.

Como quiera el empleo de sistemas correlativos es muy sencillo, estudiaremos los sistemas de codificación significativos.

Información útil que debe contener el código de un ítem

La información que debería contener el código de un equipo debería ser el siguiente:

- Planta a la que pertenece.
- Área al que pertenece dentro de la planta.
- Tipo de equipo.

Los elementos que forman parte de un equipo deben contener información adicional:

- Tipo de elemento.
- Equipo al que pertenecen.
- Dentro de ese equipo, sistema en el que están incluidos.
- Familia a la que pertenece el elemento. La clasificación en familias es muy útil, ya que nos permite hacer listados de elementos. Se puede

encontrar una lista de familias en que pueden clasificarse los elementos más adelante.

Una vez elaborada la lista de equipos, y teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores, es posible abordar la tarea de la codificación, fijando los criterios que la regirán. Un ejemplo de codificación se incluye en el punto siguiente.

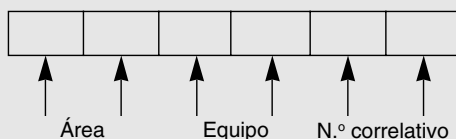
EJEMPLO 2.2

UNA FORMA DE CODIFICAR LOS ACTIVOS DE UNA PLANTA

Para este ejemplo, se ha utilizado la planta de producción de *Compact Disc* que se detallaba en el apartado dedicado a la elaboración de listas de equipos. Se han codificado tanto los equipos como los elementos que los componen.

Para definir el código en este ejemplo, se han definido la siguiente estructura:

Códigos para equipos



Como se indica en la Figura, el Área de la Planta en que está ubicado el equipo estaría definido por dos caracteres alfanuméricos, el tipo de equipo por dos caracteres alfabéticos, y el número correlativo por dos caracteres numéricos.

En la siguiente Tabla figuran algunos ejemplos de códigos que pueden utilizarse para identificar el tipo de equipo:

Código	Tipo de equipo	Código	Tipo de equipo
BS	Caldera de vapor	C0	Red de Aire comprimido
BF	Caldera de Fluido Térmico	R0	Red de Agua de refrigeración
CR	Compresor rotativo	F0	Red contraincendios
CC	Compresor Centrifugo	E0	Red eléctrica general
CT	Compresor de tornillo	V0	Red de Vacío
SC	Secador de aire por sistema frigorífico	S0	Red de Vapor

(Continuación)

Código	Tipo de equipo	Código	Tipo de equipo
SG	Secador de aire por silica gel	H0	Red de agua sobrecalentada
TS	Tanque de almacenamiento a presión atmosférica	W0	Red de agua industrial
TP	Tanque de almacenamiento a presión superior a la atmosférica	G0	Red de gas
OE	Horno eléctrico	FC	Equipo frigorífico por compresión
OG	Horno de gas	FA	Equipo frigorífico por absorción
TR	Reactor	CL	Climatizador
ET	Intercambiador de haces tubulares	EP	Intercambiador de placas
AR	Aerorefrigerador	IN	Inyectora
RI	Torre de Refrigeración de tiro inducido	RN	Torre de Refrigeración de tiro natural
RF	Torre de Refrigeración de tiro natural	TG	Turbina de gas
TV	Turbina de Vapor	PS	Impresora por serigrafía
PM	Envasadora		

Utilizando esta Tabla de tipos de equipo, y teniendo en cuenta la lista de equipos que contenía la planta del apartado anterior, la codificación resultante sería la siguiente:

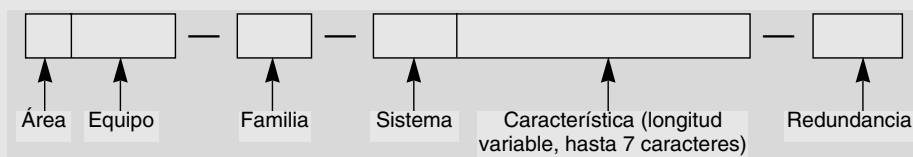
Código	Descripción
1 1 F 1	<i>Equipo contraincendios</i>
1 1 F 0	<i>Red de agua contraincendios</i>
1 1 C T 0 1	<i>Compresor 1</i>
1 1 C T 0 2	<i>Compresor 2</i>
1 1 S C 0 1	<i>Secador de aire</i>
1 1 C 0	<i>Red de aire comprimido</i>
1 1 V C 0 1	<i>Bomba de Vacío</i>
1 1 V 0	<i>Red de Vacío</i>
1 2 L P 0 1	<i>Laboratorio de Premastering</i>
1 2 L M 0 1	<i>Laboratorio de Mastering</i>
1 2 L T 0 1	<i>Laboratorio de Matrices</i>
1 3 I N 0 1	<i>Inyectora 1</i>
1 3 I N 0 2	<i>Inyectora 2</i>
1 3 I N 0 3	<i>Inyectora 3</i>
1 4 P S 0 1	<i>Impresora 1</i>
1 4 P S 0 2	<i>Impresora 2</i>
1 4 L S 0 1	<i>Laboratorio de serigrafía</i>
1 5 P M 0 1	<i>Envasadora 1</i>
1 5 P M 0 2	<i>Envasadora 2</i>

Códigos para elementos

El código de un elemento que forma parte de un equipo estaría formado en este ejemplo por un total de 17 caracteres, con la siguiente estructura:

- Los 6 primeros identificarían el equipo, tal y como se ha detallado en el apartado anterior.
- Un carácter más alfabético identificaría la familia a la que pertenece el elemento.
- Los tres caracteres siguientes identificarían el sistema.
- Los caracteres siguientes, hasta 7 (longitud variable), serían caracteres alfanuméricos, que identificarían las características del elemento y aportarían un número correlativo.
- Un último carácter, de aplicación exclusiva para el caso de redundancia (elementos duplicados, triplicados, etc.).

En la siguiente Figura puede verse la estructura del código de un elemento:



Las familias a las que puede pertenecer un elemento pueden ser las siguientes:

<i>Código</i>	<i>Familia</i>
B	Bomba
M	Motor
V	Válvula
I	Instrumento
C	Componente de cuadro eléctrico
E	Elemento eléctrico
P	Pieza mecánica
T	Tubería
F	Filtro
N	Cilindros y actuadores neumáticos (no válvulas)
H	Cilindros y actuadores hidráulicos
O	Brida

Indicar la familia a la que pertenece el elemento tiene una ventaja: nos permite hacer listados de válvulas, motores, bombas, instrumentos, etc. Estas listas pueden ser interesantes en muchos casos; por ejemplo, si quisiéramos saber cuántos y qué motores tenemos en la planta, para estudiar su posible estandarización. O saber cuántos instrumentos de medida hay instalados, para hacer un Plan de Calibración.

2.3. TIPOS DE MANTENIMIENTO

Una vez realizada la lista de equipos, desglosados incluso en los elementos que los componen e identificado cada *item* con un código único que permite referenciarlo, la siguiente tarea que debemos abordar es la de decidir cómo vamos a mantener cada uno de esos equipos.

Tradicionalmente, se han distinguido 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen:

DIVISIÓN CLÁSICA DE TIPOS DE MANTENIMIENTO

- Mantenimiento correctivo.
 - Mantenimiento preventivo.
 - Mantenimiento predictivo.
 - Mantenimiento *hard time* o cero horas.
 - Mantenimiento en uso.
-
- *Mantenimiento correctivo*: Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.
 - *Mantenimiento preventivo*: Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.
 - *Mantenimiento predictivo*: Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tec-

nológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos.

- *Mantenimiento cero horas*: Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente, de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a *cero horas* de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.
- *Mantenimiento en uso*: es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total).

2.4. LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO NO SON DIRECTAMENTE APLICABLES

Esta división de Tipos de Mantenimiento presenta el inconveniente de que cada equipo necesita una mezcla de cada uno de esos tipos, de manera que no podemos pensar en aplicar uno solo de ellos a un equipo en particular.

Así, en un motor determinado nos ocuparemos de su lubricación (mantenimiento preventivo periódico), si lo requiere, mediremos sus vibraciones o sus temperaturas (mantenimiento predictivo), quizás le hagamos una puesta a punto anual (puesta a cero) y repararemos las averías que vayan surgiendo (mantenimiento correctivo). La mezcla más idónea de todos estos tipos de mantenimiento nos la dictarán estrictas razones ligadas al coste de las pérdidas de producción en una parada de ese equipo, al coste de reparación, al impacto ambiental, a la seguridad y a la calidad del producto o servicio, entre otras.

El inconveniente, pues, de la división anterior es que no es capaz de dar una respuesta clara a esta pregunta:

¿Cuál es el mantenimiento que debo aplicar a cada uno de los equipos que componen una planta concreta?

Para dar respuesta a esta pregunta es conveniente definir el concepto de *modelo de mantenimiento*. Un *modelo de mantenimiento* es una mezcla de los

anteriores tipos de mantenimiento en unas proporciones determinadas, y que responde adecuadamente a las necesidades de un equipo concreto. Podemos pensar que cada equipo necesitará una mezcla distinta de los diferentes tipos de mantenimiento, una mezcla determinada de tareas, de manera que los modelos de mantenimiento posibles serán tantos como equipos puedan existir. Pero esto no es del todo correcto. Pueden identificarse claramente 4 de estas mezclas, complementadas con otros dos tipos de tareas adicionales, según veremos más adelante.

2.5. MODELOS DE MANTENIMIENTO POSIBLES

Cada uno de los modelos que se exponen a continuación incluyen varios de los tipos anteriores de mantenimiento, en la proporción que se indica. Además, todos ellos incluyen dos actividades: inspecciones visuales y lubricación. Esto es así porque está demostrado que la realización de estas dos tareas en cualquier equipo es rentable. Incluso en el modelo más sencillo (Modelo Correctivo), en el que prácticamente abandonamos el equipo a su suerte y no nos ocupamos de él hasta que nos se produce una avería, es conveniente observarlo al menos una vez al mes, y lubricarlo con productos adecuados a sus características. Las inspecciones visuales prácticamente no cuestan dinero (estas inspecciones estarán incluidas en unas gamas en las que tendremos que observar otros equipos cercanos, por lo que no significará que tengamos que destinar recursos expresamente para esa función). Esta inspección nos permitirá detectar averías de manera precoz, y su resolución generalmente será más barata cuanto antes detectemos el problema. La lubricación siempre es rentable. Aunque sí representa un coste (lubricante y la mano de obra de aplicarlo), en general es tan bajo que está sobradamente justificado, ya que una avería por una falta de lubricación implicará siempre un gasto mayor que la aplicación del lubricante correspondiente.

Hecha esta puntualización, podemos definir ya los diversos modelos de mantenimiento posibles.

2.5.1. *Modelo correctivo*

Este modelo es el más básico, e incluye, además de las inspecciones visuales y la lubricación mencionadas anteriormente, la reparación de averías que surjan. Es aplicable, como veremos, a equipos con el más bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema, ni económico ni técnico. En este tipo de equipos no es rentable dedicar mayores recursos ni esfuerzos.

MODELO CORRECTIVO

- Inspecciones visuales.
- Lubricación.
- Reparación de averías.

2.5.2. *Modelo Condicional*

Incluye las actividades del modelo anterior, y además, la realización de una serie de pruebas o ensayos que condicionarán una actuación posterior. Si tras las pruebas descubrimos una anomalía, programaremos una intervención; si por el contrario, todo es correcto, no actuaremos sobre el equipo.

Este modelo de mantenimiento es válido en aquellos equipos de poco uso, o equipos que a pesar de ser importantes en el sistema productivo su probabilidad de fallo es baja.

MODELO CONDICIONAL

- Inspecciones visuales.
- Lubricación.
- Mantenimiento Condicional.
- Reparación de averías.

2.5.3. *Modelo Sistemático*

Este modelo incluye un conjunto de tareas que realizaremos sin importarnos cuál es la condición del equipo; realizaremos, además, algunas mediciones y pruebas para decidir si realizamos otras tareas de mayor envergadura; y, por último, resolveremos las averías que surjan. Es un modelo de gran aplicación en equipos de disponibilidad media, de cierta importancia en el sistema productivo y cuyas averías causan algunos trastornos. Es importante señalar que un equipo sujeto a un modelo de mantenimiento sistemático no tiene por qué tener todas sus tareas con una periodicidad fija. Simplemente, un equipo con este modelo de mantenimiento *puede* tener tareas sistemáticas, que se realicen sin importar el tiempo que lleva funcionando o el estado de los elementos sobre los que se trabaja. Es la principal diferencia con los dos modelos anteriores, en los que para realizar una tarea debe presentarse algún síntoma de fallo.

Un ejemplo de equipo sujeto a este modelo de mantenimiento es un reactor discontinuo, en el que las materias que deben reaccionar se introducen de una sola vez, tiene lugar la reacción, y posteriormente se extrae el producto de la reacción, antes de realizar una nueva carga. Independientemente de que este reactor esté duplicado o no, cuando está en operación debe ser fiable, por lo que se justifica realizar una serie de tareas con independencia de que se hayan presentado algún síntoma de fallo.

Otros ejemplos:

- El tren de aterrizaje de un avión
- El motor de un avión

MODELO SISTEMÁTICO

- Inspecciones visuales.
- Lubricación.
- Mantenimiento Preventivo Sistemático.
- Mantenimiento Condicional.
- Reparación de averías.

2.5.4. *Modelo de Alta Disponibilidad*

Es el modelo más exigente y exhaustivo de todos. Se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento. Son equipos a los que se exige, además, unos niveles de disponibilidad altísimos, por encima del 90%. La razón de un nivel tan alto de disponibilidad es, en general, el alto coste en producción que tiene una avería. Con una exigencia tan alta no hay tiempo para el mantenimiento que requiera parada del equipo (correctivo, preventivo sistemático). Para mantener estos equipos es necesario emplear técnicas de mantenimiento predictivo, que nos permitan conocer el estado del equipo con él en marcha, y a paradas programadas, que supondrán una revisión general completa, con una frecuencia generalmente anual o superior. En esta revisión se sustituyen, en general, todas aquellas piezas sometidas a desgaste o con probabilidad de fallo a lo largo del año (piezas con una vida inferior a dos años). Estas revisiones se preparan con gran antelación, y no tiene por qué ser exactamente iguales año tras año.

Como quiera que en este modelo no se incluye el mantenimiento correctivo, es decir, el objetivo que se busca en este equipo es *cero averías*, en general no hay tiempo para subsanar convenientemente las incidencias que

ocurren, siendo conveniente en muchos casos realizar reparaciones rápidas provisionales que permitan mantener el equipo en marcha hasta la próxima revisión general. Por tanto, la *puesta a cero* anual debe incluir la resolución de todas aquellas reparaciones provisionales que hayan tenido que efectuarse a lo largo del año.

Algunos ejemplos de este modelo de mantenimiento pueden ser los siguientes:

- Turbinas de producción de energía eléctrica.
- Hornos de elevada temperatura, en los que una intervención supone enfriar y volver a calentar el horno, con el consiguiente gasto energético y con las pérdidas de producción que trae asociado.
- Equipos rotativos que trabajan de forma continua.
- Depósitos reactores o tanques de reacción no duplicados, que sean la base de la producción y que deban mantenerse en funcionamiento el máximo número de horas posible.

MODELO DE ALTA DISPONIBILIDAD

- Inspecciones visuales.
- Lubricación.
- Reparación de averías.
- Mantenimiento Condicional.
- Mantenimiento Sistemático.
- Puesta a cero periódica, en fecha determinada (Parada).

2.5.5. Otras consideraciones

En el diseño del Plan de Mantenimiento, deben tenerse en cuenta dos consideraciones muy importantes que afectan a algunos equipos en particular. En primer lugar, algunos equipos están sometidos a normativas legales que regulan su mantenimiento, obligando a que se realicen en ellos determinadas actividades con una periodicidad establecida.

En segundo lugar, algunas de las actividades de mantenimiento no podemos realizarlas con el equipo habitual de mantenimiento (sea propio o contratado) pues se requieren de conocimientos y/o medios específicos que solo están en manos del fabricante, distribuidor o de un especialista en el equipo.

Estos dos aspectos deben ser valorados cuando tratamos de determinar el modelo de mantenimiento que debemos aplicar a un equipo.

Mantenimiento Legal:

Algunos equipos están sometidos a normativas o a regulaciones por parte de la Administración. Sobre todo, son equipos que entrañan riesgos para las personas o para el entorno. La Administración exige la realización de una serie de tareas, pruebas e inspecciones, e incluso algunas de ellas deben ser realizadas por empresas debidamente autorizadas para llevarlas a cabo. Estas tareas deben necesariamente incorporarse al Plan de Mantenimiento del equipo, sea cual sea el modelo que se decida aplicarle.

Algunos de los equipos sometidos a este tipo de mantenimiento son los siguientes:

- Equipos y aparatos a presión.
- Instalaciones de alta y media tensión.
- Torres de refrigeración.
- Determinados medios de elevación, de cargas o de personas.
- Vehículos.
- Instalaciones contraincendios.
- Tanques de almacenamiento de determinados productos químicos.

Mantenimiento subcontratado a un especialista:

Cuando hablamos de un especialista, nos referimos a un individuo o empresa especializada en un equipo concreto. El especialista puede ser el fabricante del equipo, el servicio técnico del importador, o una empresa que se ha especializado en un tipo concreto de intervenciones. Como hemos dicho, debemos recurrir al especialista cuando:

- No tenemos conocimientos suficientes.
- No tenemos los medios necesarios.

Si se dan estas circunstancias, algunas o todas las tareas de mantenimiento deberemos subcontratarlas a empresas especializadas.

El mantenimiento subcontratado a un especialista es, en general, la alternativa más cara, pues la empresa que lo ofrece es consciente de que no compete. Los precios no son precios de mercado, sino precios de monopolio. Debe tratar de evitarse en la medida de lo posible, por el encarecimiento y por la dependencia externa que supone. La forma más razonable de evitarlo consiste en desarrollar un Plan de Formación que incluya entrenamiento específico en aquellos equipos de los que no se poseen conocimientos suficientes, adquiriendo además los medios técnicos necesarios.

2.6. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

No todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial. Es un hecho que unos equipos son más importantes que otros. Como los recursos de una empresa para mantener una planta son limitados, debemos destinar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes, dejando una pequeña porción del reparto a los equipos que menos pueden influir en los resultados de la empresa.

Pero, ¿cómo diferenciamos los equipos que tienen una gran influencia en los resultados de los que no la tienen? Cuando tratamos de hacer esta diferenciación, estamos realizando el Análisis de Criticidad de los equipos de la planta.

Comencemos distinguiendo una serie de niveles de importancia o criticidad:

- A) *Equipos críticos*. Son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa.
- B) *Equipos importantes*. Son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles.
- C) *Equipos prescindibles*. Son aquellos con una incidencia escasa en los resultados. Como mucho, supondrán una pequeña incomodidad, algún pequeño cambio de escasa trascendencia, o un pequeño coste adicional.

Opcionalmente, algunas empresas prefieren incluir una categoría más: los equipos *altamente críticos*. Se pretende con la introducción de esta nueva categoría distinguir entre dos tipos de equipos críticos distintos: equipos más críticos y equipos menos críticos.

Veamos, en segundo lugar, qué criterios podemos utilizar para clasificar cada uno de los equipos en alguna de las categorías anteriores. Debemos considerar la influencia que una anomalía tiene en cuatro aspectos: producción, calidad, mantenimiento y seguridad.

- *Producción*. Cuando valoramos la influencia que un equipo tiene en producción, nos preguntamos cómo afecta a ésta un posible fallo. Dependiendo de que suponga una parada total de la instalación, una parada de una zona de producción preferente, paralice equipos productivos pero con pérdidas de producción asumible o no tenga influencia en producción, clasificaremos el equipo como A, B o C.
- *Calidad*. El equipo puede tener una influencia decisiva en la calidad del producto o servicio final, una influencia relativa que no acostumbre a ser problemática o una influencia nula.
- *Mantenimiento*. El equipo puede ser muy problemático, con averías caras y frecuentes; o bien un equipo con un coste medio en manteni-

miento; o, por último, un equipo con muy bajo coste, que normalmente no dé problemas.

- *Seguridad y medio ambiente.* Un fallo del equipo puede suponer un accidente muy grave, bien para el medio o para las personas, y que además tenga cierta probabilidad de fallo; es posible también que un fallo del equipo pueda ocasionar un accidente, pero la probabilidad de que eso ocurra puede ser baja; o, por último, puede ser un equipo que no tenga ninguna influencia en seguridad.

La Tabla propuesta para valorar la criticidad de un equipo puede ser la siguiente:

ANÁLISIS DE CRITICIDAD

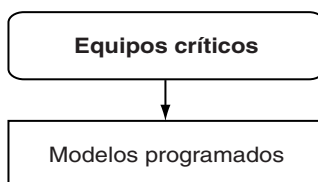
Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consumo una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

Imaginemos ahora la siguiente situación. Al valorar un equipo, ha resultado ser *Crítico* por mantenimiento, *Prescindible* por calidad y por seguridad, e *Importante* por producción. ¿Cómo debemos considerar el equipo?

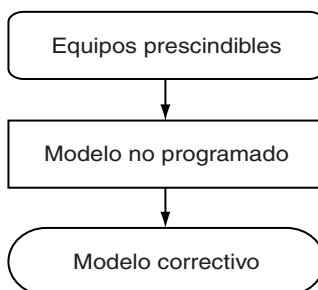
La categoría que demos a un equipo debe corresponder a la más alta que haya obtenido al valorar los 4 aspectos. En el caso descrito, el equipo resultaría *Crítico*.

2.7. SELECCIÓN DEL MODELO DE MANTENIMIENTO

Ya hemos determinado la criticidad del equipo que estamos analizando. Ya tenemos el primer gran paso para decidir sobre el modelo de mantenimiento a aplicar.

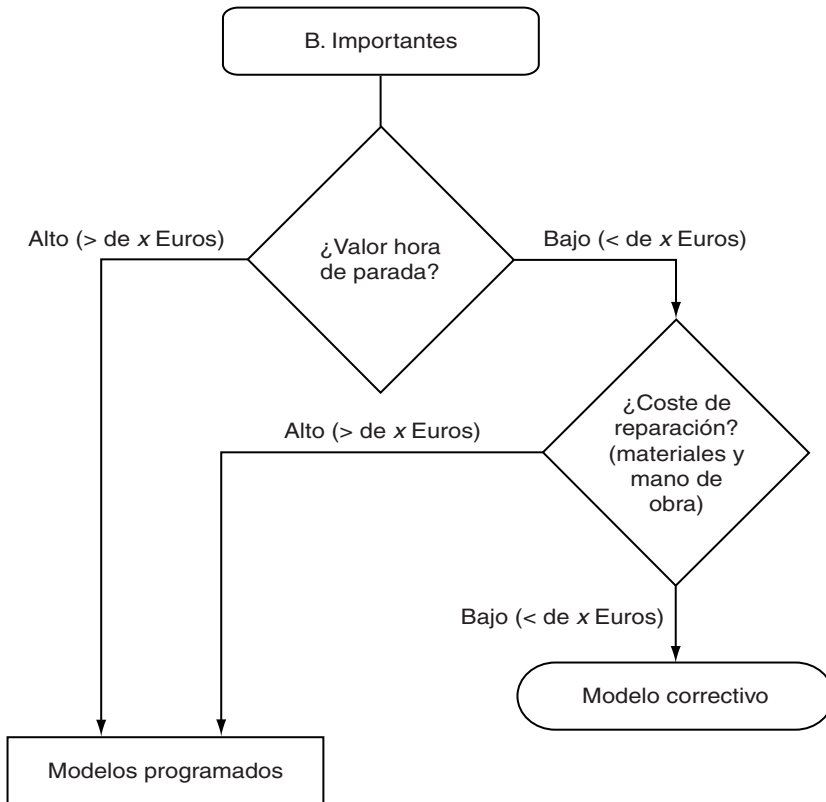


Si el equipo resulta ser *Crítico*, el modelo de mantenimiento será alguno de los tres que corresponden a Mantenimiento Programado. Si el equipo es *Importante*, tendremos que estudiar todavía un poco más las consecuencias de una avería. Si el equipo, por último, es *Prescindible*, ya sabemos que el modelo que le corresponderá será el Modelo Correctivo.



Como decíamos, si el equipo es *Importante* debemos preguntarnos sobre el coste que supone una parada, y el coste que supone la reparación de una posible avería. Si el coste de una parada es importante (por ejemplo, porque implique un coste determinado en pérdidas en producción), el modelo de mantenimiento es uno de los modelos programados. Si el coste es bajo, aún debemos preguntarnos algo más: cuál es el coste de una posible avería. Si el

equipo tiene piezas cuya avería nos supondrá un gasto grande (contabilizando tanto materiales como mano de obra), el modelo de mantenimiento será programado; si por el contrario este coste es bajo, el modelo de mantenimiento que le corresponderá será correctivo.



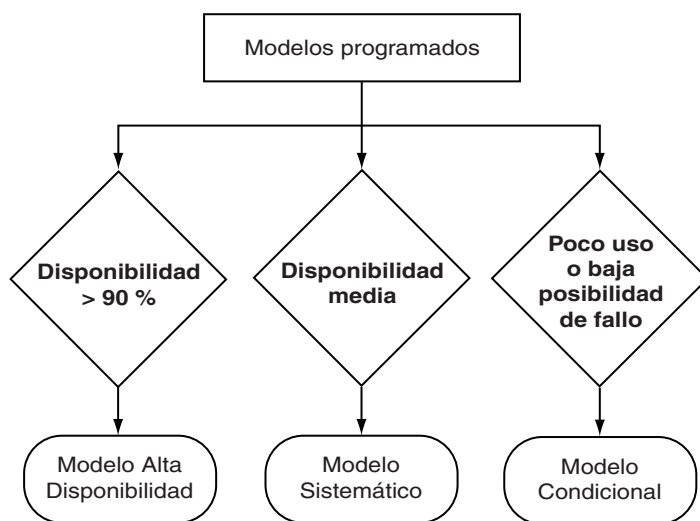
Así, vemos que para el caso de equipos *críticos* y para el caso de equipos *prescindibles*, la asignación de un modelo programado o no programado (correctivo) es inmediata, pero si el equipo es *Importante*, hay que estudiar más a fondo el equipo. Si la parada del equipo no supone un gran trastorno en producción y además el coste de las averías que pueden surgir es asumible, el modelo será correctivo, mientras que si no se cumple alguna de las dos condiciones anteriores, el modelo será alguno de los tres modelos programados.

Una vez que hemos llegado a la conclusión de que el modelo de mantenimiento es un modelo de mantenimiento programado, debemos ahora decidir qué modelo en concreto corresponde.

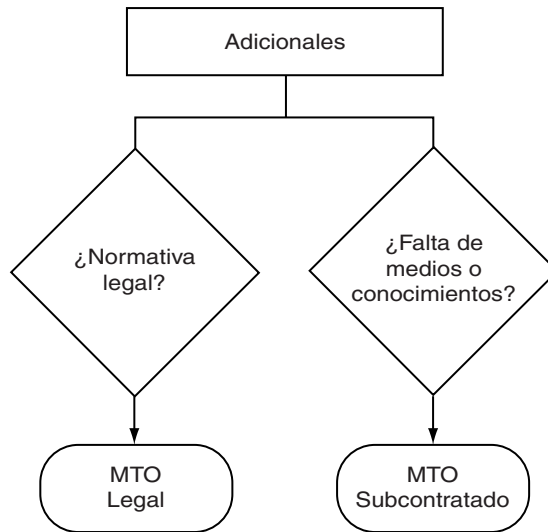
Si el equipo necesita estar en funcionamiento la mayor parte del tiempo (más del 90%), el modelo será el de *Alta Disponibilidad*. Este modelo, como hemos visto, es el más caro y completo, y es el único que no incluye la reparación de averías, porque se parte de la base de que estas averías no pueden surgir. En la práctica, estas averías ocurren, ya que es imposible controlar todos los aspectos, algunos de ellos dependientes del azar. Pero debemos fijarnos eso como objetivo, aunque no lo consigamos plenamente.

Si es un equipo del que precisamos una disponibilidad media (por ejemplo, no funciona las 24 horas del día, o hay épocas —semanas, meses— en los que permanece parado), el modelo será el *Sistemático*. Estarían incluidos aquí aquellos equipos que no funcionan de manera continua, pero que cuando lo hacen deben hacerlo con absoluta fiabilidad.

El tercer caso será aquel que corresponde a equipos cuya posibilidad de fallo es baja, o bien, que la disponibilidad que precisamos es muy baja (equipos que solo precisamos ocasionalmente, o que están duplicados o triplicados). El modelo correspondiente será el *Condicional*, en el que según hemos visto, realizaremos determinadas pruebas funcionales o determinados ensayos, y solo actuaremos en caso de observar algo anormal en estas pruebas o ensayos. Dentro de los modelos de mantenimiento programado es el modelo más básico.



Por último, hoy debemos valorar los aspectos complementarios relativos a normativas legales que sean de aplicación y a la necesidad de contratar tareas de mantenimiento a fabricantes o especialistas.



Una vez decidido cuál de los 4 modelos anteriores le corresponde a cada equipo, debemos identificar aquellos equipos sometidos a normativas reguladoras de la Administración, que exige que se realicen determinadas tareas con una periodicidad definida. Junto al modelo correspondiente, añadiremos ese mantenimiento legal. Lo mismo sucederá con el mantenimiento subcontratado al fabricante: si identificamos equipos para los que no poseemos la formación suficiente o los medios técnicos suficientes, añadiremos al modelo los subcontratos necesarios, que, como vimos, pueden suponer subcontratar el mantenimiento preventivo, el correctivo, un servicio de inspecciones periódicas o una puesta a cero³.

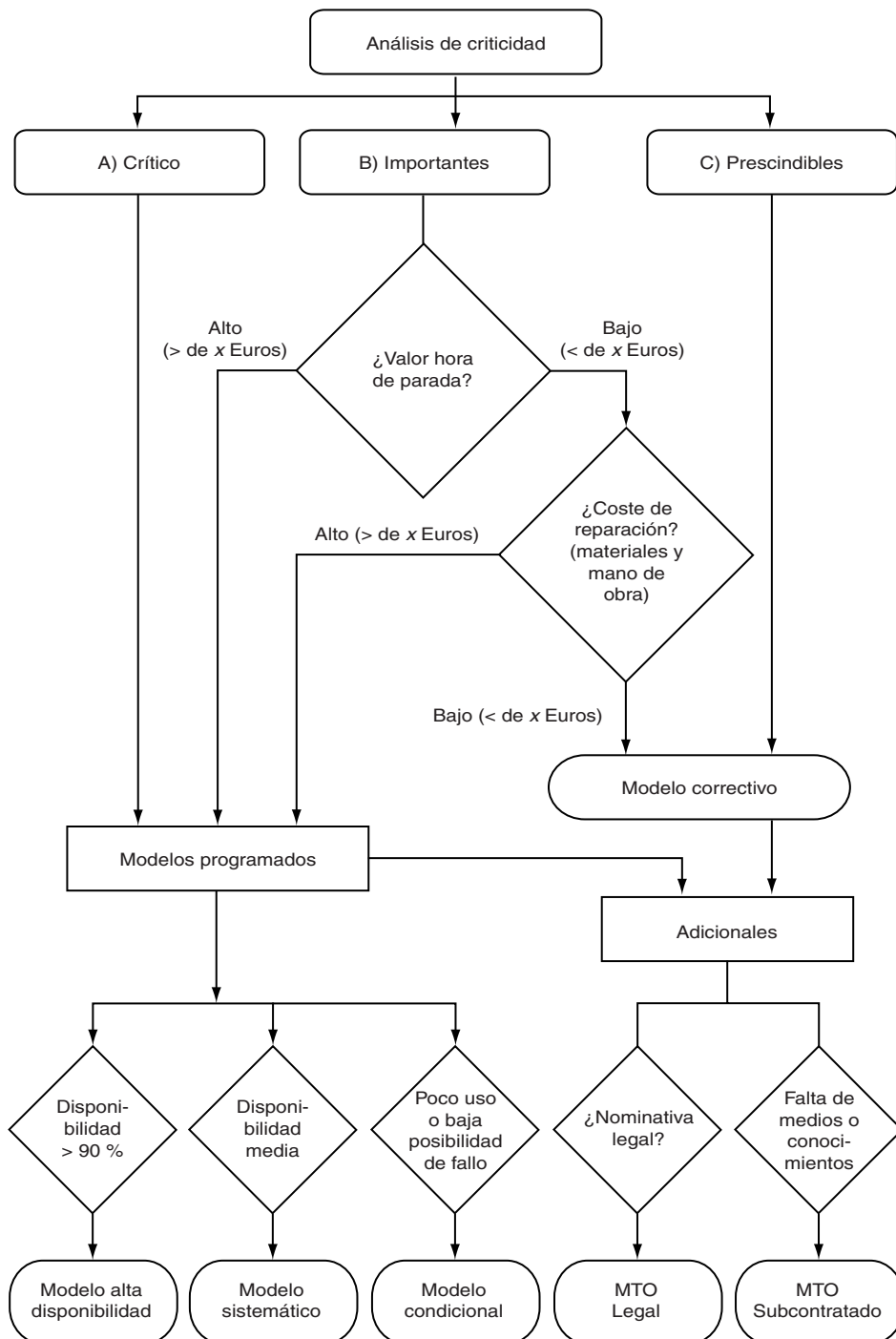
En la Figura de la página siguiente podemos encontrar el diagrama de flujo que refleja el proceso de decisión que hemos detallado

2.8. FICHA DE EQUIPO

Para poder llevar a cabo la selección del Modelo de Mantenimiento que más se adapte a cada equipo, debemos, en primer lugar, disponer de la lista de los equipos que componen la planta. Esta lista, como hemos visto, puede ser tan detallada como se quiera: cuanto más detallada sea, más válidas serán las conclusiones que obtengamos.

Una vez tengamos esa lista, es necesario elaborar una ficha para cada uno de los *ítems* que componen la planta. La Ficha de Equipo debe contener los

³ La puesta a cero de un equipo se denomina en determinados sectores *Overhaul*.

MODELOS DE MANTENIMIENTO

datos más sobresalientes que afecten al mantenimiento de cada uno de los equipos de la planta.

A la hora de elaborar estas fichas, deberemos comenzar por los equipos que intuimos más importantes, y después continuar con el resto hasta completar la totalidad de los equipos de la planta. Esto debe hacerse así porque los equipos más significativos nos supondrán generalmente poco tiempo y, en cambio, el total de los equipos nos supondrá mucho más. Si por alguna razón debemos paralizar el trabajo, es mejor dejar de hacer los equipos menos importantes, por razones obvias.

Este trabajo es, además, independiente de que haya o no un soporte informático en la empresa. Si tenemos un sistema de mantenimiento asistido por Ordenador es recomendable igualmente realizar esta ficha en soporte papel o con la ayuda de una pequeña base de datos de fabricación propia, utilizando, por ejemplo, el formato que se indica en las páginas siguientes. Una vez tengamos todas las fichas en soporte papel, la carpeta que contenga estas fichas se volverá la fuente de información a partir de la cual introduciremos datos en nuestro sistema informático. La razón de hacerlo en soporte papel es doble. En primer lugar, la recogida de datos y las decisiones a tomar son la parte más importante del trabajo, e introducirlo en el sistema informático es una actividad mecánica que puede hacer un administrativo o un grabador de datos. En segundo lugar, el sistema informático no tiene por qué tener campos para toda la información necesaria, y recopilando todos los datos en soporte papel aseguramos que la tenemos toda.

En la ficha de equipo debemos anotaremos los siguientes datos:

- Código del equipo y descripción.
- Datos generales.
- Características principales (especificaciones). Es importante recopilar la mayor cantidad de datos de cada equipo.
- Valores de referencia (temperaturas de funcionamiento, nivel de vibración en cada uno de los puntos, consumos de energía por fase, etc.)
- Análisis de criticidad del equipo. Es conveniente explicar, en esta ficha, por qué se le ha asignado un determinado nivel de criticidad a cada equipo. De esta forma, cualquier persona podrá consultarlo, y entender la razón de su clasificación. Es recomendable adjuntar el cuadro en el que se analiza la criticidad en esta ficha de equipo.
- Modelo de mantenimiento recomendable. Igual que en el caso anterior, es conveniente explicar por qué se ha llegado a esa conclusión, de manera que la ficha de equipo debería contener alguna forma de poder explicarla (un gráfico, un espacio para poder aportar una justificación, etc.).
- Si necesita de mantenimiento legal, y qué normativas son las de aplicación.

- Si necesita de subcontratos a fabricantes, indicando el tipo de subcontrato que se propone (revisiones periódicas, correctivo, inspecciones).
- Repuestos críticos que deben permanecer en stock, pertenecientes a ese equipo.
- Repuestos que se prevé que necesitará ese equipo en un ciclo de 5 años.
- Consumibles necesarios (lubricantes, filtros, etc.) que necesita para funcionar, especificando sus características.
- Acciones formativas que se consideran necesarias para poder tener el conocimiento que se requiere para poder ocuparse del mantenimiento del equipo.

Realizando esta ficha de cada uno de los equipos que componen la planta, es fácil entender porqué, al realizar este trabajo, estamos recopilando datos muy importantes que nos ayudarán en otras labores, además de poder realizar el Plan de Mantenimiento:

- Tendremos algunos de los datos necesarios para poder calcular el presupuesto de mantenimiento. Podremos calcular los materiales necesarios, calcular el monto del inmovilizado en repuesto, los subcontratos que debemos firmar con fabricantes, etc.
- Podremos elaborar el Plan de Formación a partir de las necesidades de formación en cada uno de los equipos (nos faltará, para poder completar este plan, la formación genérica que consideremos necesaria. Ver el Capítulo dedicado a Plan de Formación).

Un ejemplo de esta Ficha de Equipo se encuentra en la Figura de la página siguiente.

EQUIPO:	CÓDIGO(S):
----------------	-------------------

DATOS DEL EQUIPO

<i>PROVEEDOR:</i>	<i>AÑO:</i>
<i>DIRECCIÓN:</i>	
<i>TELÉFONOS:</i>	
<i>DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:</i>	
<i>CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:</i>	

**VALORES DE REFERENCIA:**

ANÁLISIS DE CRITICIDAD:**TIPO DE EQUIPO:****ANÁLISIS DE LAS ZONAS/EQUIPOS**

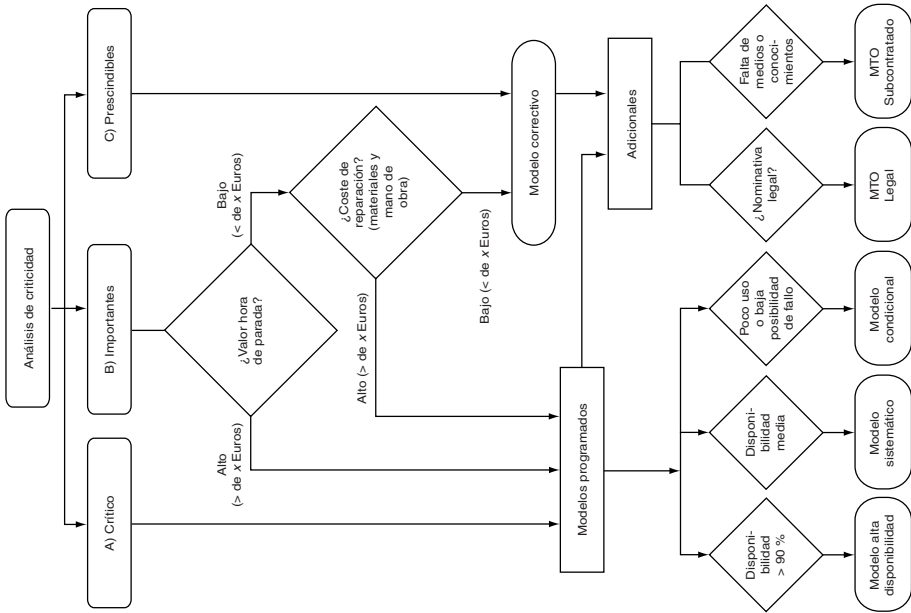
Tipo de equipo o de zona	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	La posibilidad de originar un accidente grave es alta.	Su parada afecta al Plan de Producción y/o a clientes.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas muy frecuentes (mensuales) por razones de seguridad.		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado, en esta planta o en plantas similares.			Consumen una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

MODELO DE MANTENIMIENTO	
<i>CORRECTIVO</i>	
<i>CONDICIONAL</i>	
<i>SISTEMÁTICO</i>	
<i>ALTA DISPONIBILIDAD</i>	

¿MTO. LEGAL?	
<i>SÍ</i>	
<i>NO</i>	

SUBCONTRATOS NECESARIOS	
<i>PREVENTIVO</i>	
<i>CORRECTIVO</i>	
<i>INSPECCIONES</i>	
<i>OVERHAUL</i>	

MODELOS DE MANTENIMIENTO



ELEMENTOS QUE LO COMPONENTE: CONSUMIBLES:

	Aceites:
	Filtros:
	Otros:

REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA:

--

HERRAMIENTAS ESPECIALES:

FORMACIÓN NECESARIA	ESPECIFICAR MANTENIM. LEGAL
SUBCONTRATOS:	

2.9. HOJA-RESUMEN DE LOS EQUIPOS DE UNA PLANTA

Por último, puede ser conveniente elaborar una hoja-resumen con los equipos más significativos de la planta, en la que se registren los datos más importantes contenidos en las fichas de equipo. Esto nos permitirá manejar datos importantes de la planta de una forma más compacta, de manera que con un vistazo rápido a un documento que tiene muy pocas hojas podamos hacernos una idea completa de conjunto sobre la planta.

Los datos que deberían figurar en esa hoja-resumen, cuyo formato se propone en la página siguiente, serían los siguientes (se indican las abreviaturas empleadas en el formato):

- Código del equipo (CÓDIGO).
- Nombre del equipo (DESCRIPCIÓN).
- Nivel de criticidad (CRIT).
- Modelo de mantenimiento a aplicar. Los modelos serán los detallados anteriormente:
 - Fiabilidad (FIAB).
 - Sistemático (SIST).
 - Condicional (COND).
 - Correctivo (CORR).
 - Mantenimiento legal (añadido a los anteriores) (LEG). Indicar qué inspecciones le corresponden.
 - Mantenimiento subcontratado al fabricante (SUB). (Indicar el tipo de subcontrato que se propone: preventivo, correctivo, inspecciones).
- Las acciones formativas (cursos, charlas, etc.) que se consideran necesarias para completar los conocimientos sobre la planta.
- Repuesto crítico (en caso de ser equipo crítico). Indicar las piezas que deben permanecer en stock. (REPUESTO).
- Cualquier otra información de interés (OBSERVACIONES).

Plan de Mantenimiento basado en RCM

Ya hemos elaborado la lista de equipos, los hemos codificado, y hemos analizado el Modelo de Mantenimiento que mejor se ajusta a cada equipo. Estamos ahora en disposición de definir el Plan de Mantenimiento a aplicar en la planta.

El Plan de Mantenimiento es un documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programado que debemos realizar en una planta para asegurar los niveles de disponibilidad que se hayan establecido. Es un documento vivo, pues sufre de continuas modificaciones, fruto del análisis de las incidencias que se van produciendo en la planta y del análisis de los diversos indicadores de gestión⁴.

La elaboración del Plan de Mantenimiento atraviesa una serie de fases. Las primeras son las ya vistas: descomposición de la planta en áreas, elaboración de la lista de equipos, descomposición de cada uno de ellos en sistemas y elementos, codificación, y asignación del modelo de mantenimiento que mejor se adapta a las características del equipo y su función en el sistema productivo de la planta. Una vez este trabajo esté finalizado, estamos en disposición de comenzar a elaborar la lista de tareas que incluirá el Plan de Mantenimiento.

La metodología que se propone en este libro para la elaboración del Plan de Mantenimiento está basada en RCM, *Reliability Centered Maintenance*, Mantenimiento Basado en Fiabilidad. Es una técnica más dentro de las posibles para poder elaborar un Plan de Mantenimiento, que presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente desarrollada para el sector de aviación, donde los altos costes derivados de la sustitución sistemática de piezas amenazaba la rentabilidad de las compañías aéreas, fue trasladada posteriormente al campo industrial, después de comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico.

El análisis según la metodología de RCM aporta una serie de resultados:

⁴ Ver Capítulo 9, «Gestión de la Información».

- Mejora en la comprensión del funcionamiento de los equipos.
- Estudio de las posibilidades de fallo de un equipo y el desarrollo de los mecanismos que tratan de evitarlas, ya sean producidas por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales.
- Elaboración de planes que permiten garantizar la operación de los equipos dentro de los parámetros marcados. Esos planes engloban:
 - Planes de Mantenimiento.
 - Procedimientos operativos, tanto de producción como de mantenimiento.
 - Modificaciones o mejoras posibles.
 - Determinación del stock de repuesto que es deseable que permanezca en Planta.

La técnica propuesta presenta algunas diferencias, no muy grandes, con el RCM industrial, siempre tendiendo a simplificarla y hacerla más fácilmente comprensible y aplicable.

Tras analizar la criticidad de los equipos de la planta y el modelo de mantenimiento que mejor se adapta a las características de cada equipo, las siguientes fases son éstas:

- Determinación de los fallos funcionales y técnicos de los sistemas que componen cada uno de los equipos.
- Determinación de los modos de fallo, tanto funcionales como técnicos.
- Estudio de las consecuencias de un fallo: clasificación de fallos en fallos a evitar y fallos a amortiguar.
- Determinación de medidas preventivas que eviten o amortigüen los efectos de los fallos.
- Selección de las tareas de mantenimiento que se ajustan al modelo de mantenimiento determinado para cada sistema.
- Determinación de las frecuencias óptimas para cada tarea.
- Agrupación de las tareas en rutas y gamas de mantenimiento, y elaboración del plan inicial de mantenimiento.
- Puesta en marcha de las rutas y gamas, y correcciones al plan inicial.
- Redacción de procedimientos de realización de las rutas y gamas.

Hay que recordar que un buen Plan de Mantenimiento por sí solo no reduce a cero las averías. Un buen mantenimiento comienza en el momento del diseño del equipo y, desde luego, en la decisión de compra. Un equipo o una instalación mal diseñada, por muy bien atendida que esté, siempre tendrá más posibilidad de sufrir fallos que una instalación con un diseño robusto. En segundo lugar, un buen mantenimiento continúa con un buen uso del equipo. El cumplimiento de las especificaciones (las condiciones medioambientales, la calidad de los suministros de electricidad, agua de refrigeración, etc.) y un uso

cuidadoso por parte del personal encargado de utilizarlos reducen enormemente el número de incidencias. El Plan de Mantenimiento no es más que el tercer eslabón en la cadena que conduce a una alta disponibilidad al mínimo coste.

El Plan de Mantenimiento debe ser, entre otras cosas, realizable. Si elaboramos una lista de tareas enorme y exhaustiva, las agrupamos de forma poco práctica, o intentamos documentar cada aspecto relacionado con su realización, por pequeño que sea, conseguiremos un Plan de Mantenimiento que será más teórico que práctico, y que, probablemente, no se lleve a cabo. Hay una regla de oro para la realización de planes de mantenimiento: da mejores resultados un Plan de Mantenimiento incompleto que se lleva a la práctica que un Plan de Mantenimiento exhaustivo y perfecto que no se realiza.

3.1. DETERMINACIÓN DE FALLOS FUNCIONALES Y FALLOS TÉCNICOS

Definiremos como fallo funcional aquel fallo que impide al equipo o al sistema analizado cumplir su función. Así, si analizamos el sistema de lubricación de un compresor, el fallo funcional podría ser:

El sistema no lubrica

Para determinar un fallo funcional, no tenemos más que determinar la función que cumple y definir el fallo como la antifunción, como el no cumplimiento de su función. Otros ejemplos: el fallo funcional de una bomba será que no bombea; el fallo funcional de un sistema de refrigeración será que no consigue enfriar.

Un fallo técnico es aquel que, no impidiendo al equipo que cumpla su función, supone un funcionamiento anormal de éste. Así, volviendo a los ejemplos anteriores, fallos técnicos de un sistema de lubricación podrían ser:

- Fuga de aceite.
- Temperatura de aceite muy alta.
- Presencia de agua en el aceite.

Estos fallos, aunque de una importancia menor que los fallos funcionales, suponen funcionamientos anormales que pueden suponer una degradación acelerada del equipo y acabar convirtiéndose en fallos funcionales⁵.

⁵ Es curioso observar como en plantas en las que el mantenimiento es únicamente correctivo, proliferan los fallos técnicos. Los fallos funcionales se resuelven, pero en la planta existen cientos de fallos técnicos que suponen un funcionamiento anormal, incluso incómodo, pero que se atienden únicamente cuando suponen la parada total del equipo.

La fuentes de información para determinar los fallos y los modos de fallo que puede presentar un equipo son diversas. Entre las principales podemos citar las siguientes:

- *Histórico de averías*

El histórico de averías es una fuente de información valiosísima a la hora de realizar un plan realmente efectivo. El estudio del comportamiento de una instalación, equipo, sistema o elemento a través de los documentos en los que se registran las averías e incidencias que pueda haber sufrido en el pasado nos aporta una información esencial para la identificación de fallos.

En muchos casos, por desgracia la mayoría, no existe un archivo histórico de averías, un archivo en el que se hayan registrado de forma sistemática cada una de las averías que haya tenido el equipo en un periodo determinado. Pero con algo de imaginación, siempre es posible buscar una fuente que nos permita estudiar el historial del equipo:

- Estudio de los partes de trabajo, de averías, etc. Agrupando los partes de trabajo por equipos es posible deducir las incidencias que han afectado a la máquina en un periodo determinado.
- Facturas de repuesto. Es laborioso, pero en caso de necesitarse, puede recurrirse al departamento de contabilidad para que facilite las facturas del material consumido en mantenimiento en un periodo determinado (preferiblemente largo, 5 años, por ejemplo). De esta información es posible deducir las incidencias que han podido afectar al equipo que se estudia.
- Diarios de incidencias. El personal a turnos utiliza en ocasiones diarios en los que refleja los incidentes sufridos como medio para comunicárselos al turno siguiente. Del estudio de estos diarios también es posible obtener información sobre averías e incidentes en los equipos.

- *Personal de mantenimiento*

Siempre es conveniente conversar con cada uno de los miembros que componen la plantilla para que den su opinión sobre los incidentes más habituales y las formas de evitarlos. Esta consulta ayudará, además, a que el personal de mantenimiento, que después será el que lleve a cabo el plan, se implique. Es conveniente tener en cuenta que la falta de implicación del personal de mantenimiento en la elaboración del plan será una dificultad para su puesta en marcha.

- *Personal de producción*

Igual que en el apartado anterior, la consulta al personal de producción nos ayudará a identificar los fallos que más incomodan al personal de producción. Como el personal de producción puede ser muy numeroso, es conveniente limitar la consulta a los responsables directos, a los mandos intermedios de producción, pues suelen conocer perfectamente los problemas más habituales.

- *Documentación del equipo*

La documentación del equipo suele contener un apartado en el que se detallan los fallos más habituales y su forma de proceder.

3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS FALLOS⁶

Será muy importante estudiar las consecuencias que tiene cada uno de los fallos que se han determinado. Según esas consecuencias, decidiremos si el fallo debe ser evitado (cuando las consecuencias del fallo sean inadmisibles) o tan solo deben buscarse formas de amortiguar sus efectos, de manera que éstos, en caso de producirse, sean mínimos. Por tanto, existen dos categorías posibles:

- Fallos a evitar.
- Fallos a amortiguar.

Evitar un fallo es mucho más costoso, en general, que amortiguar o minimizar sus efectos, por lo que la primera calificación debe reservarse únicamente a aquellos fallos cuyas consecuencias derivan en un muy alto coste.

En general, podemos decir que los fallos funcionales en equipos cuyo modelo de mantenimiento es el de Alta Disponibilidad o el Sistemático, deben ser evitados; en cambio, los fallos técnicos en estos mismos equipos no es

⁶ RCM propone un análisis minucioso de la gravedad de cada fallo y de sus consecuencias, asignando un valor numérico a ésta, de manera que pueda cuantificarse la importancia de cada fallo. Multiplicando el factor asignado a la gravedad del fallo por otro relacionado con la probabilidad de que esto ocurra, y por un tercero, la detectabilidad del fallo, se obtiene un valor numérico, de manera que hay que actuar sobre aquellos fallos que superen determinado valor. Este sistema es perfectamente válido. No obstante, el que se propone en este apartado es otro, más sencillo y, en mi opinión, más efectivo: determinar si el fallo debe evitarse o tan solo deben disminuirse sus efectos. El lector debe saber que ésta es una de las principales diferencias entre Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM) y el sistema que se propone en este libro.

necesario que sean evitados, sino tan solo debe tratarse de buscar formas de amortiguar sus efectos.

FORMAS DE ACTUACIÓN ANTE UN FALLO

— *Equipos con modelo de mantenimiento de Alta Disponibilidad*

- Fallos funcionales: A EVITAR
- Fallos técnicos: A AMORTIGUAR

— *Equipos con modelo de mantenimiento Sistemático*

- Fallos funcionales: A EVITAR
- Fallos técnicos: A AMORTIGUAR

— *Equipos con modelo de mantenimiento Condicional*

- Fallos funcionales: A AMORTIGUAR
- Fallos técnicos: A AMORTIGUAR

— *Equipos con modelo de mantenimiento Correctivo*

No se estudian

En los equipos cuyo modelo es el Condicional, tanto los fallos funcionales como los técnicos deberían ser tratados como fallos a amortiguar.

Evitar los efectos de un fallo implica, casi siempre, evitar que el fallo se produzca⁷. Amortiguar sus efectos no implica que no deba producirse, sino que sus efectos sean mínimos. Para ello, en la mayor parte de los casos basta con buscar formas de detectarlo a tiempo, antes de que tenga incidencia en producción o implique un alto coste de reparación. En otros casos, implicará prever como actuar si se produce: tener equipos duplicados, preparar procedimientos de actuación en caso de fallo, estudiar medidas provisionales (anular un determinado detector, por ejemplo), etc.

3.3. DETERMINACIÓN DE LOS MODOS DE FALLO

Una vez determinados los fallos que puede presentar un equipo, un sistema funcional de un equipo o un elemento (dependiendo de qué hayamos to-

⁷ Evitar un fallo y evitar sus efectos no siempre son la misma cosa. Una bomba puede fallar, pero podemos evitar su efecto (la caída de presión) con una acumulador de presión, por ejemplo.

mado como referencia para establecer el plan de mantenimiento) deben estudiarse los modos de fallo. Podemos definir los modos de fallo como las circunstancias que acompañan un fallo concreto.

Volviendo al ejemplo anterior, analicemos el fallo funcional «El sistema no lubrica». Los modos de fallo pueden ser los siguientes:

- El sistema no lubrica por no tener aceite en el depósito.
- El sistema no lubrica por obstrucción en un algún conducto.
- El sistema no lubrica porque la bomba de lubricación no funciona.
- El sistema no lubrica porque los filtros están obstruidos.

Cada fallo, funcional o técnico, puede presentar, como vemos, múltiples modos de fallo. Es muy importante determinar todos los modos de fallo posible, pues solo así es posible realizar un análisis completo y exhaustivo.

3.4. DETERMINACIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS

Determinados los modos de fallo de cada uno de los equipos, sistemas o elementos que componen la planta que se analiza, el siguiente paso es determinar las medidas preventivas que permiten, bien evitar el fallo, bien minimizar sus efectos.

Las medidas preventivas que se pueden tomar son de cuatro tipos:

3.4.1. *Tareas de mantenimiento*

Son los trabajos que podemos realizar para cumplir el objetivo de evitar el fallo o minimizar sus efectos. Las tareas de mantenimiento pueden, a su vez, ser de los siguientes tipos:

- *Tipo 1: Inspecciones visuales.* Veíamos que las inspecciones visuales siempre son rentables. Sea cual sea el modelo de mantenimiento aplicable, las inspecciones visuales suponen un coste muy bajo, por lo que parece interesante echar un vistazo a todos los equipos de la planta en alguna ocasión.
- *Tipo 2: Lubricación.* Igual que en el caso anterior, las tareas de lubricación, por su bajo coste, siempre son rentables.
- *Tipo 3: Verificaciones del correcto funcionamiento realizados con instrumentos propios del equipo (verificaciones on-line).* Este tipo de tareas consiste en la toma de datos de una serie de parámetros de funcionamiento utilizando los propios medios de los que dispone el equipo. Son, por ejemplo, la verificación de alarmas, la toma de datos de presión, temperatura, vibraciones, etc. Si en esta verificación se de-

tecta alguna anomalía, se debe proceder en consecuencia. Por ello es necesario, en primer lugar, fijar con exactitud los rangos que entenderemos como normales para cada uno de los puntos que se trata de verificar, fuera de los cuales se precisará una intervención en el equipo. También será necesario detallar cómo se debe actuar en caso de que la medida en cuestión esté fuera del rango normal. Más adelante se describen los documentos donde es conveniente reflejar estos dos aspectos.

- *Tipo 4: Verificaciones del correcto funcionamiento realizados con instrumentos externos del equipo.* Se pretende, con este tipo de tareas, determinar si el equipo cumple con unas especificaciones prefijadas, pero para cuya determinación es necesario desplazar determinados instrumentos o herramientas especiales, que pueden ser usadas por varios equipos simultáneamente y que, por tanto, no están permanentemente conectadas a un equipo, como en el caso anterior. Podemos dividir estas verificaciones en dos categorías:
 - Las realizadas con instrumentos sencillos, como pinzas amperimétricas, termómetros por infrarrojos, tacómetros, vibrómetros, etc.
 - Las realizadas con instrumentos complejos, como analizadores de vibraciones, detección de fugas por ultrasonidos, termografías, análisis de la curva de arranque de motores, etc.
- *Tipo 5: Limpiezas técnicas condicionales,* dependiendo del estado en que se encuentre el equipo.
- *Tipo 6: Ajustes condicionales,* dependiendo de que el equipo haya dado síntomas de estar desajustado.
- *Tipo 7: Limpiezas técnicas sistemáticas,* realizadas cada ciertas horas de funcionamiento, o cada cierto tiempo, sin importar cómo se encuentre el equipo.
- *Tipo 8: Ajustes sistemáticos,* sin considerar si el equipo ha dado síntomas de estar desajustado.
- *Tipo 9: Sustitución sistemática de piezas,* por horas de servicio o por fecha de calendario, sin comprobar su estado.
- *Tipo 10: Grandes revisiones,* con la sustitución de todas las piezas sometidas a desgaste.

Una vez determinados los modos de fallo posibles en un *item*, es necesario determinar qué tareas de mantenimiento podrían evitar o minimizar los efectos de un fallo. Es conveniente estudiar todos los tipos de tareas y establecer todas las tareas posibles.

Determinado el modelo de mantenimiento de un *item*, es posible seleccionar qué tareas son posibles. Si el modelo es *Correctivo*, solo serán posibles tareas del tipo 1 y 2, e incluso en determinados casos del tipo 3. Si el modelo

es *Condicional*, también son posibles tareas de tipo 4, 5 y 6. Si el modelo es *Sistemático*, también serán posibles tareas del tipo 7, 8 y 9. Si el modelo es de Alta Disponibilidad, serán posibles todos los tipos de tareas, incluso del tipo 10.

En el ejemplo que se detalla en el Apartado 3.6 de este capítulo pueden aclararse mejor estos conceptos.

Tipos de tareas de mantenimiento	Modelos de mantenimiento a los que se puede aplicar ese tipo de tarea			
	Correctivo	Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
1. Inspecciones visuales	Correctivo	Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
2. Tareas de lubricación	Correctivo	Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
3. Verificaciones <i>on-line</i>	Correctivo	Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
4. Verificaciones <i>off-line</i> : — Verificaciones sencillas • Mediciones de temperatura • Mediciones de vibración (con vibrómetro) • Mediciones de consumo de corriente • Etc. — Verificaciones con instrumentos complejos • Análisis de vibraciones (con analizador) • Termografías • Detección de fugas por ultrasonidos • Análisis de la curva de arranque de motores • Comprobaciones de alineación por láser • Etc.		Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
5. Limpiezas según condición		Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
6. Ajustes condicionales		Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
7. Limpiezas sistemáticas			Sistemático	Alta Dispon.
8. Ajustes sistemáticos			Sistemático	Alta Dispon.
9. Sustitución sistemática de piezas			Sistemático	Alta Dispon.
10. Grandes revisiones (sustitución de todos los elementos sometidos a desgaste)				Alta Dispon.

Un punto muy importante, cuando se determina que la forma de actuación ante determinado modo de fallo es una tarea de mantenimiento, es determinar la frecuencia con la que se realizará esta tarea.

Para determinarla, existen tres posibilidades:

1. Si tenemos datos históricos que nos permitan conocer la frecuencia con la que se produce el fallo, podemos utilizar cualquier técnica estadística⁸ que nos permita determinar cada cuánto tiempo se produce el

⁸ Las técnicas estadísticas aplicables son diversas, y en general, complejas. Su estudio excede los propósitos de este libro.

fallo si no actuamos sobre el equipo⁹. Deberemos contar con un número mínimo de valores (recomendable más de 5, aunque cuanto mayor sea la población más exactos serán los resultados). La frecuencia estará en función del coste del fallo y del coste de la tarea de mantenimiento (mano de obra + materiales + pérdida de producción durante la intervención).

2. Si disponemos de funciones matemáticas que nos permitan predecir el comportamiento de un determinado fallo, podemos estimar la frecuencia de intervención a partir de dicha función. Suele ser aplicable para estimar la vida de determinadas piezas
3. Si no disponemos de las informaciones anteriores, la determinación de la frecuencia con la que deben realizarse las tareas de mantenimiento propuestas puede hacerse en base a la opinión de expertos. Es la más subjetiva, la menos precisa de las formas de determinar la frecuencia de intervención y, sin embargo, la más utilizada. No siempre es posible disponer de información histórica o de modelos matemáticos que nos permitan predecir el comportamiento de una pieza.

3.4.2. *Mejoras y/o modificaciones de la instalación*

Determinados fallos pueden prevenirse más fácilmente modificando la instalación, o introduciendo mejoras. Las mejoras pueden ser, entre otras, de los siguientes tipos:

- *Cambios en los materiales.* Manteniendo el diseño de las piezas, el único cambio que se realiza es en la calidad de los materiales que se emplean. Algunos ejemplos: cambios en la composición química del acero con el que está fabricada la pieza, en el tratamiento superficial que recibe esta para mejorar las características de la capa más externa, en el tipo de aceite con el que lubricamos dos piezas metálicas que mantienen entre sí contacto en movimiento, etc.
- *Cambios en el diseño de una pieza.* La geometría de algunas piezas hace que en determinados puntos acumulen tensiones que facilitan su falla. Un simple cambio en el diseño de estas piezas puede hacer que cumplan su función perfectamente y que su probabilidad de rotura disminuya sensiblemente.
- *Instalación de sistemas de detección,* bien de aviso o bien para evitar que el equipo funcione en condiciones que puedan ser perjudiciales.

⁹ Uno de los pilares de RCM es que si un fallo se produce de manera aleatoria y no tiene un comportamiento previsible, es inútil plantear ninguna tarea de mantenimiento preventivo, pues esta no tendrá ningún efecto sobre el fallo.

- *Cambios en el diseño de una instalación.* En ocasiones, no es una pieza, sino todo un conjunto el que debe ser rediseñado, para evitar determinados modos de fallo. Es el caso, por ejemplo, de fallas producidas por golpes de ariete: no suele ser una pieza la que es necesario cambiar, sino todo un conjunto, añadiendo elementos (como tuberías flexibles o acumuladores de presión) y modificando trazados.
- *Cambios en las condiciones externas al ítem.* Por último, en ocasiones la forma de evitar la falla de una pieza o un equipo no es actuar sobre éstos, sino sobre el medio que los rodea. Imaginemos el caso de un fallo en un intercambiador de calor que refrigera un gas de proceso en una planta química producido por incrustaciones en el haz tubular que conduce el líquido de refrigeración. Este fallo puede evitarse tratando químicamente este líquido con un producto anticrustante: no estaríamos actuando sobre el intercambiador, sino sobre un componente externo (las características fisicoquímicas del líquido refrigerante).

3.4.3. Cambios en los procedimientos de operación

El personal que opera suele tener una alta incidencia en los problemas que presenta un equipo. Podemos decir, sin lugar a dudas, que esta es la medida más barata y más eficaz en la lucha contra las averías. En general, las tareas de mantenimiento tienen un coste, tanto en mano de obra como en materiales. Las mejoras tienen un coste añadido, relacionado con el diseño y con las pruebas. Pero un cambio en un procedimiento de operación tiene en general un coste muy bajo, y un beneficio potencial altísimo. Como inconveniente, todos los cambios suelen tener una inercia alta para llevarlos a cabo, por lo que es necesario prestar la debida atención al proceso de implantación de cualquier cambio.

3.4.4. Cambios en los procedimientos de mantenimiento

Algunas averías se producen porque determinadas intervenciones del personal de mantenimiento no se hacen correctamente. La redacción de procedimientos en los que se indique claramente cómo deben realizarse determinadas tareas, y en los que figuren determinados datos (tolerancias, ajustes, pares de apriete, etc.) es de gran utilidad.

3.5. CONSULTA AL MANUAL DEL EQUIPO

La elaboración de un Plan de Mantenimiento no comienza con la consulta al manual elaborado por el fabricante del equipo, sino más bien acaba. El fabricante del equipo no suele ser un excelente mantenedor, por dos razones:

- No está interesado en la desaparición total de los problemas. Diseñar un equipo con cero averías puede afectar su facturación.
- No es un especialista en Mantenimiento, sino en diseño y montaje.

En algunos casos, el Plan de Mantenimiento no es completo, y no contiene multitud de tareas que evitarían problemas. Es el caso, por ejemplo, de los planes de mantenimiento de algunos automóviles: si se estudia el plan que propone el fabricante, es evidente que no se conseguirá disminuir las averías a cero, pues no contempla más que una serie de tareas muy sencillas de realizar. En otros casos, el plan es tan exhaustivo que contempla la sustitución o revisión de un gran número de elementos que evidentemente no han llegado al máximo de su vida útil, con el consiguiente exceso en el gasto. Es el caso, por ejemplo, de la lista de tareas de mantenimiento que proponen determinados fabricantes de turbinas.

Es indudable que hay que contar con la experiencia del fabricante a la hora de elaborar el plan, pero no basar el Plan de Mantenimiento únicamente en sus recomendaciones. Las recomendaciones del fabricante pueden ser tenidas en cuenta en la última fase de la determinación de la lista de tareas, para ver si se ha olvidado algún punto importante que el fabricante sí considera necesario.

EJEMPLO 3.1

PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA CALDERA DE UNA PLANTA DE SERVICIOS GENERALES

Descripción de la planta

La planta que se detalla en este ejemplo es una planta que proporciona diversos servicios generales para una factoría del sector del automóvil, aunque es perfectamente para cualquier otro sector. Los servicios son los siguientes:

- Producción de agua desmineralizada, a partir de una planta de ósmosis inversa.
- Producción de energía eléctrica, a partir de un ciclo combinado, compuesto por una turbina de gas de 10 Mw, una caldera de recuperación con postcombustión que produce 60.000 Kg/h de vapor a 70 Kg/cm² y una turbina de vapor de 5,5 Mw.

- Producción de vapor, para su uso como vapor de proceso.
- Producción de agua fría para refrigeración, a partir de equipos de absorción.
- Producción de aire comprimido, con diversos compresores centrífugos.

Como el estudio de toda la planta excede del objetivo de este apartado, por su extensión, nos centraremos en el estudio del Plan de Mantenimiento aplicable a la Caldera de Recuperación perteneciente al Ciclo Combinado.

PASO 1: Elaboración de la lista de equipos y sistemas funcionales del Área Ciclo Combinado

ÁREA: CICLO COMBINADO

Código Equipo	Equipo	Código Sistema Funcional	Sistema funcional
12ERM	Estación Reguladora de Gas ¹⁰	12ERM-FIL	Sistema de filtrado
		12ERM-REG	Sistema de regulación de presión
		12ERM-PRC	Sistema de precalentamiento
		12ERM-INS	Sistema de medida
12ETG	Turbina de Gas	12ETG-GAS	Sistema de entrada de gas
		12ETG-ADM	Sistema de aire de admisión
		12ETG-COM	Compresor
		12ETG-COB	Cámara de combustión
		12ETG-TUR	Turbina
		12ETG-REF	Sistema de refrigeración
		12ETG-LUB	Sistema de lubricación
		12ETG-INS	Instrumentación
		12ETG-CON	Control
12ER1	Reductor Turbina Gas	12ER1-ROT	Sistema de engranajes
		12ER1-LUB	Sistema de lubricación
		12ER1-EST	Carcasa y elementos estáticos
		12ER1-INS	Instrumentación
12EG1	Generador Turbina Gas	12EG1-ROT	Sistema Rotor
		12EG1-EST	Sistema estátor
		12EG1-ERT	Sistema de excitación del rotor
		12EG1-EST	Sistema de excitación del estátor (para arranque)
		12EG1-REF	Sistema de refrigeración
		12EG1-INS	Instrumentación
		12EG1-CON	Control

¹⁰ Toda la Estación Reguladora y de Medida (ERM) se trata en este ejemplo como si fuera un solo equipo.

(Continuación)


Código Equipo	Equipo	Código Sistema Funcional	Sistema funcional
12EK1	Caldera de Recuperación	12EK1-AAL	Sistema de agua de alimentación
		12EK1-ADM	Sistema de aire de combustión
		12EK1-VAP	Sistema de producción de vapor saturado
		12EK1-SOB	Sistema de producción de vapor sobrecalentado
		12EK1-HOG	Hogar
		12EK1-GAS	Sistema de Postcombustión
		12EK1-INS	Instrumentación
		12EK1-CON	Control
12ETV	Turbina de Vapor	12ETV-ADM	Sistema de admisión de vapor
		12ETV-LUB	Sistema de lubricación
		12ETV-ROT	Rotor
		12ETV-INS	Instrumentación
		12ETV-CON	Control
12EG2	Generador Turbina Vapor	12EG2-ROT	Sistema Rotor
		12EG2-EST	Sistema estátor
		12EG2-ERT	Sistema de excitación del rotor
		12EG2-EST	Sistema de excitación del estátor (arranque)
		12EG2-REF	Refrigeración
		12EG2-INS	Instrumentación
		12EG2-CON	Control
12ECN	Condensador	12ECN-TUB	Haces tubulares
		12ECN-EST	Carcasa
		12ECN-INS	Instrumentación
12E00	Instalación de vapor alta presión	12E00-BYP	Sistema de By-pass
		12E00-TUB	Tubería de conducción
		12E00-INS	Instrumentación
		12E00-VAL	Valvulería
12E01	Instalación de vapor media presión	12E01-TUB	Tuberías de conducción
		12E01-INS	Instrumentación
		12E01-VAL	Valvulería
12E02	Instalación de agua sobre-calentada	12E02-IMP	Sistema de impulsión
		12E02-TUB	Sistema de tuberías
		12E02-INS	Instrumentación
		12E02-VAL	Valvulería

PASO 2: Análisis de equipos: criticidad y modelo de mantenimiento

Todo el área, en su conjunto, es crítico, pues de él (como sucede en general con todas las plantas de servicios generales) depende la producción.

Analizando la criticidad de la caldera, ésta es crítica, pues a pesar de que existen otras calderas convencionales que pueden suplir la producción de vapor en caso de necesitarse, es un equipo que funciona de manera preferente y de forma continua, por lo que su parada afecta al Plan de Producción de la Planta y entra por ello dentro de la clasificación de equipos críticos que se estudiaba en el Capítulo 2:

ANÁLISIS DE EQUIPOS

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	La posibilidad de originar un accidente grave es alta.		Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas muy frecuentes (mensuales) por razones de seguridad.		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado, en esta planta o en plantas similares			Consumo una parte importante de los recursos de mantenimiento.

Analizando ahora cada uno de los sistemas que componen el equipo, con los mismos criterios indicados en el Capítulo 2, llegamos a las siguientes conclusiones referentes a su criticidad y el modelo de mantenimiento aplicable:

Código	Descripción	Crit.	Modelo de mant.
12ERM-FIL	Sistema de filtrado	B	Condicional
12ERM-REG	Sistema de reg. de presión	B	Condicional
12ERM-PRC	Sistema de precalentamiento	B	Condicional
12ERM-INS	Sistema de medida	B	Condicional
12ETG-GAS	Sistema de entrada de gas	A	Alta Disponibilidad
12ETG-ADM	Sistema de aire de admisión	A	Condicional
12ETG-COM	Compresor	A	Alta Disponibilidad
12ETG-COB	Cámara de combustión	A	Alta Disponibilidad
12ETG-TUR	Turbina	A	Alta Disponibilidad
12ETG-REF	Sistema de refrigeración	A	Alta Disponibilidad
12ETG-LUB	Sistema de lubricación	A	Alta Disponibilidad
12ETG-INS	Instrumentación	A	Alta Disponibilidad
12ETG-CON	Control	A	Alta Disponibilidad
12ER1-ROT	Sistema de engranajes	A	Alta Disponibilidad
12ER1-LUB	Sistema de lubricación	A	Alta Disponibilidad
12ER1-EST	Carcasa y elem. Estáticos	C	Correctivo

(Continuación)

Código	Descripción	Crit.	Modelo de mant.
12ER1-INS	Instrumentación	A	<i>Sistemático</i>
12EG1-ROT	Sistema rotor	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EG1-EST	Sistema estátor	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EG1-ERT	Sistema de excitación del rotor	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EG1-EST	Sistema de excitación del estátor	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EG1-REF	Sistema de refrigeración	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EG1-INS	Instrumentación	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EG1-CON	Control	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EK1-AAL	Sistema de agua de alimentación	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EK1-HOG	Hogar	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EK1-GAS	Sistema de postcombustión	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EK1-INS	Instrumentación	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EK1-CON	Control	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12ETV-ADM	Sistema de admisión de vapor	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12ETV-LUB	Sistema de lubricación	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12ETV-ROT	Rotor	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12ETV-INS	Instrumentación	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12ETV-CON	Control	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EG2-ROT	Sistema rotor	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EG2-EST	Sistema estátor	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EG2-ERT	Sistema de excitación del rotor	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EG2-EST	Sistema de excitación del estátor	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EG2-REF	Refrigeración	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EG2-INS	Instrumentación	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12EG2-CON	Control	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12ECN-TUB	Haces tubulares	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12ECN-EST	Carcasa	A	<i>Correctivo</i>
12ECN-INS	Instrumentación	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12E00-BYP	Sistema de <i>by-pass</i>	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12E00-TUB	Tubería de conducción	A	<i>Alta Disponibilidad</i>
12E00-INS	Instrumentación	A	<i>Sistemático</i>
12E00-VAL	Valvulería	B	<i>Correctivo</i>
12E01-TUB	Tuberías de conducción	B	<i>Correctivo</i>
12E01-INS	Instrumentación	A	<i>Alta Disponibilidad</i>

PASO 3: Fallos funcionales, técnicos, y modos de fallo

En la siguiente tabla se detallan cada uno de los modos de fallo encontrados en la Caldera de Recuperación del Área Ciclo Combinado. En la

primera columna se detalla el equipo que se está analizando, que en este caso siempre será la Caldera de Recuperación. La segunda columna se reserva para cada uno de los sistemas que componen cada equipo. La tercera columna clasifica el tipo de fallo, que puede ser funcional (si impide alcanzar la función del sistema que se analiza) o técnico (si no impide que el sistema cumpla su función pero no lo hace correctamente). En la cuarta columna se detallan los fallos que pueden presentarse, y en la quinta, los modos de fallo. La última se reserva para indicar la forma de actuación ante el fallo (a evitar o amortiguar).

Equipo	Sistema	Tipo de fallo	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Clasificación
Caldera Postcomb:	Agua Alimentación.	Funcional.	La caldera no recibe agua.	Disparo de la protección térmica del motor.	A evitar.
				Cierre de las válvulas de admisión o impulsión de las bombas.	A evitar.
		Técnico.	Fugas de agua.	Rotura de juntas o bridas.	A amortiguar.
				Poros en tuberías.	A amortiguar.
Caldera Postcomb:	Circuito de aire de combustión.	Funcional.	Disparo de la caldera por fallo en la compuerta.	Desincronización de los finales de carrera de la compuerta.	A amortiguar.
				Falta de aire en el sistema de accionamiento de la compuerta.	A amortiguar.
				Fallo en el presostato de presión de aire de accionamiento de la compuerta.	A amortiguar.
				Caída del silenciador de la chimenea n.º 1 sobre la compuerta.	A evitar.
Caldera Postcomb:	Circuito de alimentación de gas.	Funcional.	Presión insuficiente de gas en quemadores.	Fallo en el suministro de gas, por parte de la compañía suministradora.	A evitar.
				Fallo en la válvula automática de control de rampa de quemadores.	A evitar.
Caldera Postcomb:	Sistema de producción de vapor saturado	Funcional.	Explosión.	Presión en el interior es superior a la que resisten los haces	A evitar.

(Continuación)

Equipo	Sistema	Tipo de fallo	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Clasificación
	(Haz tubular interior de la caldera, y Domos).			Tubulares y los domos.	
				Temperatura del vapor en el interior de la caldera debilita el material.	A evitar.
Caldera Postcomb:	Sistema de producción de vapor saturado (Haz tubular interior de la caldera, y Domos).	Técnico.	Fuga de vapor interna.	Pinchazo en tubos interiores de la caldera.	A amortiguar.
		Técnico.	Fugas de vapor al exterior.	Rotura de cristales visores de agua, en el domo superior.	A amortiguar.
				Fugas de vapor por uniones o husillos de válvulas.	A amortiguar.
				Fugas de vapor por juntas de boca de hombre.	A amortiguar.
Caldera Postcomb:	Hogar.	Técnico.	Desprendimiento de material refractario.	Desprendimiento de material en hogar y pórticos.	A amortiguar.
			Fugas de aire caliente o humos.	Fugas por juntas de boca de hombre.	A amortiguar.
Caldera Postcomb:	Sistema de control.	Funcional.	Parada del autómatas.	Parada por borrado accidental del programa.	A evitar.
				Parada por falta de suministro de corriente.	A evitar.
Caldera Postcomb:	Instrumentación.	Funcional.	Fallo en detectores de llama de quemadores.	Rotura de un detectores de llama.	A evitar.
				Fallo electrónico en el detector de llama.	A evitar.
				Fallo en el cable que conduce la señal hasta el control.	A evitar.
		Funcional.	Fallo en nivostato (interruptor de nivel).	Fallo de funcionamiento del detector. Fallo en el cableado que conduce la señal hasta el control.	A evitar. A evitar.

(Continuación)

Equipo	Sistema	Tipo de fallo	Descripción del fallo	Descripción modo de fallo	Clasificación
		Funcional.	Fallo en controladores de nivel de agua.	Fallo de funcionamiento del detector.	A evitar.
				Fallo del transmisor.	A evitar.
				Descalibración.	A evitar.
				Fallo en el cableado que conduce la señal hasta el control.	A evitar.
		Funcional.	Fallo en el lazo de control de temperatura.	Fallo de funcionamiento del detector.	A evitar.
				Fallo del transmisor.	A evitar.
				Descalibración.	A evitar.
				Fallo en el cableado que conduce la señal hasta el control.	A evitar.
		Funcional.	Fallo en el lazo de control de presión.	Fallo de funcionamiento del detector.	A evitar.
				Fallo del transmisor.	A evitar.
				Descalibración.	A evitar.
				Fallo en el cableado que conduce la señal hasta el control.	A evitar.
Caldera Postcomb:	Sistema de Postcombustión.	Funcional.	El quemador no enciende.	Suciedad en el quemador.	A evitar.
				Fallo en el encendedor o bujía.	A evitar.
		Técnico.	Fugas de gas al exterior.	Fugas en los racores de gas.	A amortiguar.
		Técnico.	Mala combustión. Emisión de gases supera los límites permitidos.	Suciedad en el quemador.	A evitar.

PASO 4: Estudio de medidas a adoptar

En la siguiente tabla se estudian las medidas preventivas a adoptar para evitar o minimizar los efectos de cada uno de los modos de fallo detallados en el cuadro anterior. En la primera columna se indica el modo de fa-

llo. La segunda columna recoge las tareas de mantenimiento que se han considerado aplicables. En la siguiente tabla se detallan posibles mejoras que podrían realizarse en la instalación. La cuarta columna detalla las indicaciones que habría que realizar al personal de producción. Y la quinta y última columna, las instrucciones de mantenimiento que habría que aplicar o mejorar.

Modo de fallo	Medidas preventivas			
	Tareas de mantenimiento	Mejoras	Procedimientos de producción	Procedimientos de mantenimiento
Disparo de la protección térmica del motor de la bomba del circuito de agua de alimentación.	<p>Comprobar ausencia de vibraciones y ruidos extraños (diario).</p> <p>Comprobación de la alineación de motor y bomba (anual).</p> <p>Comprobar la limpieza del ventilador trasero del motor. Limpiar si es necesario (mensual).</p> <p>Ajuste del relé térmico de disparo del motor (anual).</p> <p>Comprobar el correcto funcionamiento de la bomba que se encuentra en reserva, poniéndola en marcha periódicamente (mensual).</p>	Instalar medidores de intensidad del motor, para poder hacer la medición de consumo más fácilmente.	Indicar en el procedimiento de arranque de las bombas que no se debe pulsar el botón de marcha y paro en menos de 3 segundos.	Indicar en el procedimiento de realización de gamas de mantenimiento en calderas el tipo de grasa a utilizar para lubricar motor y bomba.
Cierre de las válvulas de admisión o impulsión de las bombas.			Indicar en el procedimiento de arranque de bombas que hay que comprobar la apertura de las válvulas de admisión e impulsión de las bombas.	
Rotura de juntas o bridas.	Inspección visual de fugas en juntas y bridas (diario).		Control constante de la composición química del agua.	
Poros en tuberías.	Inspección visual de fugas en tuberías (diario).		Control constante de la composición química del agua.	

(Continuación)

Modo de fallo	Medidas preventivas			
	Tareas de mantenimiento	Mejoras	Procedimientos de producción	Procedimientos de mantenimiento
Desincronización de los finales de carrera de la compuerta.	<p>Inspección visual de los finales de carrera de la compuerta (mensual).</p> <p>Limpieza de los finales de carrera con limpiacontactos (anual).</p> <p>Ajuste de la posición de los finales de carrera (anual).</p> <p>Reapriete de tornillos de fijación (anual).</p>			
Falta de aire comprimido en el sistema de accionamiento de la compuerta.	Comprobar la presión de aire (diario).			
Fallo en el presostato de presión de aire de accionamiento de la compuerta.		Sustitución del presostato por otro estanco, preparado para el trabajo en exteriores.		
Caída del silenciador de la chimenea n.º 1 sobre la compuerta.	Inspección de posibles grietas o fallos en la estructura que soporta el silenciador (anual).			Desarrollar procedimiento de soldadura específico.
Fallo en el suministro de gas, por parte de la compañía suministradora.		Si es posible, buscar dos suministradores de gas.		
Fallo en la válvula automática de control de rampa de quemadores.				
Las tuberías no pueden dilatarse tanto como precisan (la dilatación	Inspección visual de tuberías, tanto en frío como en caliente (diario).	Asegurar en el diseño que las tuberías disponen de mecanismos	En el procedimiento de arranque, debe indicarse que la válvula	

(Continuación)

Modo de fallo	Medidas preventivas			
	Tareas de mantenimiento	Mejoras	Procedimientos de producción	Procedimientos de mantenimiento
está impedida de alguna manera).	Inspección visual de los absorvedores de dilataciones (juntas de dilatación) (diario).	para facilitar las dilataciones y contracciones debidos a los cambios de temperatura.	principal de salida de vapor de la caldera debe abrirse poco a poco.	
Fugas en uniones de tubería.	Inspección visual del circuito (diario).	En el procedimiento de arranque, debe indicarse que la válvula principal de salida de vapor de la caldera debe abrirse poco a poco.		Seguir los procedimientos de soldadura que mejor se adapten a cada situación. Las soldaduras en tuberías a presión deben ser realizadas tan solo por soldadores homologados.
Fugas por husillos de válvulas.	Inspección visual del circuito (diario).			
Presión en el interior es superior a la que resisten los haces tubulares y los domos.	<p>Comprobar el buen funcionamiento y tarado de las válvulas de seguridad (anual).</p> <p>Comprobar el buen funcionamiento y tarado de los presostatos de alarma (anual).</p> <p>Comprobar el buen funcionamiento y tarado de los presostato de disparo (anual).</p> <p>Comprobar el buen funcionamiento del sistema de «hombre muerto» (rearme cada dos horas) (anual).</p> <p>Comprobar el buen funcionamiento y tarado</p>		No introducir agua en la caldera si se ha perdido el nivel visual. Si eso ocurre, parar la caldera, esperar a que se enfríe y llenar de agua hasta que se alcance el nivel.	

(Continuación)

Modo de fallo	Medidas preventivas			
	Tareas de mantenimiento	Mejoras	Procedimientos de producción	Procedimientos de mantenimiento
	del flujostato (anual). Inspección visual de ausencia de alarmas (diario).			
Temperatura del vapor en el interior de la caldera debilita el material.	Comprobar el buen funcionamiento y tarado de los termostatos de alarma y disparo de caldera (anual).			
Pinchazo en tubos interiores de la caldera.	Análisis químicos del agua de caldera. Dosificación de reactivos según indiquen los análisis (diario).	Introducir en la caldera sistemas de análisis on-line del agua (especialmente pH y desoxigenante).		
Rotura de cristales visores de agua, en el domo superior.	Inspección visual de fugas por cristales de visores de nivel de agua (diario).	Estudiar el tipo de cristal que mejor se adapta a las características de la caldera.	Indicar en los procedimientos de montaje y desmontaje de los visores, el par de apriete de tornillos de los visores.	
Fugas de vapor por juntas de bocas de hombre.	Inspección visual de fugas por bocas de hombre (diaria).			Cambiar siempre la junta de la boca de hombre siempre que se intervenga en la caldera.
Desprendimiento de material en hogar y pórticos.	Inspeccionar el estado del refractario, especialmente en la zona de quemadores. Reponer refractario donde sea necesario (anual). Termografía de la caldera, para detectar posibles fugas de calor en el hogar (anual).			

(Continuación)

Modo de fallo	Medidas preventivas			
	Tareas de mantenimiento	Mejoras	Procedimientos de producción	Procedimientos de mantenimiento
Parada de la caldera por borrado accidental del programa.	Realizar un chequeo del sistema (anual). Comprobar que se posee una copia de seguridad del programa (anual).	Instalar fuente de alimentación ininterrumpida para el autómata de la caldera.		
Parada por falta de suministro de corriente.		Instalar fuente de alimentación ininterrumpida para el autómata de la caldera.		
Rotura de un detector de llama.	Comprobar el funcionamiento de los detectores (diario).			Formar al personal de mantenimiento para realizar cambios de detectores de llama.
Fallo electrónico en el detector de llama.	Comprobar el funcionamiento de los detectores (diario).			
Fallo en el cable que conduce la señal hasta el control.	Comprobar el funcionamiento de los detectores (diario).			
Fallo de funcionamiento de un interruptor de nivel (nivostato).	Comprobar el funcionamiento del nivostato (anual).			
Fallo en el cableado que conduce la señal del nivostato hasta el control.	Comprobar el funcionamiento del nivostato (anual).			
Fallo de funcionamiento del detector de nivel de agua del calderín superior.	Comprobar el funcionamiento del detector de nivel, comparándolo con el nivel visual. En caso de divergencia, desmontar y/o sustituir nivostato (mensual). Limpieza de tuberías del nivostato, por purga con vapor (mensual).			

(Continuación)

Modo de fallo	Medidas preventivas			
	Tareas de mantenimiento	Mejoras	Procedimientos de producción	Procedimientos de mantenimiento
Fallo del transmisor de nivel de agua del calderín superior.	Comprobar el funcionamiento del detector de nivel, comparándolo con el nivel visual. En caso de divergencia, desmontar y/o sustituir (mensual).			
Descalibración del lazo de control de nivel de agua.	Calibrar el lazo de control del nivel de agua (anual).			
Fallo en el cableado que conduce la señal hasta el control.	Comprobar el funcionamiento del detector de nivel, comparándolo con el nivel visual. En caso de divergencia, desmontar y/o sustituir (mensual).			
Fallo de funcionamiento de los detectores de temperatura.	Anotar temperaturas de las zonas de referencia. Ante cualquier divergencia o valor extraño, comparar el valor con el obtenido con un termómetro por infrarrojos calibrado. Sustituir, calibrar o reparar, según convenga (diario).			
Fallo de los transmisores de temperatura.	Anotar temperaturas de las zonas de referencia. Ante cualquier divergencia o valor extraño, comparar el valor con el obtenido con un termómetro por infrarrojos calibrado. Sustituir, calibrar o reparar, según convenga (diario).			

(Continuación)

Modo de fallo	Medidas preventivas			
	Tareas de mantenimiento	Mejoras	Procedimientos de producción	Procedimientos de mantenimiento
Descalibración del lazo de control de temperatura.	Anotar temperaturas de las zonas de referencia. Ante cualquier divergencia o valor extraño, comparar el valor con el obtenido con un termómetro por infrarrojos calibrado. Sustituir, calibrar o reparar, según convenga (diario). Calibrar lazos de temperatura (anual).			
Fallo en el cableado que conduce las señales de temperatura hasta el control.	Anotar temperaturas de las zonas de referencia. Ante cualquier divergencia o valor extraño, comparar el valor con el obtenido con un termómetro por infrarrojos calibrado. Sustituir, calibrar o reparar, según convenga (diario).			
Fallo de funcionamiento de los detectores de presión.	Anotar presiones de las zonas de referencia. Ante cualquier divergencia o valor extraño, comprobar el lazo de presión. Sustituir, calibrar o reparar, según convenga (diario).			
Fallo de los transmisores de presión.	Anotar presiones de las zonas de referencia. Ante cualquier divergencia o valor extraño, comprobar el lazo de presión. Sustituir, calibrar o reparar, según convenga (diario).			

(Continuación)

Modo de fallo	Medidas preventivas			
	Tareas de mantenimiento	Mejoras	Procedimientos de producción	Procedimientos de mantenimiento
Descalibración del lazo de control de presión.	Anotar presiones de las zonas de referencia. Ante cualquier divergencia o valor extraño, comprobar el lazo de presión. Sustituir, calibrar o reparar, según convenga (diario). Calibrar lazos de temperatura (anual).			
Fallo en el cableado que conduce las señales de presión hasta el control.	Anotar presiones de las zonas de referencia. Ante cualquier divergencia o valor extraño, comprobar el lazo de presión. Sustituir, calibrar o reparar, según convenga (diario). Inspección visual del cableado (diario).			
Suciedad en el quemador.	Limpieza y ajuste del quemador (anual).			
Fallo en el ignitor o bujía.	Limpieza y ajuste del ignitor (anual). Limpieza y ajuste de bujías de encendido (anual).			
Fugas en los racores de gas.	Inspección visual de la entrada de gas a quemadores. En caso de detectarse olor a gas, salir inmediatamente de la zona y avisar para la parada inmediata de la caldera, y el corte (diario).			

(Continuación)

Modo de fallo	Medidas preventivas			
	Tareas de mantenimiento	Mejoras	Procedimientos de producción	Procedimientos de mantenimiento
Emisión de gases supera los límites permitidos.	Limpieza y ajuste del quemador (anual). Comprobar la composición de los humos de caldera (NO _x , O ₂ , NO y CO ₂) (mensual). Comprobar el rendimiento de la combustión, antes y después de la caldera (mensual). Ajustar el exceso de aire (mensual).			

PASO 5: Plan de Mantenimiento

El Plan de Mantenimiento desarrollado para la Caldera de Postcombustión a partir del análisis anterior sería el siguiente:

Tareas a realizar a diario:

- *Comprobar ausencia de vibraciones y ruidos extraños.*
- *Inspección visual de fugas en juntas y bridas (diario).*
- *Inspección visual de fugas en tuberías (diario).*
- *Comprobar la presión de aire (diario).*
- *Inspección visual de ausencia de alarmas.*
- *Análisis químicos del agua de caldera. Dosificación de reactivos según indiquen los análisis.*
- *Inspección visual de fugas por cristales de visores de nivel de agua.*
- *Inspección visual de fugas por bocas de hombre.*
- *Comprobar el buen funcionamiento de los detectores de llama.*
- *Anotar temperaturas de las zonas de referencia. Ante cualquier divergencia o valor extraño, comparar el valor con el obtenido con un termómetro por infrarrojos calibrado. Sustituir, calibrar o reparar, según convenga.*

- *Anotar temperaturas de las zonas de referencia. Ante cualquier divergencia o valor extraño, comparar el valor con el obtenido con un termómetro por infrarrojos calibrado. Sustituir, calibrar o reparar, según convenga.*
- *Anotar presiones de las zonas de referencia. Ante cualquier divergencia o valor extraño, comprobar el lazo de presión. Sustituir, calibrar o reparar, según convenga.*
- *Inspección visual del cableado de señales.*
- *Inspección visual de la entrada de gas a quemadores. En caso de detectarse olor a gas, salir inmediatamente de la zona y avisar para parar el suministro de gas, para la parada inmediata de la caldera, y búsqueda de fugas.*

Tareas a realizar mensualmente:

- *Comprobar el funcionamiento del detector de nivel, comparándolo con el nivel visual. En caso de divergencia, desmontar y/o sustituir nivostato.*
- *Engrase de rodamientos de motor y bomba.*
- *Medición del consumo de corriente eléctrica del motor (pinza amperimétrica).*
- *Análisis de vibraciones en motor y bomba.*
- *Comprobar la limpieza del ventilador trasero del motor. Limpiar si es necesario.*
- *Comprobar el correcto funcionamiento de la bomba que se encuentra en reserva, poniéndola en marcha periódicamente.*
- *Inspección visual de los finales de carrera de la compuerta.*
- *Limpieza de tuberías del nivostato, por purga con vapor.*
- *Comprobar la composición de los humos de caldera (NO_x , O_2 , NO y CO_2).*
- *Comprobar el rendimiento de la combustión, antes y después de la caldera.*
- *Ajustar el exceso de aire.*

Tareas a realizar anualmente:

- *Comprobación de la alineación de motor y bomba (anual).*
- *Ajuste del relé térmico de disparo del motor (anual).*
- *Limpieza de los finales de carrera con limpiacontactos (anual).*
- *Inspección de posibles grietas o fallos en la estructura que soporta el silenciador (anual).*

- *Comprobar el buen funcionamiento y tarado de las válvulas de seguridad (anual).*
- *Comprobar el buen funcionamiento y tarado de los presostatos de alarma (anual).*
- *Comprobar el buen funcionamiento y tarado de los presostato de disparo (anual).*
- *Comprobar el buen funcionamiento del sistema de «hombre muerto» (rearme cada dos horas) (anual).*
- *Comprobar el buen funcionamiento y tarado del flujostato (anual).*
- *Comprobar el buen funcionamiento y tarado de los termostatos de alarma y disparo de caldera (anual).*
- *Inspeccionar el estado del refractario, especialmente en la zona de quemadores. Reponer refractario donde sea necesario (anual).*
- *Realizar termografía de la caldera, para detectar posibles fugas de calor en el hogar (anual).*
- *Realizar un chequeo del programa de control (software) (anual).*
- *Comprobar que se posee una copia de seguridad del programa (anual).*
- *Comprobar el funcionamiento del nivostato (anual).*
- *Calibrar el lazo de control del nivel de agua (anual).*
- *Calibrar lazos de temperatura (anual).*
- *Limpieza y ajuste del quemador (anual).*
- *Limpieza y ajuste del ignitor (anual).*

Es necesario recordar que el Plan de Mantenimiento es una de las consecuencias que se extraen del Análisis de Fallos, pero que además de este plan es necesario:

- Realizar todas las modificaciones propuestas en dicho análisis.
- Poner en práctica las modificaciones en los procedimientos de trabajo de Producción.
- Poner en práctica las modificaciones en los procedimientos de trabajo de Mantenimiento.

3.6. DETERMINACIÓN DEL REPUESTO A PARTIR DEL ANÁLISIS DE FALLOS

Como veremos en el Capítulo 5 dedicado a la gestión de repuestos, el Análisis de Fallos tiene sus consecuencias no solo en la elaboración del Plan

de Mantenimiento, sino también en la determinación del stock de repuestos que debe permanecer en la planta.

Como se detalla en ese capítulo, basta analizar cada uno de los fallos para determinar qué es importante tener en stock, con el objetivo de buscar un equilibrio entre el coste financiero asociado a la inmovilización de capital y la disponibilidad de los equipos. Para cada uno de los fallos analizados, debemos hacernos las siguientes preguntas:

- ¿El fallo afecta a un equipo crítico por producción, calidad, seguridad o mantenimiento?
- ¿Es posible prever el fallo con algún tipo de inspección?
- ¿Desde que se detecta el fallo hasta que afecta al equipo, hay tiempo suficiente para adquirir el repuesto?
- ¿Es posible adoptar alguna medida provisional a la espera del repuesto?
- ¿Se tarda lo mismo en reparar el fallo, haya o no haya repuesto?

El diagrama en el que se estudian las posibles respuestas a estas preguntas se encuentra en el Apartado 5.6.

3.7. ELABORANDO UN PLAN DE MANTENIMIENTO INICIAL MUY RÁPIDO

A veces no hay tiempo para estudiar los modos de fallo de cada equipo, y se hace necesario elaborar un Plan de Mantenimiento con rapidez. Por ejemplo, es posible que queramos elaborar un Plan de Mantenimiento inicial, hasta que esté elaborado el Plan de Mantenimiento basado en el análisis de equipos y de modos de fallo. En estos casos es posible elaborar un Plan de Mantenimiento basado en una serie de instrucciones genéricas, como el que se detalla a continuación.

Los equipos, como hemos visto, se pueden dividir en sistemas, integrados por elementos que cumplen una función determinada dentro del equipo. A la hora de determinar las tareas de mantenimiento programado de un equipo, esta división en sistemas resulta muy útil.

Algunos de los sistemas que suelen componer un equipo son los siguientes:

- Sistema de seguridad: Es el conjunto de elementos destinado a proporcionar al operador de la máquina un funcionamiento seguro, sin riesgo para su integridad física o del entorno. Algunos de los elementos que incluye son:

- Setas de paro de emergencia.
 - Rejillas y protecciones fijas.
 - Rejillas y protecciones móviles.
 - Sensores de cierre de puertas y rejillas.
 - Sistemas ópticos de detección de presencia.
 - Interruptor general de corriente.
 - Alarmas.
 - Extractores y/o ventiladores.
- Sistema de lubricación: es el conjunto de elementos destinados a dosificar o suministrar lubricante a las partes móviles del equipo. Algunos de los elementos que incluye son:
- Bombas y motores.
 - Filtros.
 - Depósitos.
 - Intercambiadores, para la refrigeración de los lubricantes.
 - Conducciones, como tuberías o latiguillos.
- Sistema eléctrico: conjunto de elementos destinados a conducir la energía eléctrica o a transformar esta en otros tipo de energía (energía mecánica, neumática, hidráulica, térmica, luminosa, etc.). Algunos de los elementos que suelen componer este sistema son:
- Cuadros eléctricos.
 - Transformadores.
 - Conductores (cables, embarrados).
 - Seccionadores.
 - Magnetotérmicos.
 - Interruptores diferenciales.
 - Relés.
 - Temporizadores.
- Sistema mecánico: conjunto de elementos destinados a la transmisión de movimiento. Algunos de los elementos que integran este sistema son:
- Motores.
 - Acoplamientos.
 - Bombas.
 - Reductores.
 - Transmisiones.
 - Ejes.
 - Correas.
 - Cadenas.
 - Engranajes.

- Guías.
- Columnas.
- Sistema neumático: conjunto de elementos destinados a conducir aire comprimido o a transformar la energía neumática en energía mecánica. Los elementos que habitualmente integran este sistema son los siguientes:
 - Actuadores neumáticos (Cilindros, motores, etc.).
 - Válvulas.
 - Unidades de mantenimiento (filtro, regulador, lubricador).
- Sistema hidráulico: conjunto de elementos destinados a conducir un fluido a presión o a transformar la energía hidráulica en energía mecánica.
 - Actuadores hidráulicos (cilindros, motores, etc.).
 - Válvulas.
 - Bombas y motores.
 - Filtros.
 - Depósitos.
 - Intercambiadores, para la refrigeración del líquido hidráulico.
 - Conducciones, como tuberías o latiguillos.
 - Líquido hidráulico.
- Sistema de control: conjunto de elementos destinados a realizar el control de las funciones del equipo, obteniendo información sobre él (sensores) y enviando órdenes para que actúen determinados dispositivos (actuadores). Algunos elementos que forman parte de este sistema son los siguientes:
 - Autómatas o PLC (Programmable Logic Controller).
 - Sensores (temperatura, presión, posición, caudal, vibración, pH, conductividad, potencial Redox, etc.).
 - Cuadros de control.

A continuación se describen algunas tareas estándar que corresponden a cada uno de estos sistemas. Algunas de estas tareas corresponden a modelos de Mantenimiento Condicional; otras, a Modelos Sistemáticos, y otras, por último, a Modelos de Alta Disponibilidad. A la hora de preparar el Plan de Mantenimiento habrá que tener en cuenta, pues, el tipo de equipo, los sistemas que lo componen y el modelo de mantenimiento aplicable, según hemos visto en el Capítulo 2. Así, si el modelo de mantenimiento que corresponde a un equipo es el Condicional, sólo serán de aplicación aquellas instrucciones que correspondan a este tipo de modelo, y que están indicadas como instrucciones COND. Si el modelo es Sistemático, solo aplicarán las instrucciones

SIST. Si el modelo es el de Alta Disponibilidad, solo aplicarán las instrucciones AD. Por último, si el modelo es Correctivo aplicarán las instrucciones en las que esté indicada la palabra CORR.

Existen multitud de equipos que no tienen estos sistemas, y tienen, en cambio, otros muy distintos. Se trata tan solo de dar una referencia rápida de instrucciones que pudieran ser válidas en muchos casos.

SISTEMA DE SEGURIDAD

Periodicidad: Anual

Descripción de la tarea	Modelo de mantenimiento al que corresponde
Comprobar que al pulsar cada una de las setas de emergencia la máquina se bloquea	CORR COND SIST A.D.
Comprobar fijación de rejillas y protecciones	CORR COND SIST A.D.
Comprobar funcionamiento de las rejillas y protecciones móviles	CORR COND SIST A.D.
Comprobar funcionamiento de sensores ópticos de presencia	CORR COND SIST A.D.
Comprobar funcionamiento de extractores y ventiladores	CORR COND SIST A.D.
Comprobar funcionamiento de interruptor general	CORR COND SIST A.D.
Comprobar funcionamiento de alarmas ópticas y acústicas	CORR COND SIST A.D.
Comprobar funcionamiento de sensores de cierre de puertas y rejillas	CORR COND SIST A.D.
Comprobar el disparo de cada una de las seguridades. Comprobar que al cumplirse las condiciones de disparo el equipo efectivamente se detiene	CORR COND SIST A.D.

SISTEMA MECÁNICO

Periodicidad: Diaria

Descripción de la tarea	Modelo de mantenimiento al que corresponde
Comprobación de ruidos anómalos en piezas móviles (indicando donde se detectan)	A.D. SIST COND CORR
Toma de datos de temperaturas en cojinetes y rodamientos	A.D. SIST COND CORR
Comprobación de ausencia de vibraciones extrañas en piezas móviles (indicar dónde, si se detectan)	A.D. SIST COND CORR
Comprobar ausencia de defectos en la producción	A.D. SIST COND CORR
Medición de temperaturas en cojinetes y rodamientos	A.D. SIST COND
Comprobación del ciclo de funcionamiento del equipo	A.D. SIST COND
Limpieza de la zona	A.D. SIST

Periodicidad: Mensual

Descripción de la tarea	Modelo de mantenimiento al que corresponde
Comprobación de la sujeción de motores	A.D. SIST COND CORR
Comprobar que el ventilador de los motores no roza y está en buen estado	A.D. SIST COND CORR
Control de funcionamiento y reposición de niveles en central de engrase	A.D. SIST COND CORR
Comprobar y reponer niveles en reductores (Cambiar el aceite si fuese necesario, observando si el aceite usado presenta olor o color extraños. Buscar partículas extrañas en el aceite sustituido)	A.D. SIST COND CORR
Engrase de rodamientos y cadenas	A.D. SIST COND CORR
Comprobar el estado de válvulas, bridas y absorbedores de dilataciones (Buscar posibles fugas o fallos de funcionamiento)	A.D. SIST COND CORR
Comprobar estado general y limpieza de la máquina	A.D. SIST COND
Control del estado de piñones y cremalleras (Buscar holguras y dientes dañados. Engrasar si es necesario)	A.D. SIST COND
Control del estado de rodamientos y soportes (Buscar ruidos y holguras anómalas. Engrasar si es necesario)	A.D. SIST COND
Comprobar el estado de ejes, cadenas, mallas y correas (engrasar, sustituir o tensar según necesidad)	A.D. SIST COND
Comprobar el estado de líneas de tuberías propios o cercanos a la máquina. Incidir especialmente en aquellas cuya rotura o fuga pueda producir averías	A.D. SIST COND
Medición de consumo de corriente de motores (comparar con el nominal)	A.D. SIST COND
Cambio de filtros si corresponde (ver diferencial de presión)	A.D. SIST COND
Cambio sistemático de filtros	A.D. SIST
Desmontaje de elementos para limpiezas técnicas específicas	A.D. SIST

Periodicidad Anual

Descripción de la tarea	Modelo de mantenimiento al que corresponde
Revisiones de acuerdo con normativas legales	A.D. SIST COND CORR
Comprobar el estado de acoplamientos	A.D. SIST COND
Ajustes u reglajes en elementos móviles	A.D. SIST
Alineamiento de acoplamientos de motores	A.D. SIST
Limpiezas interiores de motores	A.D. SIST
Reapriete general de todas las partes mecánicas	A.D. SIST
Sustitución de todos los elementos sometidos a desgaste, como cojinetes, rodamientos, correas y filtros	A.D.

SISTEMA NEUMÁTICO

Periodicidad: Diaria

Descripción de la tarea	Modelo de mantenimiento al que corresponde
Comprobación visual del nivel de aceite en lubricadores	A.D. SIST COND CORR
Revisión visual de fugas de aire	A.D. SIST COND CORR
Purgar condensación de filtros	A.D. SIST COND

Periodicidad Semanal

Descripción de la tarea	Modelo de mantenimiento al que corresponde
Comprobar que el lubricador no está obstruido	A.D. SIST COND CORR
Puesta a nivel del vaso de la unidad de mantenimiento	A.D. SIST COND CORR
Revisar y reparar las fugas de aire detectadas	A.D. SIST COND CORR
Comprobar que el manómetro del regulador de presión funciona perfectamente	A.D. SIST

Periodicidad: Mensual

Descripción de la tarea	Modelo de mantenimiento al que corresponde
Revisiones de acuerdo con normativas legales	A.D. SIST COND CORR
Comprobar el estado general de fijaciones de cilindros neumáticos	A.D. SIST COND CORR
Reparación de fugas en cilindros. Cambios en juntas interiores, rascadora y obturadora si es necesario. Cambios de cilindros	A.D. SIST COND
Comprobar el estado general de tubos, conexiones y fijaciones	A.D. SIST COND
Comprobar el desgaste de guías, juntas rascadora y obturadora de los cilindros neumáticos	A.D
Limpiar o renovar silenciosos	A.D

SISTEMA HIDRÁULICO

Periodicidad Diaria

Descripción de la tarea	Modelo de mantenimiento al que corresponde
Verificar el nivel de aceite de grupos hidráulicos. Rellenar si es necesario	A.D. SIST COND CORR
Verificar el estado de los filtros (diferencial de presión)	A.D. SIST COND CORR
Comprobar temperatura del aceite	A.D. SIST COND CORR
Comprobar ausencia de fugas	A.D. SIST COND CORR
Comprobar funcionamiento del motor hidráulico	A.D. SIST COND
Comprobar presiones en diferentes puntos del circuito hidráulico	A.D. SIST COND

Periodicidad Mensual

Descripción de la tarea	Modelo de mantenimiento al que corresponde
Reparar fugas detectadas en mantenimiento diario	A.D. SIST COND CORR
Purgar tanque hidráulico (retirar el agua del fondo del depósito abriendo la válvula situada en el punto inferior del depósito)	A.D. SIST COND
Comprobar temperatura de funcionamiento del motor	A.D. SIST COND
Comprobar revoluciones del motor	A.D. SIST COND
Comprobar consumo del motor de la bomba hidráulica	A.D. SIST COND
Limpieza y/o cambio de filtros, si procede	A.D. SIST COND
Toma muestra de aceite para analizar	A.D. SIST COND

Periodicidad Anual

Descripción de la tarea	Modelo de mantenimiento al que corresponde
Cambio de filtros si procede	A.D SIST COND
Comprobación de válvulas de seguridad	A.D SIST COND
Comprobación del estado del acumulador	A.D SIST COND
Reapriete de tornillos de fijación motor-bomba	A.D SIST
Limpieza de refrigeradores por agua, con descalcificadores	A.D SIST
Limpieza del motor (aletas de refrigeración)	A.D SIST
Desmontaje de tapas y ventiladores de motores para limpieza e inspección	A.D SIST

Periodicidad Anual (Continuación)

Descripción de la tarea	Modelo de mantenimiento al que corresponde
Comprobación de alineamiento de bombas	A.D. SIST
Limpieza de válvulas	A.D. SIST
Ajuste de válvulas proporcionales	A.D. SIST
Cambio de filtros	A.D. SIST
Sustitución del aceite hidráulico	A.D. SIST
Desmontaje de la bomba. Limpieza interior	A.D. SIST
Calibración de manómetros	A.D. SIST
Calibración y comprobación de presostatos	A.D. SIST
Limpieza del interior del depósito	A.D. SIST

SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO*Periodicidad Mensual*

Descripción de la tarea	Modelo de mantenimiento al que corresponde
Inspeccionar el cuadro eléctrico, para comprobar que no hay elementos sueltos o en mal estado	A.D. SIST COND
Inspeccionar visualmente todos los sensores de la máquina, comprobando que funcionan	A.D. SIST COND
Inspeccionar visualmente cableado	A.D. SIST COND
Comprobar consumo de motores eléctricos	A.D. SIST COND
Comprobar el consumo general el equipo	A.D. SIST COND

Periodicidad Anual

Descripción de la tarea	Modelo de mantenimiento al que corresponde
Comprobar que los sensores funcionan adecuadamente	A.D. SIST
Comprobar que los sensores están perfectamente colocados y sujetos	A.D. SIST
Comprobar arranque estrella-triángulo de los motores	A.D. SIST
Limpieza de cuadros eléctricos (aspirado)	A.D. SIST
Limpieza de contactos con un limpia-contactos	A.D. SIST
Cambio de filtros en cuadros	A.D. SIST
Reapriete de tornillos del cuadro.	A.D. SIST
Comprobar el buen funcionamiento de las seguridades eléctricas y electrónicas	A.D. SIST
Análisis termográfico de cuadros eléctricos	A.D.

3.8. AGRUPACIÓN DE LAS TAREAS. GAMAS Y RUTAS DE MANTENIMIENTO

Una vez elaborada la lista de tareas que compondrán el Plan de Mantenimiento es conveniente agruparlas, a fin de facilitar su ejecución. La agrupación de tareas, también denominadas Rutas o Gamas de mantenimiento¹¹, puede hacerse teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Tareas referidas al mismo área. Agruparemos todas las tareas que se refieren a un mismo área. Esto dará lugar a Rutas o Gamas del Área Servicios, Rutas de la Zona A, etc.
- Tareas referidas al mismo equipo. Obtendremos, por ejemplo, las Gamas del Compresor XXYY.
- Tareas que deban ser realizadas por profesionales de la misma especialidad. Tendremos Rutas eléctricas, mecánicas, de instrumentación, de lubricación, de ajuste, de calibración, etc.¹².
- Tareas agrupadas por frecuencias de realización. Esto dará lugar a Rutas diarias, semanales, mensuales, anuales, etc.

EJEMPLO 3.2

ESTRUCTURANDO UN PLAN DE MANTENIMIENTO

El siguiente ejemplo puede servir para ilustrar cómo puede estructurarse un Plan de Mantenimiento, de manera que se agrupen las tareas de mantenimiento para facilitar su realización.

La planta imaginaria utilizada para este ejemplo tendría un área de servicios, con un compresor, una caldera, una torre de refrigeración y un equipo de frío, y dos áreas productivas, área A y área B, con 4 equipos productivos cada una.

¹¹ Nos referiremos a Rutas de Mantenimiento cuando se incluyan tareas a realizar en diferentes equipos. Nos referiremos a Gamas de Mantenimiento cuando se incluyan tan solo tareas referentes a un equipo.

¹² Diferencias Gamas por especialidades tiene indudables ventajas en la asignación de trabajos pero, en general, supone incrementar notablemente el número de gamas que componen el Plan y dificultar su manejo. La tendencia general es eliminar la especialidad a la hora de elaborar Gamas de Mantenimiento.

PLAN DE MANTENIMIENTO

ÁREA SERVICIOS		ÁREA A		ÁREA B	
Código	Descripción	Código	Descripción	Código	Descripción
DS	Ruta diaria área servicios	DA	Ruta diaria área A	DB	Ruta diaria Área B
MS	Ruta mensual	MA	Ruta mensual área A	MB	Ruta mensual Área B
ACX	Gama Anual Compresor X	AA1	Gama Anual equipo A1	AB1	Gama Anual equipo B1
AKY	Gama Anual Caldera Y	AA2	Gama Anual equipo A2	AB2	Gama Anual equipo B2
AFZ	Gama Anual Eq Frío Z	AA3	Gama Anual equipo A3	AB3	Gama Anual equipo B3
ATT	Gama Anual Torre de Ref T	AA4	Gama Anual equipo A4	AB4	Gama Anual equipo B4
ARA	Gama anual Red de Aire				
ARV	Gama anual Red de Vapor				
ARR	Gama anual Red de Refriger.				

El Plan de Mantenimiento de este ejemplo estaría formado por un total de 6 rutas y 15 gamas, en total 21 documentos. Es una cantidad manejable, que será fácil de actualizar, revisar y mantener al día. Al cabo del año, el Plan de Mantenimiento habrá generado las siguientes gamas:

$$\begin{aligned}
 250 \text{ días} \times 3 \text{ rutas/día} &= 750 \text{ rutas} \\
 12 \text{ meses} \times 3 \text{ rutas/mes} &= 36 \text{ rutas} \\
 1 \text{ año} \times 15 \text{ gamas/año} &= 15 \text{ gamas} \\
 \text{Total: } &801 \text{ órdenes de trabajo}
 \end{aligned}$$

3.8.1. Rutas diarias

Las rutas diarias contienen tareas que se realizan fácilmente. La mayor parte de ellas se refieren a controles visuales (ruidos y vibraciones extrañas, control visual de fugas), mediciones (tomas de datos, control de determinados parámetros) y pequeños trabajos de limpieza y/o engrase. En general, todas las tareas pueden hacerse con los equipos en marcha. Son la base de un buen mantenimiento preventivo, y permiten «llevar al día» la planta. Es, además, la parte de trabajo de mantenimiento más fácilmente trasladable al personal de operaciones, y que, por tanto, mejor puede integrarse en un TPM.

Por la gran cantidad de papel que generan (el 90% del total al cabo de un año), no es conveniente que estén en el sistema informático de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador. Es más práctico generar las hojas de ruta manualmente. Si se generaran a partir del sistema informático habría que completar todo el ciclo de una O.T. (apertura, aprobación, carga de datos, cierre, aprobación del cierre, etc.); todo este esfuerzo no está justificado, pues genera demasiado trabajo burocrático que no añade ningún valor.

Tal y como se detalla en el Apartado 3.10, tras la realización de todas las rutas diarias es conveniente rellenar un Parte de Incidencias, en el que se reflejen todas las anomalías observadas en la planta. A partir de ese parte, una persona autorizada (un mando intermedio de mantenimiento) o el propio operario encargado de realizar las rutas debe generar tantas Órdenes de Trabajo como anomalías haya encontrado.

EJEMPLO 3.3

GAMA DIARIA DE LA ZONA 1100 DE UNA PLANTA QUÍMICA

Anagrama

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Frecuencia Diaria	Código Gama DBTG
	Edición: 0 Fecha: 10/07/01	Esp: PREV HOJA: 1 / 2
INSPECCIÓN GENERAL DIARIA		
INSTALACIÓN A INSPECCIONAR O REVISAR: ÁREA 1100		
OPERARIO:		FECHA:
HORA INICIO:	HORA FINAL:	T. NORMAL: 45 Minutos
HERRAMIENTAS Termómetro infrarrojos		Equipo de Protección Botas de seguridad Guantes
RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS 1.–Productos químicos. Trabajar con guantes. Leer y conocer fichas de seguridad. 2.–Temperaturas altas en algunas zonas. Precaución para no tocar partes calientes. 3.–Trabajos con disolventes. Riesgo de incendio y explosión. No fumar en las inmediaciones. 4.–Riesgos eléctricos. No tocar cables, ni manipular equipos bajo tensión. Solicitar aislamiento antes de intervenir.		Firma operario:
MATERIALES		CÓDIGO MATERIALES
Equipo	Descripción	Resultado
REACTOR 11TR01	Inspección visual de conexiones de los dos motores	
	Ausencia de ruidos y vibraciones extrañas en los 2 motores	
	Temperatura del motor del agitador (rodamiento lado agitador)	
	Temperatura del motor del rascador	
	Control visual de fugas en el depósito	
	Inspección visual de conexiones en los controles de caudal (semáforo)	
	Inspección visual de conexiones en sonda de temperatura reactor	
	Inspección visual de conexiones en sonda de temper. Aceite térmico	
	Temperatura del reactor	
	Temperatura del aceite térmico	
	Temperatura de salida del agua en el intercambiador	
	Ausencia de fugas en filtros de barniz hacia depósito	
	Ausencia de fugas en filtros de barniz hacia expedición (nuevos)	
	Ausencia de fugas de aire comprimido	
	Purgar unidades de mantenimiento neumáticas	
Inspección visual del rotámetro de nitrógeno		
Inspección visual del polipasto		
REACTOR 11TR02	Inspección visual de conexiones de los dos motores	
	Ausencia de ruidos y vibraciones extrañas en los 2 motores	
	Temperatura del motor del agitador (rodamiento lado agitador)	
	Temperatura del motor del rascador	
	Control visual de fugas en el depósito	
	Inspección visual de conexiones en sonda de temperatura reactor	
	Inspección visual de conexiones en sonda de temper. Aceite térmico	
	Temperatura del reactor	
	Temperatura del aceite térmico	
	Temperatura de salida del agua en el intercambiador	

Anagrama

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Frecuencia
Diaria

Código Gama
DBTG

INSPECCIÓN GENERAL DIARIA

Edición: 0

Fecha: 10/07/01

Esp: PREV

HOJA: 2/ 2

INSTALACIÓN A INSPECCIONAR O REVISAR: ÁREA 1100

Equipo	Descripción	Resultado	Rango normal
	Inspección visual del rotámetro de nitrógeno		
	Inspección visual del polipasto		
REACTOR 11TR03	Inspección visual de conexiones del motor		
	Ausencia de ruidos y vibraciones extrañas en el motor		
	Temperatura del motor (rodamiento lado agitador)		Inferior a 70°C
	Control visual de fugas en el depósito		
	Inspección visual de conexiones en el mediador de caudal		
	Inspección visual de conexiones en sonda de temperatura		
	Temperatura del reactor		155-170°C
	Ausencia de fugas en filtro de barniz		
REACTOR 11TR04	Inspección visual de conexiones del motor		
	Ausencia de ruidos y vibraciones extrañas en el motor		
	Temperatura del motor (rodamiento lado agitador)		Inferior a 70°C
	Control visual de fugas en el depósito		
	Inspección visual de conexiones en el mediador de caudal		
	Inspección visual de conexiones en sonda de temperatura		
	Ausencia de fugas en filtro de barniz		
	Inspección visual del polipasto		
MEZCLADOR 11TR04	Inspección visual de conexiones del motor		
	Ausencia de ruidos y vibraciones extrañas en el motor		
	Temperatura del motor (rodamiento lado agitador)		Inferior a 70°C
	Control visual de fugas en el depósito		
	Inspección visual de bombas del filtro (2)		
	Inspección visual de conexiones en sonda de temperatura		
CIRCUITO 11AC01	Comprobar temperatura de la sala		50-60°C
	Comprobar ausencia de fugas		
	Comprobar ausencia de ruidos y vibraciones extrañas en bombas sala		
CALDERA 1 11CA01	Verificar ausencia de ruidos, fugas y vibraciones extrañas en bombas		
	Verificar presiones de salida en bombas		
	Verificar temperatura de rodamiento delantero de bomba	A= B=	Inferior a 70°C
	Comprobar nivel de aceite		Con nivel
	Ausencia de fugas en depósitos		
	Comprobar temperatura de entrada y salida de aceite de la caldera	Ent= Sal=	E=240-255 S=270-275
	Comprobar temperatura de humos de salida		Inferior a 200°C
	Comprobar presiones de gas antes y después de válvula reductora	Ent= Sal=	Ent= Sal=
CALDERA 2 11CA02	Verificar ausencia de ruidos, fugas y vibraciones extrañas en bombas		
	Verificar presiones de salida en bombas		
	Verificar temperatura de rodamiento delantero de bomba	A= B=	Inferior a 70°C
	Comprobar nivel de aceite		Con nivel
	Ausencia de fugas en depósitos		
	Comprobar temperatura de entrada y salida de aceite de la caldera	Ent= Sal=	E=240-255 S=270-275
	Comprobar temperatura de humos de salida		Inferior a 200°C
	Comprobar presiones de gas antes y después de válvula reductora	Ent= Sal=	E= 1,3 bar S=16mbar

OBSERVACIONES:

3.8.2. *Rutas semanales y mensuales*

Las rutas semanales y mensuales contemplan tareas más complicadas, que no está justificado realizar a diario. Implican, en algunos casos, desmontajes, paradas de equipos o tomas de datos más laboriosas. Es el caso de limpiezas interiores, que necesiten del desmontaje de determinados elementos, o medidas del consumo de un motor (medida de intensidad) en cuadros de acceso complicado, etc. También incluyen tareas que no se justifica realizar a diario, como los engrases.

3.8.3. *Gamas anuales*

Suponen, en algunos casos, una revisión completa del equipo (*Overhaul*), y en otros, la realización de una serie de tareas que no se justifica realizar con una periodicidad menor. Es el caso de cambios de rodamientos, limpieza interior de una bomba, medición de espesores en depósitos, equilibrado de aspas de un ventilador, por citar algunos ejemplos. Siempre suponen la parada del equipo durante varios días, por lo que es necesario (como veremos en el Apartado 3.9, Planificación del Mantenimiento) estudiar el momento más adecuado para realizarlo.

3.9. INFORMES TRAS LA REALIZACIÓN DE GAMAS Y RUTAS

La realización de Gamas y Rutas de Mantenimiento debe ser completada con la redacción de un informe en el que se detallen todas las anomalías encontradas y todas las reparaciones que se han efectuado o que son necesarias.

Es conveniente recoger todas las incidencias encontradas en la realización de todas las rutas diarias en un único informe, que puede denominarse «Parte de Incidencias». En él se deben detallar todos los parámetros observados fuera de rango, todas las observaciones referentes a fugas, vibraciones y ruidos anómalos, y todas las observaciones que se consideren de interés. Posteriormente, una persona autorizada debe revisar este Parte de Incidencias y emitir tantas Órdenes de Trabajo como anomalías se hayan detectado.

La redacción del informe, la emisión de las Órdenes de Trabajo y su seguimiento son tareas tan importantes que si no se realizan es inútil poner en marcha estas rutas diarias. Sus principales objetivos son dos: por un lado, detectar anomalías en una fase inicial, cuando todavía no han supuesto un grave problema; y, por otro, conocer en todo momento el estado de la planta.

Muchas de las órdenes que se emitan no estarán resueltas al realizar la siguiente ruta diaria siguiente, por lo que queda la duda de si es necesario consignar en cada ruta diaria todas las anomalías que se encuentren o tan solo las fallas

Anagrama

EJEMPLO 3.4

EJEMPLO DE GAMA MENSUAL DE LA ZONA 1100 DE UNA PLANTA QUÍMICA

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Frecuencia Mensual	Código Gama MTBG
	INSPECCIÓN GENERAL MENSUAL	Edición: 0 Fecha: 06/07/01

INSTALACIÓN A INSPECCIONAR O REVISAR: ÁREA 1100

OPERARIO:	FECHA:
-----------	--------

HORA INICIO:	HORA FINAL:	T. NORMAL: Minutos
--------------	-------------	--------------------

HERRAMIENTAS	Equipo de Protección
Analizador de humos de caldera Bomba de engrase Pinza amperimétrica	Gautes Gafas de seguridad Botas de seguridad

RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS

1.-Productos químicos. Trabajar con guantes. Leer y conocer fichas de seguridad.
2.-Temperaturas altas en algunas zonas. Precaución para no tocar partes calientes.
3.-Trabajos con disolventes. Riesgo de incendio y explosión. No fumar en las inmediaciones.
4.-Riesgos eléctricos. No tocar cables, ni manipular equipos bajo tensión. Solicitar aislamiento antes de intervenir.

Firma operario:

MATERIALES	CÓDIGO MATERIALES
Grasa para motor agitador	

Equipo	Descripción	Resultado	Rango normal
Caldera 1 11CA01	Análisis de humos de calderas: CO ₂ O ₂ NO _x SO ₂		
	Verificar arranque quemador 1 y 2		
	Medidor consumo de motores en bombas	I = A	I < 53 A
	Cambiar a bomba en stand-by si corresponde		
	Rellenar depósitos de aceite de bombas		A nivel
	Engrasar motor y bomba		
	Revisar anclajes y estado de la chimenea		
Caldera 2 11CA02	Análisis de humos de calderas: CO ₂ O ₂ NO _x SO ₂		
	Verificar arranque quemador 1 y 2		
	Medir consumo de motores en bombas	I = A	I < 53 A
	Cambiar a bomba en stand-by si corresponde		
	Rellenar depósitos de aceite de bombas		
	Engrasar motor y bomba		
	Revisar anclajes y estado de la chimenea		
Reactor 11TR01	Engrase del motor-agitador		
	Medición del consumo del motor	I = A	I < 100 A
	Comprobación visual de sujeciones del motor		
	Comprobación visual de finales de carrera de todas las válvulas		
	Comprobación visual de anclajes del depósito		
	Comprobación de sujeciones del polipasto		
	Engrase del polipasto		
Reactor 11TR02	Engrase del motor-agitador		
	Medir consumo del motor	I = A	I < 100 A
	Comprobación visual de sujeciones del motor		
	Comprobación visual de anclajes del depósito		
	Comprobación de sujeciones del polipasto		
	Engrase del polipasto		

EJEMPLO 3.5
GAMA ANUAL DE LA ZONA 1100 DE UNA PLANTA QUÍMICA

Anagrama

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Frecuencia Anual	Código Gama AC1BTG
INSPECCIÓN GENERAL ANUAL	Edición: 0	Esp: PREV
	Fecha: 06/07/01	HOJA: 1 / 1

INSTALACIÓN A REVISAR: CALDERA / 11CA01

OPERARIO:	H. INICIO:	H. FINAL:	FECHA:
OPERARIO:	H. INICIO:	H. FINAL:	FECHA:
OPERARIO:	H. INICIO:	H. FINAL:	FECHA:
OPERARIO:	H. INICIO:	H. FINAL:	FECHA:
OPERARIO:	H. INICIO:	H. FINAL:	FECHA:
OPERARIO:	H. INICIO:	H. FINAL:	FECHA:
OPERARIO:	H. INICIO:	H. FINAL:	FECHA:
OPERARIO:	H. INICIO:	H. FINAL:	FECHA:
OPERARIO:	H. INICIO:	H. FINAL:	FECHA:

HERRAMIENTAS		Equipo de Protección
Analizador de humos de caldera	Rascador para tubo de humos	Gafas de seguridad
Analizador de vibraciones	Aspirador	Botas de seguridad
Meger	Maleta de comprobación térmicos, tierras, etc.	Protectores acústicos

RIESGOS DEL TRABAJO (PRECAUCIONES A TENER EN CUENTA)

Firma operario:

1.-Parar la instalación y enclavar. Colocar carteles y candados.

2.-Partes a presión. Precauciones al abrir bombas y calderas (puede haber presión residual). No retirar todos los tornillo hasta no comprobar que no existe presión residual.

3.-No comenzar a trabajar hasta que la temperatura del circuito de aceite sea inferior a 30 °C.

4.-Productos químicos. Trabajar con guantes. Leer y conocer fichas de seguridad.

5.-Riesgos eléctricos. No tocar cables, ni manipular los equipos bajo tensión.

MATERIALES		CÓDIGO MATERIALES	
Aceite térmico de limpieza	Acoplamiento y rodamientos de motor y bomba, si se precisan		
Material de limpieza	Grasa para los tornillos de la tapa de la caldera		

Operario	Descripción	Valor normal	Resultadol
	Comprobar alimentación motor y bomba (los dos)		
	Limpieza externa de los dos conjuntos motor-bomba		
	Comprobar estado de los acoplamientos		
	Medir aislamiento del motor		
	Medir nivel de vibraciones de los dos conjuntos motor-bomba		
	Comprobar sujeciones a la bancada de los dos conjuntos		
	Abrir caldera y limpiar tubos de humos		
	Comprobar el disparo de todas las seguridades:		
	Hombre muerto		
	Exceso de precios		
	Ausencia de llama		
	Temperatura excesiva		
	Bajo nivel de aceite		
	Revisar estado de clapeta de expansión		
	Verificar que las certificaciones de la caldera están correctas		
	Comprobar estado de soplante del quemador		
	Ajustar el quemador		
	Comprobar el sistema de encendido		
	Limpieza de bujías		
	Reapriete de bornas en cuadro eléctrico		
	Ajuste de térmicos		
	Comprobación y ajuste de diferenciales		
	Limpieza interior de armarios		
	Comprobar puesta a tierra de depósitos, calderas y motores		

nuevas no detectadas en inspecciones anteriores. Una solución práctica puede ser consignar tan solo las nuevas anomalías, pero un día a la semana consignarlas todas, indicando de cuales se ha emitido ya Orden de Trabajo (y fecha de emisión) y de cuales se emite en ese momento. Por ejemplo, si se toma la decisión de anotar todos los lunes todas las fallas que se encuentren y reflejarlas en el informe de incidencias, si un jueves queremos revisar el estado de la planta bastará con tomar el informe del lunes anterior e incluir las aparecidas en la semana.

3.10. PUESTA EN MARCHA

Una vez redactado el plan hay que ponerlo en marcha. No es estrictamente necesario acabar de redactar el plan para poner en marcha cada una de las Gamas y Rutas que lo componen. Para ponerlo en marcha, es necesario tener en cuenta varias cosas:

1. *Hay que asegurarse de que todo lo que se indica en el plan es realizable.* Es muy habitual que quien redacta el plan y quien lo ejecuta sean personas distintas, con puestos distintos. Una vez redactado el Plan y antes de ponerlo en marcha hay que comprobar cada una de las tareas, fijando los rangos de medida que se entenderán como correctos, anotando las herramientas que son necesarias, anotando el tiempo que se necesita para llevar a cabo cada una de ellas. Hay gamas que no se podrán comprobar inmediatamente, porque impliquen paradas prolongadas del equipo. La única alternativa es esperar a que se puedan realizar, y comprobar durante su realización la idoneidad de cada una de las tareas, anotando todas las observaciones que puedan resultar interesantes.
2. *Hay que designar una o varias personas que se encargarán de su realización.* Cada Gama y cada Ruta deben tener un responsable para su realización, contando con recursos adicionales a los habituales, si es preciso.
3. *Hay que realizar una acción formativa* para la puesta en marcha de cada una de las gamas y rutas, explicando claramente el alcance de cada una de las tareas y qué hacer en caso de encontrar anomalías
4. *Durante las primeras semanas tras la puesta en marcha, hay que supervisar la realización,* hablando con el personal encargado de realizarlas, y anotando sus sugerencias y comentarios. Tras los primeros días de aplicación, empezarán a surgir cambios al plan inicial. El sistema de revisión del plan debe ser suficientemente ágil para poder ir introduciendo cambios a medida que se identifiquen las posibilidades de mejora del plan. Los primeros cambios se referirán sobre todo a tareas que no puedan ser realizadas, a tareas que se han olvidado y que pudiera ser necesario útil realizar, a rangos de medida incorrectos, a herramientas y materiales no incluidos en la lista de cosas a preparar,

o a correcciones en el tiempo necesario para su realización, entre otras. Más tarde, las correcciones se realizarán para excluir tareas que no han demostrado ser útiles o rentables, o bien para incluir tareas que surjan como consecuencia de averías y problemas que se hayan presentado, y que pudieran evitarse con alguna medida preventiva.

5. *No es necesario poner en funcionamiento* todas las gamas y rutas a la vez. Es mucho más efectivo ponerlas en marcha escalonadamente, área por área de la planta. En el ejemplo del Apartado 3.6 sería conveniente implantar la Rutas Diaria y Mensual del Área de Servicios, continuar con el Área A y después el Área B. Por último, se implantarían las Gamas Anuales de cada uno de los equipos, según la planificación de mantenimiento realizada (ver Apartado 3.9)

3.11. PROCEDIMIENTOS DE REALIZACIÓN DE GAMAS Y RUTAS DE MANTENIMIENTO

Una vez redactadas las rutas y gamas, y preferiblemente después de ponerlas en marcha y haber realizado diversas correcciones, es necesario redactar procedimientos en los que se explique cómo se llevan a cabo cada una de las tareas. Es conveniente describir claramente a qué elemento se refiere cada tarea, en caso de mediciones como se realiza ésta y cuáles son los rangos aceptables, qué útiles y materiales es necesario preparar, qué precauciones hay que tener en los montajes, cuáles son valores que debemos respetar en los reglajes de elementos, etc.

En ocasiones, puede ser conveniente redactar un procedimiento por cada Ruta o cada Gama; en otras, será más conveniente agruparlas por frecuencias, por especialidades, o por áreas, y redactar un procedimiento por cada uno de los grupos resultantes. En la práctica, una buena solución consiste en agruparlas por áreas, y redactar un procedimiento por cada área que contenga todas las gamas y rutas referidos a ella.

EJEMPLO 3.6

PROCEDIMIENTO DE REALIZACIÓN DE RUTAS Y GAMAS DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO EN CALDERA ACUOTUBULAR

1. Objeto

El presente procedimiento es de aplicación en la Planta XXX. ubicada en YYY, para la realización del mantenimiento preventivo de las dos calderas existentes en esta planta.

2. Alcance

Queda dentro del alcance de este procedimiento, la Caldera 1 (12CA01), caldera acuotubular convencional con quemadores de gas natural, que produce 70 Ton/hora de vapor saturado a 180 °C y 18 Kg/cm², y la caldera 2 (12CA02), de recuperación de calor de gases provenientes de la combustión en turbina, equipadas con quemadores adicionales de gas natural. Esta caldera tiene una capacidad máxima de 58 Tn/h de vapor a 450 °C y 60 kg/cm² de vapor saturado seco.

3. Documentos de referencia

- Sistema de calidad de la empresa, última revisión.
- Procedimientos específicos:
 - Procedimiento de calibración de caudalímetro Vortex.
 - Procedimiento de calibración de transmisor de temperatura.
 - Procedimiento de calibración de transmisor de nivel.
 - Procedimiento de revisión de bombas centrífugas.
 - Procedimiento de alineamiento por láser.
 - Procedimiento de comprobación de presostatos.
 - Procedimiento de revisión de motores asíncronos trifásicos.

4. Responsabilidades

Será responsabilidad del jefe de mantenimiento conocer el contenido del presente procedimiento y participar en su implantación. El jefe de mantenimiento decidirá las acciones a tomar para resolver las desviaciones que pudieran presentarse durante su aplicación.

Será responsabilidad del personal encargado de realizar los trabajos el aplicar adecuadamente las instrucciones reflejadas en este procedimiento y notificar las posibles anomalías observadas a su inmediato superior.

5. Requisitos de seguridad

5.1. General

Es de aplicación la normativa legal vigente, así como los siguientes documentos emitidos por el Servicio de Prevención.

- a) Plan de prevención.
- b) Evaluación de riesgos y medidas preventivas.

5.2. Instrucciones seguridad

Se deben tener en cuenta las siguientes medidas de seguridad:

1. Obligatorio el uso de casco.
2. Tomar precauciones para no tocar zonas marcadas como calientes.
3. Precaución para no tocar partes en movimiento. Controlar el buen estado de las protecciones.
4. No tocar cables eléctricos, ni manipular los equipos bajo tensión.

6. Desarrollo

6.1. Mantenimiento diario

- *Materiales y medios*

- Herramientas: Termómetro infrarrojos.
- Materiales y fungibles: Aceite de lubricación Circulante-68.

- *Ruta diaria. Tareas a realizar en la Caldera 1*

1. *Comprobar el nivel visual del agua.* Verificar que el nivel visual se encuentra entre las marcas de máximo y mínimo. El nivel se encuentra en la parte más alta de la caldera, al lado del calderín superior.
2. *Comprobar la ausencia total de alarmas.* Se debe mirar que no existe ningún piloto en rojo, en el panel de la sala de control.
3. *Comprobar la presión de entrada de gas a quemadores.* Se debe tomar lectura en el manómetro instalado a tal efecto en la parte izquierda superior de la caldera. El valor no debe superar los 2.5 kg/cm².
4. *Comprobar la temperatura de salida de vapor.* Se debe tomar la lectura en el termómetro instalado a tal efecto en la parte superior de la caldera. El rango normal es de 180-210 °C.
5. *Anotar la carga en el momento de la toma de datos.* Se debe tomar este dato en la sala de control en el indicador 12CA01-I-CONFI401.

6. *Anotar el número de quemadores encendidos (1 ó 2).* Se debe tomar este dato en la sala de control, en el sistema de control distribuido. La pantalla en la que aparece el dato es la pantalla 4C. Los quemadores encendidos presentan el dibujo de una llama roja, mientras que los apagados no tienen ningún dibujo.
7. *Comprobar la presión de salida de las bombas de purga.* Esta presión se tomará en el manómetro situado en la tubería de impulsión, referencia 12CA01-I-AALPI100.
8. *Comprobar la ausencia de fugas, ruidos y vibraciones extrañas en las bombas de purga.* Anotar si se observa alguna anomalía de ese tipo en las dos bombas.
9. *Comprobar nivel de aceite de lubricación en las bombas de purga.* Se debe comprobar que el visor de nivel de las bombas deba estar aproximadamente a la mitad de su nivel. Si no lo estuviera habría que rellenar con aceite para bombas Circulante-68, por el correspondiente tapón.
10. *Temperatura de la carcasa del motor.* Con el termómetro de infrarrojos se apuntará sobre dicha carcasa, anotando el primer valor estable que se obtenga. Un valor normal estará por debajo de 50 °C.
11. *Temperatura de la carcasa de la bomba purga.* Para ello se debe utilizar el mismo procedimiento que en el punto anterior. Un valor normal estará por debajo 160 °C.

- *Ruta diaria. Tareas a realizar en la Caldera 2*

1. *Comprobar el nivel visual del agua.* Este nivel se encuentra instalado en el calderín superior. El nivel debe estar entre las marcas de máximo y mínimo. Comprobar que ambos niveles marcan la misma medida.
2. *Lectura del manómetro del calderín superior.* Comprobar que esta sea menor de 65 kg/cm². Este manómetro está situado junto a los visores de nivel.
3. *Inspección visual de los detectores de llama e ignitores.* Comprobar la sujeción y el estado de los cables. Comprobar que no hay alarmas en el panel de control de la caldera referidas a estos quemadores.
4. *Ausencia total de alarmas.* Se debe comprobar en la pantalla instalada en la sala de control. Lo normal será la ausencia completa de alarmas.
5. *Lectura del indicador de nivel del calderín.* Tomar lectura en la pantalla de la sala de control. El dato se visualiza bajo el nombre de LI4000. El valor normal estará entre -2 y 2.

6. *Lectura del transmisor de presión del calderín superior.* Tomar lectura en la pantalla de la sala de control. El dato se visualiza bajo el nombre de PI 4010. El rango normal será una presión inferior a 65 bar.
7. *Lectura de la presión de entrada de gas a quemadores.* Tomar lectura en la pantalla de la sala de control. El dato se visualiza bajo el nombre de PI 4200. El valor de referencia será de 2.5 ± 1 bar.
8. *Temperatura de salida del vapor del calderín superior.* Tomar lectura en la pantalla de la sala de control. El dato se visualiza bajo el nombre de TI 4300. El valor de referencia es de 260 ± 20 °C.
9. *Temperatura de salida del vapor del sobrecalentador.* Tomar lectura en la pantalla de la sala de control. El dato se visualiza bajo el nombre de TIC 4400. El valor de referencia es de 460 ± 20 °C.
10. *Presión del vapor de salida del sobrecalentador.* Tomar lectura en la pantalla de la sala de control. El dato se visualiza bajo el nombre de PIC 4001. El valor de referencia es de 60 ± 5 bar.
11. *Anotar la carga en el momento de la toma de datos.* Tomar lectura en la pantalla de la sala de control. El valor de referencia es el del rango 15-58 Ton/h. El valor se visualiza bajo el nombre de FI 4005.
12. *Anotar si la postcombustión está encendida o no.* Tomar el dato de la pantalla de la sala de control.
13. *Posición del bypass de gases de caldera.* Tomar el dato de la pantalla de la sala de control. Normalmente estará cerrada.
14. *Lectura de la presión en el desgasificador.* Tomar lectura en la pantalla de la sala de control. El dato se visualiza bajo el nombre de PIC 5500. El valor de referencia es de $2.1 \pm 0,3$ bar.
15. *Lectura de la presión del tanque de purga en el manómetro situado en ese tanque a tal efecto.* El valor de referencia es de $3.1 \pm 0,2$ bar.
16. *Temperaturas de entrada y salida del agua sobrecalentada (A.S.C).* Tomar lectura en la pantalla de la sala de control. El dato se visualiza bajo los nombres de TI 4935 y TI 4936. Los valores que se tomaran como referencia son de 160 y 180 °C respectivamente ± 2 °C.
17. *Comprobar la presión del aire de instrumentación* en el manómetro situado en este circuito, situado en el pórtico de gases. El valor de referencia es menor de $7 \pm 0,5$ bar.
18. *Comprobar que las presiones de entrada y salida a las bombas de alimentación.* No deben superar los 2.5 y 100 bares respectivamente.
19. *Comprobar la ausencia de fugas, ruidos y vibraciones extrañas en las dos bombas de alimentación.* Anotar si existe alguna anomalía de este tipo.

20. *Comprobar el nivel de aceite de lubricación de las bombas de alimentación.* Verificar que el vaso situado junto a la bomba no se encuentre fuera de las marcas de máximo y mínimo. Si esto ocurriera, habrá que rellenar con aceite para bombas Circulante-68.
21. *Tomar lectura de la temperatura de la carcasa del motor que mueve las bombas de alimentación.* Se realizará con termómetro de infrarrojos. El valor de referencia es menor de 60 °C.
22. *Tomar lectura de la temperatura de la carcasa de la bomba con termómetro de infrarrojos.* El valor de referencia es menor de 150 °C.
23. *Comprobar la ausencia de fugas, ruidos y vibraciones extrañas en las bombas de la planta de agua desmineralizada.*
24. *Comprobar que las bombas de dosificación están conectadas.* Se deberá verificar la conexión de estas bombas que se encuentran en la caseta situada junto a la caldera.
25. *Comprobar la conductividad del lecho mixto en servicio.* Se deberá tomar lectura en la caseta situada junto a la caldera.

6.2. *Mantenimiento mensual*

- *Materiales y medios*

- Herramientas: Analizador de humos de caldera.
 Llave para abrir válvulas.
 Escalera de madera 3 metros.
 Analizador de vibraciones.
- Materiales y fungibles: Aceite de lubricación Circulante-68.

- *Ruta mensual. Tareas a realizar en la Caldera 1*

1. *Análisis de humos de caldera.* Para ello se deberá introducir el mástil del analizador en el orificio de la caldera diseñado a tal efecto. El analizador tomara lectura de CO₂, O₂, NO_x, NO y rendimiento de la combustión. Los valores obtenidos deben estar respectivamente entre los siguientes rangos: 3-7 %, 8-16%, < 150 ppm, < 150 ppm y > 80 %.
2. *Verificar arranque quemador.* Para ello, si la caldera está fuera de servicio, se procederá arrancar un quemador y luego el otro desde la sala de control.

3. *Rellenar nivel de aceite en bombas de sales.* Si una vez comprobado en el nivel visual de la bomba, este está por debajo de los límites, se procederá a rellenar. La bomba de sales se encuentra a la derecha de la caldera.

- *Ruta diaria. Tareas a realizar en la Caldera 2*

1. *Análisis de humos de calderas.* Para ello, se deberá introducir el mástil del analizador en los dos orificios de la caldera diseñados a tal efecto. El primer punto de toma de muestra se encuentra antes de la combustión de la caldera, y el segundo punto se encuentra después de la caldera. El analizador tomará lectura de CO₂, O₂, NO_x, NO y rendimiento de la combustión. Los valores obtenidos deben estar respectivamente entre los siguientes rangos: 3-7 %, 8-13%, < 150 ppm, < 150 ppm. El rendimiento debe ser > 35% en el primer punto de toma de muestra y para el segundo debe ser un valor > 80%.
2. *Rellenar nivel de aceite en bombas de alimentación.* El aceite debe ser del tipo HD-68. Comprobar que el vaso de aceite no se encuentre a menos de la mitad de su nivel. En caso de estar por debajo, se debe rellenar.
3. *Inspección visual presostato alta presión (calderín).* Se debe efectuar una comprobación de que el presostato instalado en el calderín está bien sujeto y con el cableado en buen estado.
4. *Inspección visual indicador de nivel (calderín).* Se comprobará que el nivel de agua esté entre las marcas de máximo y mínimo.
5. *Comprobación estado sensor de presión (entrada quemadores).* Se realizará una inspección visual, comprobando sujeción y cableado.
6. *Medir vibraciones motor ventilador aire refrigeración del ignitor.* Utilizar para ello el analizador de espectro de vibraciones. Comprobar que esté dentro de lo marcado en la instrucción técnica IT-C001.
7. *Comprobar ausencia de ruidos extraños en Dumper.* Anotar si existe alguna anomalía de este tipo.
8. *Inspección visual finales de carrera Dumper.* Visualmente se comprobará fijación, posición y cableados.
9. *Comprobar ausencia ruidos extraños al accionar la guillotina.* La guillotina solo se accionará si el responsable de operaciones da su aprobación.
10. *Inspección visual funcionamiento guillotina.* Al accionar el Dumper. Se realizará previa autorización de Operaciones.

11. *Inspección visual finales de carrera guillotina.* Comprobar que están bien sujetos, bien situados, y con los cables en buen estado.
12. *Medir vibraciones motor ventilador aire de sellado del sistema de gas.* Utilizar el analizador de espectro de vibraciones. Comprobar que el espectro de vibración está dentro de lo adecuado para este tipo de motores (ver Instrucción Técnica IT-C001).
13. *Inspección visual nivel aceite turbina.* Comprobar que el nivel se encuentra entre las marcas de máximo y mínimo.
14. *Inspección visual nivel aceite alternador.* Comprobar que el nivel se encuentra entre las marcas de máximo y mínimo.

6.3. *Mantenimiento anual*

- *Materiales y medios*

- Herramientas:
 - Generador de frecuencia.
 - Miliamperímetro.
 - Manómetro calibrado.
 - Racores.
 - Alineador láser.
 - Horno de calibración de termopares.
 - Aspiradora.
- Materiales y fungibles:
 - Aceite de lubricación Circulante-68.
 - Spray limpiacontactos.

- *Gama anual Caldera 1*

Para realizar las siguientes tareas *la caldera deberá estar parada*. Ver procedimiento POC003 para la parada de la caldera, y el procedimiento POC004 para el descargo y aislamiento de instalaciones.

1. *Limpieza interior del domo inferior de la caldera.* Una vez dentro, se vaciará los lodos acumulados y se limpiarán las superficies con un cepillo. Cambiar las juntas de las bocas de hombre por las que se haya accedido al interior del domo.
2. *Limpieza cuadros eléctricos.* Se aspirará el polvo, y se limpiarán con un spray limpiador de cuadros eléctricos.
3. *Comprobación de haces tubulares.* Se comprobará que no haya huellas de pinchazos (fugas de agua en algún tubo del haz tubular). Si se encuentran tubos «pinchados», reparar o inutilizar el tubo, taponándolo.

4. *Revisión de refractario.* Comprobar visualmente en el hogar de la caldera que no existen desperfectos. Revisar especialmente la zona próxima al quemador, por ser la que mayor desgaste sufre.
5. *Revisión de válvulas de purga.* Se comprobará que no hay fugas.
6. *Comprobación del tarado de las válvulas de seguridad de caldera.* Para ello, se cerrará la salida de vapor, se anulará la seguridad de la caldera por alta presión (puenteándola) y se pondrá la caldera en marcha. La presión irá aumentando, se comprobará la presión con un manómetro calibrado. Éste se instalará en un punto anterior a la válvula de vapor general de la caldera. Se anotará entonces la presión a la que se realiza el disparo de cada una de las válvulas de seguridad de la caldera, comprobando que coincide con la presión de tarado. Si no fuera así, contactar con una OCA, para proceder al tarado y precinto de las dos válvulas.
7. *Revisar válvula agua de alimentación.* Se comprobará que la válvula abre y cierra correctamente, que no hay fugas y que responde a la presión de instrumentación.
8. *Calibrar caudalímetro (Vortex) salida de vapor, FT 001.* Seguir el procedimiento de calibración de caudalímetros Vortex.
9. *Comprobar disparo caldera por alta presión.* Cerrar la válvula de salida de vapor de la caldera y ponerla en marcha. Comprobar que al llegar a la presión de disparo de la caldera (16 Kg/cm²) la caldera se para (los quemadores se apagan).
10. *Comprobación de paro por falta de rearme (hombre muerto).* Poner la caldera en marcha. Con la ayuda de un reloj común, comprobar que antes de dos horas la caldera se para (los quemadores se apagan) si no se pulsa el pulsador de rearme.
11. *Comprobación paro por nivel de agua.* Poner la caldera en marcha y comenzar a vaciar por cualquiera de sus purgas (mejor por la purga manual). Comprobar que la caldera para cuando el nivel es inferior al 30% del calderín superior.
12. *Comprobación paro por seta de emergencia.* Poner la caldera en marcha. Comprobar que la caldera para al pulsar dicha seta de emergencia.
13. *Limpieza de niveles visuales.* Desmontar los niveles visuales. Llevarlos al taller. Limpiar las partes metálicas de óxido. Limpiar los cristales. Cambiar las juntas de los cristales.
14. *Revisión general de los dos motores.* Seguir el procedimiento de revisión de motores.
15. *Revisión de las bombas de sales.* Seguir el procedimiento de revisión de bombas.

16. *Revisión de los motores de las bombas de sales.* Seguir el procedimiento de revisión de motores.

- *Gama anual Caldera 2*

1. *Comprobación de haces tubulares.* Se comprobará que no haya fugas de agua, ni de gas.
2. *Revisión de refractario.* Comprobar visualmente en el hogar de la caldera que no existen desperfectos.
3. *Inspección del Dumper desde el interior de la caldera.* Se comprobará visualmente que todos sus mecanismos funcionan perfectamente, que no hay corrosiones, y que la sujeción es correcta. Se comprobará que el silenciador que se ve desde esa posición mirando hacia la chimenea está en perfecto estado y bien sujeto.
4. *Inspección de la guillotina desde el interior de la caldera.* Se comprobará que el funcionamiento es correcto, actuando sobre la guillotina desde el exterior. Se comprobará que el cierre es perfectamente hermético.
5. *Inspección de la cadena de la guillotina.* Se comprobará que todos sus eslabones se encuentran en buen estado.
6. *Engrasar guía guillotina.* Se utilizará grasa de litio de propósito general.
7. *Revisar las válvulas de purga.* Comprobar que abren y cierran perfectamente y que no presentan fugas.
8. *Comprobación del tarado de las válvulas de seguridad de caldera.* Para ello, se cerrará la salida de vapor y se pondrá la caldera en marcha. La presión irá aumentando, se comprobará la presión con un manómetro calibrado, este se instalará en un punto anterior a la válvula de vapor general de la caldera. Se anotará entonces la presión a la que se realiza el disparo de cada una de las válvulas de seguridad de la caldera. Comprobando que coincide con la presión de tarado. Si no fuera así, contactar con una OCA, para proceder al tarado y precinto de las dos válvulas.
9. *Limpeza de niveles visuales (calderín).* Igual que en la Caldera 1.
10. *Desmontar y limpiar presostato alta presión (calderín).* Desmontar y limpiar la boca. Comprobar que su aspecto visual es bueno. Volver a instalar.
11. *Calibrar presostato alta presión (calderín).* Seguir el procedimiento de calibración de presostatos, POC006
12. *Calibrar indicador de nivel (calderín).* Seguir el procedimiento de calibración de indicadores de nivel POC007.

13. *Desmontar y limpiar sensor de temperatura del sobrecalentador.*
14. *Calibrar sensor de temperatura sobrecalentador.* Seguir el procedimiento de calibración de transmisores y sensores de temperatura POC008.
15. *Desmontar y limpiar sensor de presión de gas de entrada a quemadores.* Seguir el procedimiento de calibración de transmisores de gas POC009.
16. *Calibrar sensor de presión (entrada quemadores).* Seguir el procedimiento de calibración de transmisores de presión POC010.
17. *Desmontar y limpiar presostato alta presión hogar.*
18. *Calibrar presostato alta presión hogar.* Seguir el procedimiento de calibración de presostatos POC006.
19. *Limpiar exteriormente motores ventiladores aire refrigeración ignitor.*
20. *Limpiar exterior motores ventiladores aire refrigeración detector de llama.*
21. *Desmontaje y limpieza ventilador 1 (circuito aire auxiliar quemador).*
22. *Desmontaje y limpieza ventilador 2 (circuito aire auxiliar quemador).*
23. *Cambiar los rodamientos de los motores de las bombas de alimentación, si procede.*
24. *Desmontaje y limpieza interior de los motores de las bombas de alimentación.*
25. *Desmontaje y limpieza interior de las bombas de alimentación.* Seguir el procedimiento de revisión de bombas centrífugas.
26. *Cambiar rodamientos de las bombas de alimentación, si procede.*
27. *Cambiar retenes de las bombas, si procede.*
28. *Cambiar cierres de las bombas, si procede.*
29. *Alinear motores.* Seguir el procedimiento de Alineamiento por Láser POC011.
30. *Verificar estado acoplamiento.* Comprobar que el acoplamiento entre los dos motores y las dos bombas se encuentra en buen estado (comprobación visual).

7. Averías, defectos o anomalías encontradas al realizar las gamas de mantenimiento

Si durante la realización de las tareas de mantenimiento preventivo tanto diario, mensual, como anual, se observa que los datos tomados se desvían de los rangos normales, se acudirá al Anexo «*Diagnóstico de Averías*» donde se explica cómo solucionar el problema.

8. Registros

Como resultado de los trabajos realizados, se cumplimentará diariamente las gamas de mantenimiento preventivo, *Ruta de mantenimiento diaria, DCA, Ruta mensual, MCA´ y Gamas anuales, ACA1, y ACA2, todas ellas en su última versión*, que se adjunta como Anexo-1, por la persona responsable que realice el trabajo.

Los registros se archivarán con el histórico del equipo afectado en el archivo técnico de la obra.

9. Anexos

Anexo	Fecha	Revisión	Descripción
DCA	20/11/00	5.0	Ruta diaria de calderas.
MCA	20/11/00	5.0	Ruta mensual de calderas.
ACA1	20/11/00	5.0	Gama de mantenimiento preventivo anual de Caldera 1.
ACA2	20/11/00	5.0	Gama de mantenimiento preventivo anual de Caldera 2.
DACA	20/11/00	1.0	Diagnóstico de averías en calderas.

3.12. PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Una vez elaborado el Plan de Mantenimiento, es necesario planificar la realización de este plan. Planificar significa cuando y quien realizará cada una de las gamas y rutas que componen el Plan.

La planificación de las rutas diarias es muy sencilla: por definición, hay que realizarlas todos los días, por lo que será necesario sencillamente determinar a qué hora se realizarán, y quién es el responsable de llevarlas a cabo.

La planificación de las rutas semanales exige determinar qué día de la semana se ejecuta cada una de ellas y, como siempre, quién será el responsable de realizarla. Es muy importante determinar con precisión este extremo. Si se elabora una gama o una ruta, pero no se determina con claridad quién o quiénes son los responsables de realizarla, estaremos dejando indetermina-

ciones que se traducirán, casi invariablemente, en la no-realización de estas tareas. Para asegurar que una tarea se realizará es necesario, pues:

- Fijar quién es el responsable de realizarla
- Asegurarse de que en el momento en que tenga que realizarla no tendrá otra tarea que realizar.

Las gamas y rutas mensuales son algo más difíciles de programar y, en general, tendremos que hacerlo con cierto margen. Puede ser conveniente, por ejemplo, programar la semana del año en que se realizará cada gama o ruta mensual, permitiendo que, a medida que se acerque la fecha de realización, pueda programarse con más exactitud.

Las gamas anuales también deben programarse igualmente con margen de maniobra, mayor incluso que el anterior. En este caso, puede ser conveniente programar tan solo el mes en que se realizará la gama anual de los equipos que componen la planta.

Si se dispone de un programa informático de Gestión de Mantenimiento, esta tarea es conveniente hacerla igualmente sobre soporte papel, y después transferir los datos al programa

En la página siguiente se muestra un ejemplo de la Planificación del Mantenimiento para un año en una planta química.

3.13. ORGANIZACIÓN DE PARADAS

El análisis de equipos tiene una influencia decisiva en la organización de paradas. Las paradas son grandes revisiones que se realizan a determinados equipos en una época muy determinada del año, coincidiendo en general con las vacaciones veraniegas o invernales. Muchas empresas realizan la mayor parte de su actividad de mantenimiento programado en estas épocas determinadas, dedicándose el resto del año a atender los problemas que van apareciendo.

Los inconvenientes de la realización de estas paradas son varios:

- En poco tiempo se intenta realizar muchas intervenciones.
- Se cuenta con mucho personal no habitual en la planta, que no está preparado técnicamente para estas intervenciones.
- Los rendimientos del personal son, por ello, bajos.
- La posibilidad de que haya accidentes aumenta.
- Son muy costosas.

El mantenimiento en parada es, en muchas empresas, una actividad imprescindible, pues determinados equipos no pueden detener su actividad a excepción de esas épocas determinadas.

El error consiste, generalmente, en realizar, en esas épocas, intervenciones que pueden realizarse en cualquier otro momento, y no precisamente durante la parada.

Una de las consecuencias del análisis de equipos es poder determinar con claridad en qué equipos hay que intervenir durante una parada. Son aquellos equipos cuyo modelo de mantenimiento sea el de Alta Disponibilidad. El resto de los equipos pueden ser intervenidos en cualquier otra época del año.

3.14. LA MEJORA CONTINUA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

El Plan de Mantenimiento no es algo estático, que una vez creado pueda permanecer durante meses o años inalterable. Podemos decir, más bien, que es al contrario: si un Plan de Mantenimiento permanece inalterado durante más de 6 meses, seguramente no se está usando.

A medida que se lleva a cabo el plan y se van realizando las distintas gamas de mantenimiento, se detectan mejoras que es posible introducir: tareas a las que hay que cambiar la frecuencia, tareas que resultan innecesarias y que no aportan ninguna mejoría en el estado de la instalación o en el coste del mantenimiento; tareas que se habían olvidado y que aparecen como necesarias. En otras ocasiones, es el mantenimiento correctivo el que genera modificaciones en el Plan de Mantenimiento: el análisis de determinadas averías añade nuevas tareas a realizar, para evitar que determinados fallos se repitan. Por último, la instalación también cambia con el tiempo: se adquieren nuevas máquinas, se cambia el Plan de Producción (lo que conlleva un cambio en la criticidad de los equipos, y, por tanto, una variación en el modelo de mantenimiento aplicable), etc.

Por ello, hay que ser receptivo y mostrarse dispuesto a modificar el plan tantas veces como sea necesario. Es conveniente tener un sistema lo suficientemente ágil para permitir cambios en el Plan de Mantenimiento sin una burocracia excesiva. Eso sí, es necesario que el sistema permita conocer la última versión existente de cada gama, evitando que puedan usarse por error gamas y rutas de mantenimiento que estén ya revisadas.

Gestión del mantenimiento correctivo

No es posible gestionar adecuadamente un departamento de mantenimiento si no se establece un sistema que permita atender las necesidades de mantenimiento correctivo (la reparación de averías) de forma eficiente. De poco sirven nuestros esfuerzos para tratar de evitar averías si cuando estas se producen no somos capaces de proporcionar una respuesta adecuada. Debemos recordar, además, que un alto porcentaje de las horas-hombre dedicadas a mantenimiento se emplea en la solución de fallos en los equipos que no han sido detectados por mantenimiento, sino comunicados por el personal de producción. Este porcentaje varía mucho entre empresas: desde aquellas en las que el 100% del mantenimiento es correctivo, no existiendo ni tan siquiera un Plan de Lubricación, hasta aquellas, muy pocas, en las que todas las intervenciones son programadas. De forma estimativa, podríamos considerar que, en promedio, más del 70% del tiempo total dedicado a mantenimiento se utiliza para solución de fallas no programadas.

Gestionar con eficacia el mantenimiento correctivo significa:

- Realizar intervenciones con rapidez, que permitan la puesta en marcha del equipo en el menor tiempo posible (MTTR¹³, tiempo medio de reparación, bajo).
- Realizar intervenciones fiables, y adoptar medidas para que no se vuelvan a producir estas en un periodo de tiempo suficientemente largo (MTBF¹⁴, tiempo medio entre fallos, grande).
- Consumir la menor cantidad posible de recursos (tanto mano de obra como materiales).

¹³ El MTTR o tiempo medio de reparación se trata con más detalle en el Apartado 9.2, Indicadores de Gestión.

¹⁴ El MTBF o tiempo medio entre fallos se trata con más detalle en el Apartado 9.2, Indicadores de Gestión.

4.1. DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO EN LA REPARACIÓN DE UNA AVERÍA

El tiempo necesario para la puesta a punto de un equipo tras una avería se distribuye de la siguiente manera:

1. *Tiempo de detección.* Es el tiempo que transcurre entre el origen del problema y su detección. Hay una relación entre el tiempo de detección y el tiempo de resolución total: cuanto antes se detecte la avería, en general, habrá causado menos daño y será más fácil y más económica su reparación. Es posible reducir este tiempo si se desarrollan sistemas que permitan detectar fallos en su fase inicial, como inspecciones rutinarias diarias, comprobación de parámetros de funcionamiento, y formación adecuada del personal de producción.
2. *Tiempo de comunicación.* Es el tiempo que transcurre entre la detección del problema y localización del equipo de mantenimiento. Este periodo se ve muy afectado por los sistemas de información y de comunicación con el personal de mantenimiento y con sus responsables. Una buena organización de mantenimiento hará que este tiempo sea muy corto, incluso despreciable en el total de tiempo transcurrido. Para reducir este tiempo, debe existir un sistema de comunicación ágil, que implique al menor número de personas posible, y debe disponerse de medios que permitan comunicarse con el personal de mantenimiento sin necesidad de buscarlo físicamente (teléfonos móviles, *walki-talkies*, mensáfonos o buscapersonas, etc.).
3. *Tiempo de espera.* Es el tiempo que transcurre desde la comunicación de la avería hasta el inicio de la reparación. Incluye el tiempo de espera hasta disponer de operarios que puedan atender la incidencia, los tramites burocráticos necesarios para poder intervenir (parada de los equipos, solicitud de órdenes de trabajo, obtención del Permiso de Trabajo, aislamiento del equipo, etc.) y el traslado del personal desde donde se encuentre hasta el lugar donde se ha producido el incidente. Este tiempo se ve afectado por varios factores: n.º de operarios de mantenimiento de que se disponga, complicación o simplicidad del sistema de gestión de órdenes de trabajo, medidas de seguridad que sea necesario adoptar, y distancia del taller de mantenimiento a la planta, entre otras. Es posible reducir este tiempo si se dispone de una plantilla adecuadamente dimensionada, si se dispone de un sistema ágil de gestión de órdenes y de obtención de permisos de trabajo, y si la distancia del taller hasta los equipos es mínima (la ubicación óptima del taller de mantenimiento es, por ello, el centro de la planta).
4. *Diagnóstico de la avería.* Es el tiempo necesario para que el operario de mantenimiento determine qué está ocurriendo en el equipo y

cómo solucionarlo. Este tiempo se ve afectado por varios factores: formación y experiencia del personal, y por la calidad de la documentación técnica disponible (planos, históricos de averías, listas de averías y soluciones, etc.). Es posible reducir este tiempo si se dispone de planos y manuales en las proximidades de los equipos (no siempre es posible) y si se elaboran listas de averías en las que se detallan síntoma, causa y solución de las averías que se han producido en el pasado o que puedan producirse.

5. *Acopio de herramientas y medios técnicos necesarios.* Una vez determinado qué hay que hacer, el personal encargado de la reparación puede necesitar un tiempo para situar en el lugar de intervención los medios que necesite. Este tiempo suele verse afectado por la distancia de los talleres o lugares de almacenamiento de la herramienta al lugar de intervención, por la previsión de los operarios a la hora de llevar consigo el herramental que creen puedan necesitar cuando se les comunica la necesidad de intervención y por la cantidad de medios disponibles en planta. Para reducir este tiempo, es conveniente situar adecuadamente los talleres (ver punto anterior), adquirir costumbres «saludables», como acudir a las averías portando un caja de herramientas estándar, y dotando el taller con los medios que puedan ser necesarias a tenor del tipo de equipos que tenga la planta.
6. *Acopio de repuestos y materiales.* Es el tiempo que transcurre hasta la llegada del material que se necesita para realizar la intervención. Incluye el tiempo necesario para localizar el repuesto en el almacén (en el caso de tenerlo en stock), realizar los pedidos pertinentes (en caso de no tenerlo), para que el proveedor los sitúe en la planta, para acondicionarlos (en caso de que haya que realizar algún trabajo previo), para verificar que alcanzan sus especificaciones y para situarlos en el lugar de utilización. Este tiempo se ve afectado por la cantidad de material que haya en stock, por la organización del almacén, por la agilidad del departamento de compras, y por la calidad de los proveedores. Para optimizar este tiempo, se debe tener un almacén adecuadamente dimensionado, con una organización eficiente, un servicio de compras rápido, y contar con unos proveedores de calidad y vocación de servicio.
7. *Reparación de la avería.* Es el tiempo necesario para solucionar el problema surgido, de manera que el equipo quede en disposición para producir. Se ve muy afectado por el alcance del problema y por los conocimientos y habilidad del personal encargado de su resolución. Para optimizar este tiempo es necesario disponer de un sistema de mantenimiento preventivo que evite averías de gran alcance, y disponer de un personal eficaz, motivado y muy bien formado.

8. *Pruebas funcionales.* Es el tiempo necesario para comprobar que el equipo ha quedado adecuadamente reparado. El tiempo empleado en realizar pruebas funcionales suele ser una buena inversión: si un equipo no entra en servicio hasta que no se ha comprobado que alcanza todas sus especificaciones, el número de órdenes de trabajo disminuye, y con él, todos los tiempos detallados en los puntos 1 al 6. Depende fundamentalmente de las pruebas que se determine que deben realizarse. Para optimizar este tiempo es conveniente determinar cuales son las mínimas pruebas que se deben realizar para comprobar que el equipo ha quedado en perfectas condiciones, y redactar protocolos o procedimientos en que se detalle claramente qué pruebas es necesario realizar y cómo llevarlas a cabo.
9. *Puesta en servicio.* Es el tiempo que transcurre entre la solución completa de la avería y la puesta en servicio del equipo. Está afectado por la rapidez y agilidad de las comunicaciones. Para optimizarlo, igual que en el punto 2, es necesario disponer de sistemas de comunicación eficaces y de sistemas burocráticos ágiles que no supongan un obstáculo a la puesta en marcha de los equipos.
10. *Redacción de informes.* El sistema documental de mantenimiento debe recoger al menos los incidentes más importantes de la planta, con un análisis en el que se detallen los síntomas, la causa, la solución y las medidas preventivas adoptadas. En el Apartado 4.5, Análisis de Fallos, se estudia con detalle cómo deben ser estos informes.

Es fácil entender que en el tiempo total hasta la resolución del incidente o avería, el tiempo de reparación puede ser muy pequeño en comparación con el tiempo total. También es fácil entender que la Gestión de Mantenimiento influye decisivamente en este tiempo: al menos 7 de los 10 tiempos anteriores se ven afectados por la organización del departamento.

Muy pocas empresas recogen y analizan los tiempos transcurridos en cada una de estas fases, por la complicación que supone diferenciar cada uno de estos tiempos. Aunque realizar estas tomas de tiempos en todas las intervenciones correctivas puede ser tedioso y poco rentable (tendría un coste económico elevado, que no estaría justificado con los ahorros que se pueden obtener con su estudio), es importante realizar muestreos ocasionales para conocer cómo se distribuye el tiempo de no-disponibilidad de los equipos productivos. Las conclusiones pueden ser muy valiosas para decidir qué acciones de bajo coste pueden tomarse para reducir el tiempo medio de reparación de los equipos (MTTR).

4.2. ASIGNACIÓN DE PRIORIDADES

Uno de los problemas a plantearse a la hora de gestionar adecuadamente las órdenes de trabajo correctivas es asignar prioridades a las diferentes órdenes que se generan. Las plantillas de mantenimiento son cada vez más reducidas, buscando un lógico ahorro en costes. Por ello, no es posible tener personal esperando en el taller de mantenimiento a que llegue una orden de trabajo para intervenir. Cuando se produce una avería, el personal generalmente está trabajando en otras, y tiene una cierta carga de trabajo acumulada. Se hace pues necesario crear un sistema que permita identificar qué averías son más urgentes y deben ser atendidas de forma prioritaria.

Los niveles de prioridad pueden ser muchos y muy variados, pero en casi todas las empresas que poseen un sistema de asignación de prioridades se establecen al menos estos tres niveles:

- *Averías urgentes*: son aquellas que deben resolverse inmediatamente, sin esperas, pues causan un grave perjuicio a las empresas.
- *Averías importantes*, que aunque causan un trastorno al normal funcionamiento de la planta pueden esperar a que todas las averías urgentes estén resueltas.
- *Averías cuya solución puede programarse*. Puede que sea conveniente esperar a una parada del equipo o, simplemente, que el trastorno que causan es pequeño, y es más interesante acumular otras órdenes sobre el mismo equipo.

Estos niveles se suelen subdividir en tantos como pueda ser más aconsejable para una buena gestión del mantenimiento correctivo.

Una vez definidos los niveles de prioridad, es necesario definir un sistema para asignar prioridades a cada avería. Muchas empresas no definen con claridad este sistema, dejándolo al juicio subjetivo de alguien (programador, jefe de mantenimiento, encargado, etc.). La consecuencia en muchos casos es que la mayor parte de las averías que se comunican tienen la prioridad máxima¹⁵.

El sistema de asignación de prioridades debe ser diseñado al establecer los niveles, pero al menos debería tener en cuenta los siguientes puntos:

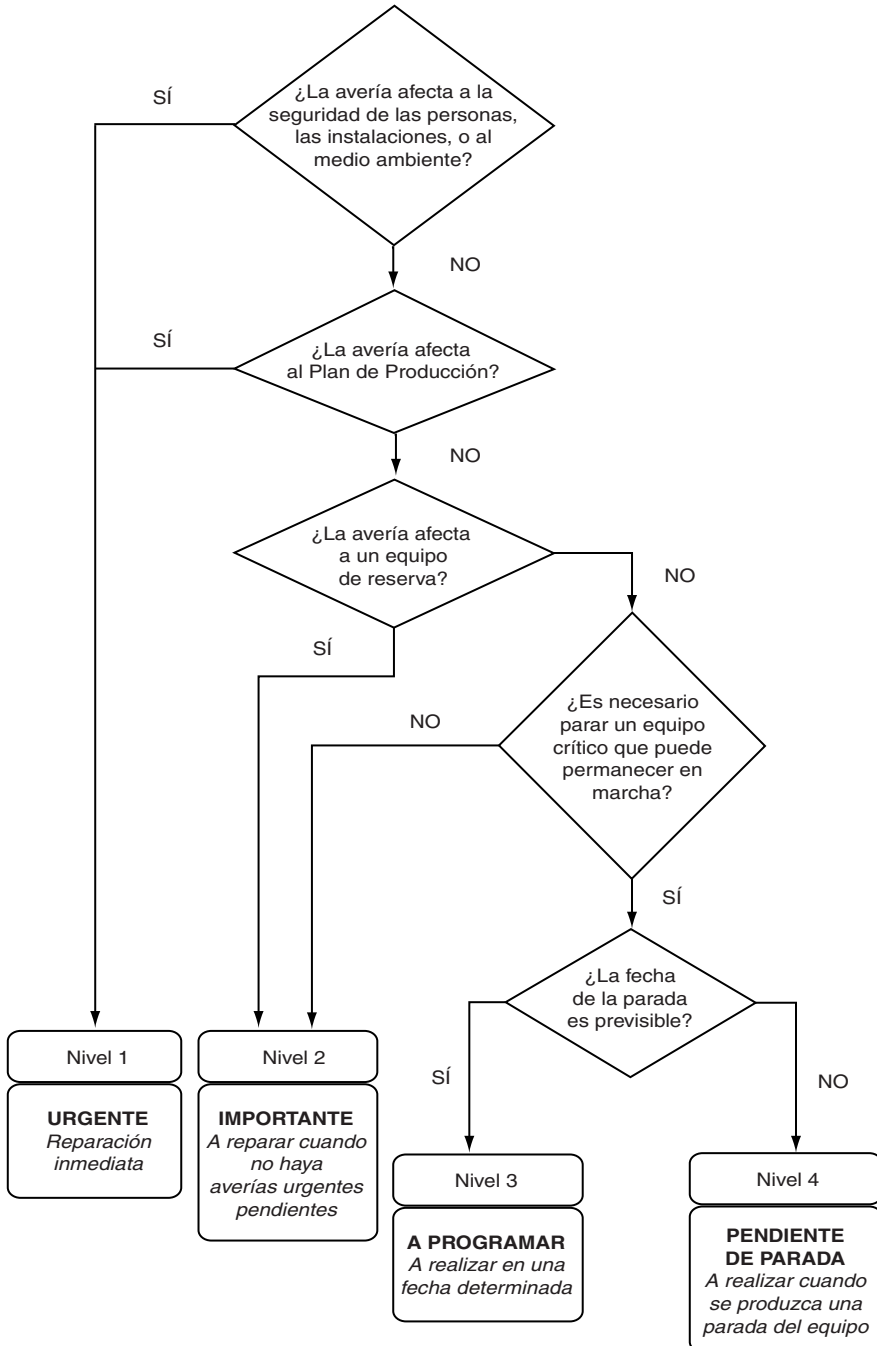
¹⁵ Una conocida empresa del sector auxiliar del automóvil definió 5 niveles de prioridad, en caso de avería. La asignación de prioridades era realizada por el personal de producción. Al cabo de unos meses comprobó cómo algunos de los niveles nunca fueron usados y, en cambio, más del 80% de las averías tenían la máxima prioridad, ya que pocos se atrevían a calificar un fallo como no urgente. Los responsables de mantenimiento decidieron reducir los niveles de prioridad a tres: *Urgentes*, *Muy Urgentes* y *Urgentísimas*, que condujo a una distribución de averías entre los tres niveles más razonables: tan solo el 30% de las averías fueron calificadas como *Urgentísimas*.

- Una avería que afecte a la seguridad de las personas y/o al medio ambiente debe ser considerada *urgente*. Así, si se detecta que una seta de emergencia ha dejado de funcionar, o el soporte de un elemento que puede caer ofrece dudas sobre su resistencia, su prioridad debería ser máxima.
- Las averías que suponen la parada de equipos críticos por producción deben ser consideradas *urgentes*. En aquellos equipos que sean cuellos de botella o de los que dependa la cantidad producida total, una parada debe ser atendida de forma preferente.
- En aquellos equipos críticos por producción en los que se detecte un problema cuya resolución implique la parada del equipo, pero que puedan seguir funcionando correctamente, la reparación del problema debe esperar a una parada del equipo por otra razón.
- En equipos redundantes, en caso de sufrir una avería el equipo duplicado, se pasa a una situación de criticidad temporal del equipo que presta servicio. Es el caso de las bombas de alimentación de una caldera. Normalmente, estas bombas están duplicadas, manteniéndose una de ellas en servicio y la otra parada por si se produce un fallo de la bomba en servicio. En estos casos, la bomba que queda en funcionamiento pasa a ser crítica. La reparación de la bomba averiada no tiene la máxima criticidad, pero debe ser reparada en cuanto se acabe con las averías urgentes.

En la figura de la página siguiente se detalla un diagrama de flujo para la asignación de prioridades, en un sistema con cuatro niveles de prioridad:

- *Nivel 1: Averías urgentes.* Reparación inmediata. Es prioritaria frente a cualquier otra avería, a excepción de otras urgentes.
- *Nivel 2: Averías importantes:* No es necesario que la reparación sea inmediata, pero debe realizarse cuanto antes.
- *Nivel 3: Averías a programar con fecha determinada.*
- *Nivel 4: Averías a programar con fecha no determinada.* Son averías cuya reparación debe esperar a que se produzca una parada del equipo.

ASIGNACIÓN DE PRIORIDADES DIAGRAMA DE FLUJO



4.3. LISTAS DE AVERÍAS. AYUDAS AL DIAGNÓSTICO

Veámos en el Apartado 4.1 cómo en el tiempo necesario para la resolución de una avería hay un tiempo que se consume en diagnosticar la avería, en identificar el problema y proponer una solución. En averías evidentes, este tiempo pasa desapercibido, es despreciable frente al tiempo total. Pero en muchas ocasiones el tiempo necesario para saber qué ocurre puede ser significativo:

- En caso de instalaciones nuevas, poco conocidas.
- En caso de emplear personal distinto del habitual.
- En caso de averías poco evidentes (caso, por ejemplo, de averías que tienen que ver con la instrumentación).

El personal, con el paso del tiempo, va aprendiendo de su propia experiencia, siendo una realidad que el diagnóstico de una avería suele hacerlo más rápidamente el personal que más tiempo lleva en la planta. Si la experiencia acumulada por el personal de mantenimiento se almacena en sus cabezas, nos exponemos a algunos peligros:

- *Rotación del personal.* El personal cambia de empresas, de puestos, etc., y con él, puede marcharse la experiencia acumulada en la resolución de averías.
- *Periodos de vacaciones y bajas.* Si la experiencia se almacena exclusivamente en las mentes del personal, ante una baja, un descanso o unas vacaciones podemos quedarnos sin esa experiencia necesaria.
- *Olvidos.* La mente es un soporte frágil, y un operario puede no acordarse con exactitud de cómo resolvió un problema determinado.
- *Incorporación de personal:* el personal de nueva incorporación deberá formarse al lado de los operarios que más tiempo llevan en la planta. Esta práctica tan extendida no es a menudo la más recomendable. Un buen operario no tiene por qué ser un buen profesor. Si, por otro lado, debemos esperar a que a un operario le ocurran todas las averías posibles para tenerlo perfectamente operativo, transcurrirán años hasta llegar al máximo de su rendimiento.

Por todo ello, es conveniente recopilar la experiencia acumulada en las intervenciones correctivas en documentos que permitan su consulta si el mismo problema vuelve a surgir. Estos documentos, que pueden denominarse LISTAS DE AYUDA AL DIAGNÓSTICO¹⁶, recogerían así los datos más importantes en la reparación de un problema.

¹⁶ En inglés, *trouble-shooting*.

En estas listas de ayuda deben detallarse, al menos:

- Los síntomas de la avería, en palabras sencillas. Debe estar indicado lo que observa el operario: la manifestación del fallo y las condiciones anómalas que se dan relacionadas con este. Así, un fallo será que una bomba no bombea fluido, y las condiciones anómalas relacionadas (también denominado a veces *modo de fallo*) serán que el motor está bloqueado y no gira.
- Las causas que pueden motivar ese fallo. En el ejemplo anterior, indicaríamos bloqueo de rodamientos en la bomba, bloqueo de rodamientos en el motor, etc.
- Las posibles soluciones al problema. En el ejemplo que estamos considerando, la solución sería desacoplar motor y bomba, comprobar en cuál de ellos el eje no gira libremente, desmontar y cambiar rodamientos, montar, acoplar y alinear.

Como veremos en el Apartado 4.5, los fallos más importantes de una planta deben ser analizados, para tratar de buscar medidas preventivas que eviten los fallos en el futuro. No obstante, y como decíamos al inicio de este capítulo, un buen sistema de mantenimiento debe contemplar la resolución rápida de averías, y uno de los medios para lograrlo es poder identificar rápidamente el fallo y aportar una solución.

EJEMPLO 4.1

LISTAS DE AYUDA AL DIAGNÓSTICO EN INSTRUMENTACIÓN

En el ejemplo de la página siguiente se detallan los fallos más frecuentes en los aparatos de medida (instrumentación) más comunes. Como se ve, en ellas se detalla el síntoma, la causa y la solución de los fallos típicos en instrumentación.

<div>Anagrama</div>		<div>DIAGNÓSTICO DE AVERÍAS</div>		Referencia: DAIns001.1
				Fecha: 1.05.02
				Hojas: 1 de 1

ZONA: UNIDAD 2200, INSTRUMENTACIÓN

Elemento	Descripción del problema	Causa	Solución
Transmisores diferenciales de caudal	Mala indicación	Taponamiento por suciedad en el sensor	Desarme del transmisor para limpieza
		Si tiene, tapón por suciedad en conector	Desarme del conector para limpieza
		Taponamiento por suciedad en ramales	Desarme de ramales para limpieza
		Taponamiento por suciedad en válvula raíz	Destapar con baqueta la válvula
		Si tiene, mal ajuste de rotam. de flushing	Ajustar rotametros
		Si tiene, taponam. de rotam. de flushing.	Desarmar rotametro para limpieza
		Si tiene , rotura de rotam . de flushing	Reparación o cambio del rotametro
		Si tiene, bloqueado el rotam. de flushing	Habilitar y ajustar el rotametro
		Sensor roto	Cambio del transmisor.
		Mal estado de la electrónica	Reparación o cambio del Trans.
Transmisores diferenciales de nivel	Mala indicación	Ramales calibradas.	Reparación o cambio de piernas.
		Desplazamiento de la calibración.	Ajuste en campo o taller.
		Taponamiento por suciedad en el sensor	Desarme del trans. para limpieza
		Si tiene, tapón por suciedad en el conector	Desarme del conector para limpieza
		Taponamiento por suciedad en transmisor	Desarme de ramales para limpieza
		Taponamiento por suciedad en valv. Raíz	Destapar con baqueta la válvula
		Si tiene, mal ajuste de rotam. de flushing	Ajustar rotametros
		Si tiene, taponam. de rotam. de flushing.	Desarmar rotametro para limpieza
		Si tiene , rotura de rotam . de flushing	Reparación o cambio del rotametro
		Si tiene, bloqueado el rotam. de flushing	Habilitar y ajustar el rotametro
		Sensor roto	Cambio del transmisor.
		Mal estado de la electrónica	Reparación o cambio del transmisor.
		Piernas calibradas.	Reparación o cambio de piernas.
		Desplazamiento de la calibración.	Ajuste en campo o taller.

4.4. CAUSAS DE FALLOS

Cuando un equipo o una instalación falla, lo hace generalmente por uno de estos cuatro motivos:

1. Por un fallo en el material.
2. Por un error humano del personal de operación.
3. Por un error humano del personal de mantenimiento.
4. Condiciones externas anómalas.

En ocasiones, confluyen en una avería más de una de estas causas, lo que complica en cierto modo el estudio del fallo, pues a veces es complicado determinar cuál fue la causa principal y cuáles tuvieron una influencia menor en el desarrollo de la avería.

Estudiemos cada una de estas causas de fallo con detenimiento.

4.4.1. Fallos en el material

Decimos que se ha producido un fallo en el material cuando, trabajando en condiciones adecuadas, una determinada pieza queda imposibilitada para prestar su servicio. Un material puede fallar de múltiples formas:

- Por desgaste. Se da en piezas que pierden sus cualidades con el uso, pues cada vez que entran en servicio pierden una pequeña porción de material. Es el caso, por ejemplo, de los cojinetes antifricción.
- Por rotura. Se produce cuando aplicamos fuerzas de compresión o de estiramiento a una pieza sobrepasando su límite elástico. Es el caso del hundimiento de un puente por sobrepeso, por ejemplo. Las roturas, a su vez, pueden ser dúctiles o frágiles, dependiendo de que exista o no deformación durante el proceso de rotura. Así, las cerámicas, en condiciones normales, presentan roturas frágiles (las piezas pueden encajarse perfectamente tras la rotura), mientras que el aluminio presenta una rotura dúctil, con importantes deformaciones en el proceso que nos impedirían recomponer la pieza rota por simple encaje de los restos.
- Por fatiga. Determinadas piezas se encuentran sometidas a esfuerzos cíclicos de presión y/o estiramiento, en el que la fuerza aplicada no es constante, sino que cambia con el tiempo. Estas fuerzas, además, están por debajo del límite elástico, por lo que en principio no tendrían por qué provocar roturas. Pero provocan el desarrollo de defectos del material, generalmente desde la superficie hacia el interior de la pieza. De forma teórica, es posible estimar la cantidad de ciclos que

puede resistir una pieza antes de su rotura por fatiga, en función del tipo de material y de la amplitud de la tensión cíclica, aunque el margen de error es grande. Determinados fenómenos como la corrosión o las dilataciones del material por temperatura afectan a los procesos de fatiga del material.

4.4.2. *Error humano del personal de producción*

Otra de las causas por las que una avería puede darse es por un error del personal de producción. Este error, a su vez, puede tener su origen en:

- Error de interpretación de un indicador durante la operación normal del equipo, que hace al operador o conductor de la instalación tomar una decisión equivocada.
- Actuación incorrecta ante un fallo de la máquina. Por ejemplo, introducir agua en una caldera caliente en la que se ha perdido en nivel visual de agua; al no conocerse qué cantidad de agua hay en su interior, es posible que esté vacía y caliente, por lo que al introducir agua en ella se producirá la vaporización instantánea, con el consiguiente aumento de presión, que puede provocar incluso la explosión de la caldera.
- Factores físicos del operador: este puede no encontrarse en perfectas condiciones para realizar su trabajo, por mareos, sueño, cansancio acumulado por jornada laboral extensa, enfermedad, etc.
- Factores psicológicos, como la desmotivación, los problemas externos al trabajo, etc., influyen enormemente en la proliferación de errores de operación.
- Falta de instrucciones sistemáticas claras, como procedimientos, instrucciones técnicas, etc., o deficiente implantación de éstas.
- Falta de formación.

4.4.3. *Errores del personal de mantenimiento*

El personal de mantenimiento también comete errores que desembocan en una avería, una parada de producción, una disminución en el rendimiento de los equipos, etc. Estos errores pueden darse:

- Durante inspecciones o revisiones normales, en forma, por ejemplo, de observaciones erróneas de los parámetros inspeccionados.
- Durante las reparaciones, por fallo en el diagnóstico o en la reparación del fallo.

Como en el caso anterior, los errores del personal de mantenimiento también se ven afectados por factores físicos, psicológicos, por la falta de implantación de procedimientos y por la falta de formación.

4.4.4. Condiciones externas anómalas

Cuando las condiciones externas son diferentes a las condiciones en que se ha diseñado el equipo o instalación pueden sobrevenir fallos favorecidos por esas condiciones anormales. Es el caso de equipos que funcionan en condiciones de temperatura, humedad ambiental o suciedad diferentes de aquellas para las que fueron diseñados. También es el caso de equipos que funcionan con determinados suministros (electricidad, agua de refrigeración, agua de alimentación, aire comprimido) que no cumplen unas especificaciones determinadas, especificaciones en las que se ha basado el fabricante a la hora de diseñar sus equipos.

4.5. ANÁLISIS DE FALLOS

El Análisis de Fallos tiene como objetivo determinar las causas que provocan las averías (sobre todo las averías repetitivas y aquellas con un alto coste) para adoptar medidas preventivas que las eviten. Es importante destacar esa doble función del Análisis de Fallos:

- Determinar las causas de una avería.
- Proponer medidas que las eviten, una vez determinadas estas causas.

La mejora de los resultados de mantenimiento pasa, necesariamente, por estudiar los incidentes que ocurren en la planta y aportar soluciones para que no ocurran. Si cuando se rompe una pieza, simplemente nos dedicamos a cambiarla, sin más, probablemente no estemos actuando sobre la causa que produjo la avería, sino tan solo sobre el síntoma. Los analgésicos no actúan sobre las enfermedades, sino sobre sus síntomas. Evidentemente, si una pieza se rompe es necesario sustituirla, pero si queremos retardar o evitar el fallo es necesario estudiar la causa y actuar sobre ella.

Cuando estudiamos una avería es importante recopilar todos los datos posibles disponibles. Entre ellos, siempre deberíamos recopilar los siguientes:

- Relato pormenorizado en el que se cuente qué se hizo antes, durante y después de la avería. Es importante detallar la hora en que se produjo, el turno que estaba presente (incluso los operarios que manejaban el equipo) y las actuaciones que se llevaron a cabo en todo momento.

- Detalle de todas las condiciones ambientales y externas a la máquina: temperatura exterior, humedad (si se dispone de ella), condiciones de limpieza del equipo, temperatura del agua de refrigeración, humedad del aire comprimido (por estimación, no es necesario ningún dato numérico), estabilidad de la energía eléctrica (si hubo cortes, microcortes, o cualquier incidencia detectable en el suministro de energía), temperatura del vapor (si el equipo necesita de este fluido para funcionar) y, en general, las condiciones de cualquier suministro externo que el equipo necesite para funcionar.
- Últimos mantenimientos preventivos realizados en el equipo, detallando cualquier anomalía encontrada.
- Otros fallos que ha tenido el equipo en un periodo determinado. En equipos de alta fiabilidad, con un MTBF¹⁷ alto, será necesario remontarse a varios años atrás. En equipos con un MTBF bajo bastará con detallar los fallos ocurridos el último año. Por supuesto, será importante destacar aquellos fallos iguales al que se estudia, a fin de poder analizar la frecuencia con la que ocurre.
- Condiciones internas en que trabajaba el equipo. Será importante destacar datos como la temperatura y presión a que trabajaba el equipo, caudal que suministraba y, en general, el valor de cualquier variable que podamos medir. Es importante centrarse en la zona que ha fallado, tratando de determinar las condiciones en ese punto, pero también en todo el equipo, pues algunos fallos tienen su origen en puntos alejados de la pieza que ha fallado. En ocasiones, cuando el fallo es grave y repetitivo, será necesario montar una serie de sensores y registradores que nos indiquen determinadas variables en todo momento, ya que en muchos casos los instrumentos de medida que se encuentran instalados en el equipo no son representativos de lo que está ocurriendo en un punto determinado. El registro de valores a veces se convierte en una herramienta muy útil, pues determinadas condiciones que provocan un fallo no se dan en todo momento sino en periodos muy cortos (fracciones de segundo, por ejemplo). Es el caso de los golpes de ariete: provocan aumentos de presión durante periodos muy cortos, que llegan incluso a superar en 1.000 veces la presión habitual.

Una vez recopilados todos los datos descritos, quizás seamos capaces de determinar la causa que produjo el fallo. Hemos visto en el punto anterior que las causas generalmente son cuatro. En ocasiones, en una misma avería con-

¹⁷ MTBF: Mid Time Between Failure, tiempo medio entre fallos. Cuanto más alto es este valor, más fiable es el equipo. Este indicador se trata más extensamente en el Capítulo 9 «Gestión de la Información».

fluyen varias causas simultáneamente, lo que complica enormemente el estudio del problema y la aportación de soluciones. Es importante tener en cuenta esto, pues con determinar una única causa en muchas ocasiones no conseguimos evitar el problema, y hasta que no se resuelven todas las causas que la provocan no conseguimos resultados significativos.

Dependiendo de la causa que provoca el fallo, las medidas preventivas a adoptar pueden ser las siguientes:

4.5.1. Fallos en el material

Si se ha producido un fallo en el material, las soluciones a proponer son variadas. Entre ellas estarían:

- Si el fallo se ha producido por desgaste, habrá que estudiar formas de reducir el desgaste de la pieza, con una lubricación mayor, por ejemplo. Si no es posible reducir el desgaste, será necesario estudiar la vida útil de la pieza y cambiarla con antelación al fallo.
- Si el fallo se produce por corrosión, la solución será aplicar capas protectoras o dispositivos que la reducen (protecciones catódicas o anódicas). También, hacer lo posible para evitar los medios corrosivos (evitar la humedad, corregir el pH o las características *redox* del medio, etc.).
- Si el fallo se produce por fatiga, entre las soluciones a aportar estarán:
 - Reducir la energía y/o la frecuencia de las tensiones cíclicas a las que esté sometida la pieza.
 - Cambiar el material, por otro con menor número de defectos (grietas, fisuras. Hay que recordar que la fatiga, en general, es el progreso de una grieta ya existente).
 - Pulir la superficie de la pieza, para evitar las grietas y fisuras provocadas en el proceso de mecanización.
 - Realizar tratamientos superficiales, como la nitruración o el granallado, que endurecen la capa superficial.
 - Modificar el diseño de la pieza, de manera que se reduzcan los puntos de concentración de tensiones, suavizando curvas, evitando aristas, etc.
- Si el fallo se produce por fluencia térmica, modificar la instalación de manera que se permita la libre dilatación y contracción del material por efecto térmico, bien modificando soportes, bien incorporando elementos que absorban las dilataciones y contracciones del material.

4.5.2. *Error humano del personal de producción*

Para evitar fallos en el personal de producción, la primera solución preventiva que debemos adoptar debería ser trabajar sólo con personal motivado. Eso quiere decir que la empresa debe hacer los esfuerzos necesarios para motivar al personal, y apartar de determinados puestos en los que la calidad del trabajo depende de la habilidad del operario, a aquel personal desmotivado y de difícil reconducción.

La segunda solución a adoptar es la formación del personal. Cuando se detecta que determinados fallos se deben a una falta de conocimientos de determinado personal, debe organizarse una rápida acción formativa que acabe con este problema. La formación debe ser específica: un *Plan de Formación*¹⁸ basado en cursos de procesadores de texto para personal que trabaja en una máquina de rectificado no parece que acabe con problemas relacionados con averías repetitivas en este tipo de equipos¹⁹.

En tercer lugar, es posible introducir modificaciones en las máquinas que eviten los errores. Son los llamados *Poka-Yoke* o sistemas antierror. En general, consisten en mecanismos sencillos que reducen a cero la posibilidad de cometer un error. Un ejemplo para evitar los errores de conexión en máquinas es colocar conectores distintos y de una sola posición para cada grupo de cableado; de esta manera es físicamente imposible conectar de manera inadecuada, ya que los conectores son incompatibles entre sí.

4.5.3. *Error humano del personal de mantenimiento*

Para evitar fallos del personal de mantenimiento, en primer lugar (igual que en el caso anterior) el personal debe estar motivado y adecuadamente formado. Si no es así, deben tomarse las medidas que corresponda, que serán las mismas que en el caso anterior.

La manera más eficaz de luchar contra los errores cometidos por el personal de mantenimiento es la utilización de procedimientos de trabajo. Como

¹⁸ Estos Planes se tratan en detalle en el Apartado 6.11 Planes de Formación.

¹⁹ Aunque el comentario pueda parecer irónico, esta situación se da más de lo que parece. Cuando se analiza el Plan de Formación preparado para los operarios de muchas empresas, sorprende la cantidad de cursos que no tienen nada que ver con el trabajo que desarrollan, y la cantidad extraordinariamente baja de cursos de formación específicos para el desempeño de su trabajo. La razón, en muchas ocasiones, es bien simple: es fácil, para el departamento de Recursos Humanos, buscar monitores, aulas y medios para organizar un curso de procesadores de texto, pero encontrar un monitor para un equipo específico, para una tarea concreta, a veces no es tan fácil. Incluso, el departamento de Recursos Humanos, en el que suele recaer la preparación de estos Planes de Formación, no conoce a veces las necesidades reales de formación del personal de una planta.

se verá en el Capítulo 7, Gestión de la Calidad, los procedimientos de trabajo contienen al detalle cada una de las tareas necesarias para la realización de un trabajo. Contienen también todas las medidas y reglajes necesarios a realizar en el equipo. Por último, en estos procedimientos se detalla qué comprobaciones deben realizarse para asegurarse de que el trabajo ha quedado bien hecho.

Si se detecta en el análisis del fallo que éste ha sido debido a un error del personal de mantenimiento, la solución a adoptar será generalmente la redacción de un procedimiento en el que se detalle la forma idónea de realización de la tarea que ha sido mal realizada, y que ha tenido como consecuencia el fallo que se estudia.

4.5.4. Condiciones externas anómalas

Si se determina que un fallo ha sido provocado por unas condiciones externas anómalas, la solución a adoptar será simple: corregir dichas condiciones externas, de manera que se adapten a los requerimientos del equipo.

En ocasiones esta solución es imposible. En estos casos, la solución a adoptar es minimizar los efectos nocivos de las condiciones que no se cumplen. Es el caso, por ejemplo, de turbinas de gas que operan en el desierto. Las condiciones de polvo ambiental superan con mucho las especificaciones que recomiendan los fabricantes de turbinas para el aire de admisión. En este caso, y ya que no es posible modificar las condiciones ambientales, es posible utilizar filtros más exigentes (filtros absolutos, por ejemplo) para este aire de admisión.

EJEMPLO 4.2

ANÁLISIS DE AVERÍA EN UN COMPRESOR CENTRÍFUGO

El ejemplo de la página siguiente detalla cómo se realizó el análisis de una falla ocurrida en un compresor centrífugo. En este análisis se buscaron todas las posibles causas que pudieron influir en el desarrollo de la falla, y se adoptaron las medidas preventivas para combatir cada una de estas causas.

Anagrama

ANÁLISIS DE AVERÍA

EQUIPO	COMPRESOR CENTRÍFUGO		N.º	11CR01	
FECHA	22/07/01	HORA INICIO:	18.25	TOTAL HORAS	132
DESCRIPCIÓN DE LA AVERÍA		Parada voluntaria por ruidos extraños en el compresor			

SÍNTOMAS DEL EQUIPO:

Ruidos extraños en la etapa 2 del compresor centrífugo 11CR01

RELATO:

El compresor se paró para realizar la revisión anual en el motor el día 20/07/01 a las 18.00 horas, según la gama de mantenimiento ACR1.05. Se solicitó aislamiento eléctrico del motor el mismo día, a las 15.00. El motor se encontraba en perfecto estado, y se procedió a realizar las tareas rutinarias de limpieza y engrase, tal y como se detalla en la gama. Se comprobó, además, el acoplamiento entre motor y compresor, encontrándose en buen estado. Se comprobó por último la alineación entre motor y compresor.

El compresor se puso en marcha el día 22/07/01 a las 9.00 horas, según el procedimiento PO-CR003-250, en el que se detallan todos los parámetros que deben ser comprobados antes, durante y después de la puesta en marcha. No se detectó ninguna anomalía destacable, y el compresor arrancó al primer intento, como viene siendo habitual. Cuando llevaba funcionando unas 8 horas se detectó un ruido anormal en la etapa 2 del compresor. Se comprobó la indicación de vibraciones de esa etapa, observándose un valor anormalmente bajo. Se comprobó con el analizador de vibraciones manual, determinándose que estaba muy por encima del valor máximo recomendable para este equipo (según norma ISO), y muy por encima también del valor normal

Se solicitó aislamiento eléctrico y neumático del equipo, y tras obtener los permisos de trabajo correspondientes, se retiró el acoplamiento entre motor y compresor, y se abrió el compresor. La turbina de la etapa 2 había rozado con la carcasa, encontrándose arañazos en la parte estática y los álabes del rotor de turbina ligeramente dañados.

Se comprobaron los cojinetes de empuje y de apoyo, encontrando en mal estado el de apoyo, lo que probablemente fue la causa de la avería. No obstante, si el sensor de vibraciones hubiera funcionado correctamente el fallo se habría detectado mucho antes, con una avería de menor importancia. Para la reparación, se sustituyó el cojinete por otro nuevo, se envió el rotor de la etapa 2 a reparar y equilibrar, y se montó el conjunto.

El compresor se puso en marcha nuevamente el día 29/07/01, según procedimiento PO-CR003-250, sin encontrarse ninguna anomalía destacable.

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO:

Temperatura exterior: 25 °

Presión de aceite: 2,5 Kg/cm²

Presión de salida: 7 Kg/cm²

Vibraciones: 20-02-24-48 um/s (las vibraciones de la etapa 2 anormalmente bajas)

Turno que operaba el equipo: E2 al completo

ULTIMOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS REALIZADOS

Según el Análisis de Equipos realizado, el compresor 11CR01 se ha considerado un equipo **IMPORTANTE**, con modelo de mantenimiento **CONDICIONAL**.

Los mantenimientos diarios se realizan normalmente, Gama DCR.04. No se anotaron los valores de las vibraciones (solo se anota si hay alarma)

Todos los mantenimientos mensuales realizados (Gama MCR.03). En el mantenimiento correspondiente al mes de marzo se detectó con el analizador de vibraciones que el rodamiento trasero del motor estaba en mal estado, y se procedió a su sustitución (N.º O.T P-5435.01)

En el último mantenimiento anual se detectó una posible fuga de agua por el refrigerador de la etapa 3. Se revisaron todos los refrigeradores, y se taponaron las fugas encontradas.

CAUSAS PROBABLES DE LA AVERÍA:

Las causas de la avería han sido:

1. *Fallo de material:* Desgaste del cojinete de empuje.
2. *Fallo de material:* Fallo en las sondas de vibración.
3. *Fallo de mantenimiento:* No se anotaban los valores de vibración, por lo que no se detectó que las sondas estaban fallando. Si las sondas hubieran estado en buen estado, el alcance de la avería habría sido menor, al detectarse antes el desgaste del cojinete.

MEDIDAS PREVENTIVAS

- Mejorar el sistema de lubricación del cojinete, de manera que llegue más lubricante y a mayor presión a ese punto. Se eliminará un estrechamiento que reducía el caudal y la presión de lubricante. Este cambio se realizará también en los otros compresores similares (11CR02 y 11CR03).
- Cambiar el lubricante. Sustituir el actual lubricante mineral por uno de base sintética. También se cambiará el lubricante en todos los compresores.
- Revisar las sondas de vibración de todos los compresores. Calibrar dichas sondas con el analizador de vibraciones calibrado. Incluir en la gama anual ACR01, ACR02 y ACR03 la calibración de estas sondas de vibración.
- Cambiar la Gama DCR de manera que haya que anotar los valores de los sensores de vibración, y no solo si están en alarma o disparo. Incluir en la gama los rangos de referencia.

Gestión de repuestos

Uno de los costes más importantes del Departamento de Mantenimiento lo constituye el consumo de repuestos. Hace unos años, este era el coste más importante en mantenimiento, de tal forma que por cada \$ gastado en personal, se consumían 2 o más en materiales. Esta situación ha cambiado, se ha invertido (en la actualidad el coste del personal supera ampliamente al de repuestos), pero no hay duda de que, si bien ya no es el principal coste, sí es el segundo en importancia y, por tanto, es un coste a optimizar.

Además del propio consumo de repuesto, nos encontramos con otros dos puntos que es necesario tener en cuenta:

- Los departamentos financieros y el estricto control económico que se hace de cada una de las partidas presupuestarias de una empresa han impuesto unas políticas de reducción de stock cada vez más agresivas, de manera que se hace necesario estudiar qué materiales son los imprescindibles para mantener en stock.
- La disponibilidad de las plantas se ve seriamente afectada por un stock de repuesto adecuado.

Por tanto, además de optimizar el consumo de repuestos, hay que buscar un compromiso entre la cantidad de dinero a inmovilizar en la adquisición de repuestos y la disponibilidad deseada en la planta.

5.1. CLASIFICACIÓN DE LOS REPUESTOS

Para ayudarnos en la identificación de las piezas, podemos agrupar el repuesto desde varios puntos de vista: en función de su responsabilidad dentro del equipo y en función de la necesidad de mantenerlo en stock permanente en planta y por el tipo de aprovisionamiento. Veamos cada una de estas clasificaciones.

5.1.1. Responsabilidad dentro del equipo

Podemos dividir el repuesto en 6 categorías:

- a) *Piezas sometidas a desgaste.* A este grupo aquellos elementos que unen piezas fijas y móviles, o aquellas partes en contacto con fluidos, como cojinetes, casquillos, retenes, juntas. Son piezas sometidas a desgaste y a abrasión. En este grupo también podemos incluir juntas, retenes, rodets y tuberías sujetas a fatiga, corrosión y cavitación.
- b) *Consumibles.* Son aquellos elementos de duración inferior a un año (8.000 horas de uso), con una vida fácilmente predecible, de bajo coste, que generalmente se sustituyen sin esperar a que den síntomas de mal estado. Su fallo y su desatención pueden provocar graves averías. Los consumibles más usuales son los siguientes:
 - *Filtros.*
 - *Lubricantes de todo tipo.*
 - *Adhesivos.*
 - *Discos de ruptura.*
 - *Material de limpieza.*
 - *Elementos de estanqueidad estándar, como juntas tóricas de tamaños y materiales comunes, empaquetadura, juntas que se pueden fabricar artesanalmente a partir de pliegos, juntas espirometálicas de materiales y diámetros comunes, etc.*
 - *Consumibles de taller, como discos de corte, electrodos, trapos, etc.*
 - *Material desecante.*
 - *Lámparas, bombillas.*
 - *Ánodos de sacrificio.*
 - *Escobillas de motores.*
 - *Alúmina o material adsorbente para desecadores.*
- c) *Elementos de regulación y mando mecánico.* Son aquellos elementos cuya misión es controlar los procesos y el funcionamiento de la instalación: válvulas, muelles, cigüeñales, etc. Son elementos que a pesar de no estar sometidos a condiciones desfavorables de funcionamiento tienen una importancia capital dentro del equipo. Su fallo frecuente es por fatiga.
- d) *Piezas móviles.* Son aquellas destinadas a transmitir movimiento. Son engranajes, ejes, correas, cadenas, reductores, etc. Su fallo habitual es por fatiga.
- e) *Componentes electrónicos (instrumentación).* A pesar de su altísima fiabilidad, un problema en ellos suele suponer una parada del equipo. Su fallo habitual es por calentamiento, cortocircuito o sobretensión, y

generalmente se producen al someter al equipo a unas condiciones de trabajo diferentes para las que fueron diseñados. Un ejemplo habitual es un fallo en otro elemento que provoca un funcionamiento anormal del equipo; otro puede ser trabajar en condiciones atmosféricas extremas de calor, frío, humedad o polvo.

- f) *Piezas estructurales*. Difícilmente fallan, al estar trabajando en condiciones muy por debajo de sus capacidades. Son bastidores, soportes, basamentos, etc.

5.1.2. Necesidad de stock en planta

Desde este punto de vista, podemos dividir las piezas en tres categorías:

1. *REPUESTO A*: Piezas que es necesario mantener en stock en planta.
2. *REPUESTO B*: Piezas que es necesario tener localizadas, con proveedor, teléfono y plazo de entrega.
3. *REPUESTO C*: Piezas que no es necesario prever, pues un fallo en ellas no afecta a la operatividad de la planta (como mucho supondrán ligeros inconvenientes).

5.1.3. Clasificación por tipo de aprovisionamiento

Desde el punto de vista de la compra, podemos dividir el material en 3 tipos:

1. *Pieza estándar*: Es la pieza incorporada por el fabricante en el equipo y que puede ser comprada a varios proveedores.
2. *Pieza específica del fabricante de la máquina*. Es la pieza diseñada por el fabricante de la máquina, que es específica de él y, por lo tanto, debe ser aprovisionada a través del fabricante mismo.
3. *Pieza específica a medida*. Es la pieza diseñada para una determinada máquina, que se puede construir bajo plano y, por lo tanto, puede ser construida por cualquier taller especializado.

5.2. ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN LA SELECCIÓN DEL REPUESTO

Hay cinco aspectos que debemos tener en cuenta a la hora de seleccionar el stock de repuesto: la criticidad de los equipos en que están situados, su consumo, el coste de la pieza, el coste de la pérdida en producción en caso de fallo y el plazo de aprovisionamiento. Estudiemos cada uno de ellos.

- *Criticidad del equipo*

Antes de acometer la labor de fijar los stocks de repuesto, es necesario analizar los equipos y determinar su importancia. Esto se denomina, como hemos visto, Análisis de Criticidad, y establece tres categorías para los diferentes equipos de la planta: *A*, o equipos críticos; *B*, o equipos importantes; y *C*, o equipos prescindibles.

Lógicamente, el almacén de repuesto estará formado básicamente por componentes de equipos *A*, y, en menor medida, por componentes de equipos *B* y *C*.

- *Consumo*

Tras el análisis del histórico de averías, o de la lista de elementos adquiridos en periodos anteriores (uno o dos años), puede determinarse qué elementos se consumen habitualmente. Todos aquellos elementos que se consuman habitualmente y que sean de bajo coste deben considerarse como firmes candidatos a pertenecer a la lista de repuesto mínimo. Así, los elementos de bombas que no son críticas pero que frecuentemente se averían, deberían estar en stock (retenes, rodetes, cierres, etc.). También, aquellos consumibles de cambio frecuente (aceites, filtros) deberían considerarse.

- *Plazo de aprovisionamiento*

Algunas piezas se encuentran en stock permanente en proveedores cercanos a la planta. Otras, en cambio, se fabrican bajo pedido, por lo que su disponibilidad no es inmediata, e incluso, su entrega puede demorarse meses.

Aquellas piezas que pertenezcan a equipos críticos cuya entrega no sea inmediata, deberían integrar el almacén de repuesto. Aquellas piezas, que aún no pertenecientes a equipos *A* o críticos, puedan suponer que un equipo *B* permanezca largo tiempo fuera de servicio, deben considerarse igualmente en esa lista.

- *Coste de la pieza*

Puesto que se trata de tener un almacén con el menos coste posible, el precio de las piezas formará parte de la decisión sobre el stock de las mismas. Aquellas piezas de gran precio (grandes ejes, coronas de gran tamaño, equipos muy especiales) no deberían mantenerse en stock y, en cambio, deberían estar sujetas a un sistema de mantenimiento predictivo eficaz.

El coste de la pieza es, pues, un aspecto fundamental.

- *Coste de la pérdida de producción*

Si el coste de la producción perdida en caso de fallo es alto, es posible que sea interesante estudiar cada fallo que pueda tener el equipo y prever qué piezas pueden ser necesarias para acometer cualquier posible contingencia.

5.3. DETERMINACIÓN DEL REPUESTO QUE DEBE PERMANECER EN STOCK

Veámos más atrás las clasificación del repuesto según la necesidad de stock en planta, y distinguíamos tres tipos de repuesto: *A*, *B* y *C*. El repuesto que debe permanecer en planta debe ser, lógicamente, el clasificado como *A*.

Este repuesto puede dividirse a su vez en dos tipos: el repuesto de gran rotación, en su mayoría formado por consumibles²⁰, y material, que puede usarse en multitud de equipos, por ser repuesto muy estándar cuya posibilidad de uso es muy alta. Es el caso de los aceites y filtros (consumibles) o de la tornillería o racorería (repuesto estándar).

Para la selección de este tipo de repuesto es básico estudiar los *modos de fallo* que se determinaron cuando se realizó el Plan de Mantenimiento (ver capítulo 3). Sólo a partir de esos modos de fallo es posible determinar el repuesto que será necesario mantener en stock para resolver con rapidez aquellos fallos que pueden afectar al Plan de Producción.

El diagrama que podemos utilizar para la selección de repuesto figura en la página siguiente.

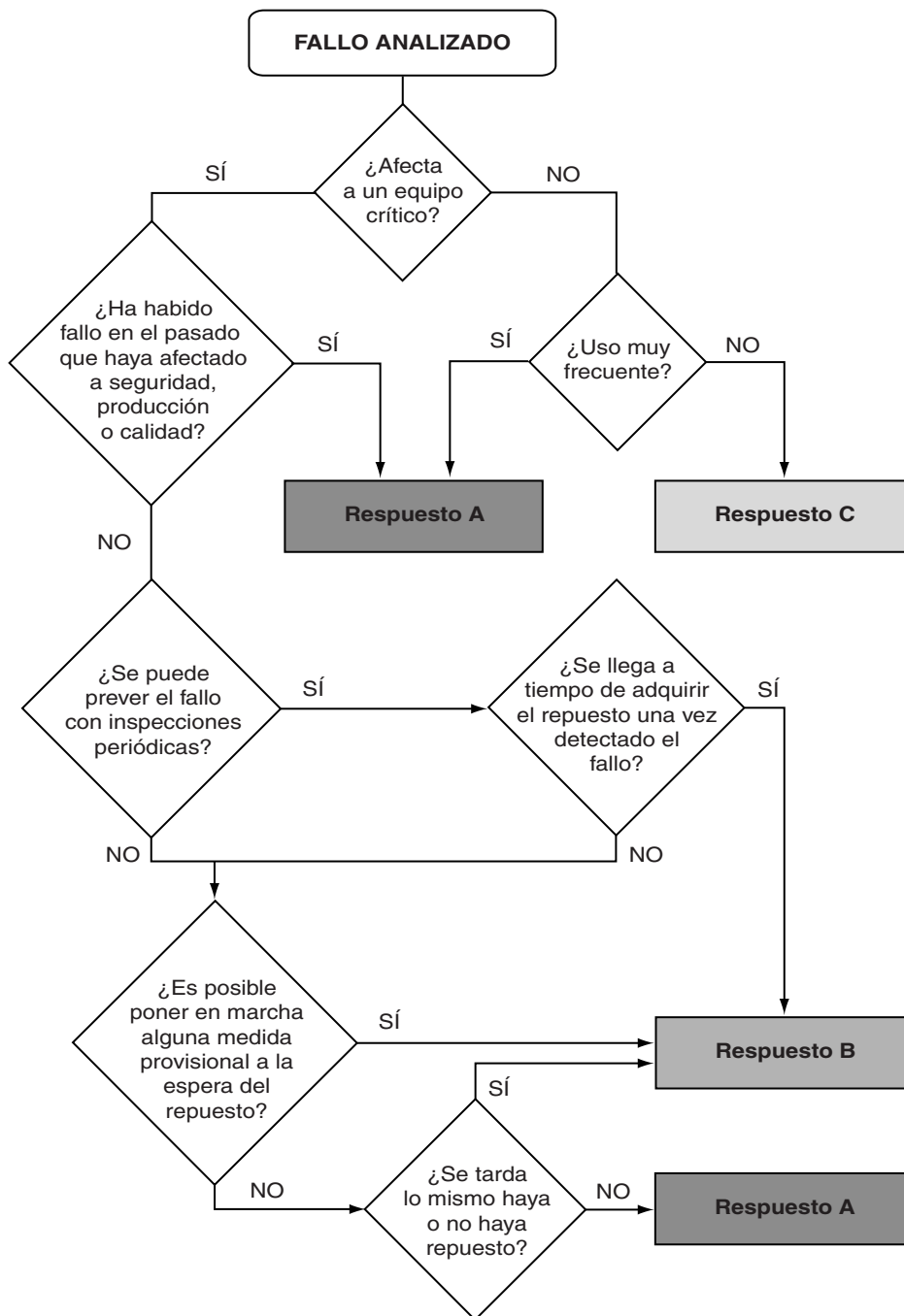
Estimación de la cantidad

Una vez estimados los repuestos que deben permanecer en stock, debemos saber la cantidad que debemos acopiar de ellos. Es necesario determinar, para cada uno de los materiales:

- Cantidad inicial.
- Punto de pedido, o mínimo que se debe alcanzar para emitir un pedido de compra.
- Cantidad a pedir, una vez alcanzado el punto de pedido.

Existen varias formas de determinar la cantidad que debemos adquirir de un determinado repuesto. Algunas de ellas emplean complicadas fórmulas ma-

²⁰ Podríamos definir *consumible* como aquellas piezas con una vida generalmente muy corta, en la mayoría de los casos inferior a un año y cuya vida es previsible, pues está en función de las horas de trabajo del equipo o del periodo de tiempo transcurrido.



Repuesto A: Repuesto que debe permanecer en stock.

Repuesto B: Repuesto que no es necesario mantener en stock, pero debe estar localizable.

Repuesto C: Resto.

temáticas en función de la cantidad de elementos que haya instalados en la planta y del plazo de aprovisionamiento, entre otros factores. No obstante, en esta obra no se aportan dichas fórmulas por ser de uso complicado, y moverse mucho más en el plano teórico que en el real. A la hora de determinar la cantidad que debemos acopiar, es preferible basarse en la propia experiencia o en la de expertos, buscando siempre la adquisición del mínimo imprescindible.

5.4. IDENTIFICACIÓN DE LOS REPUESTOS

La totalidad de las piezas de repuesto que llegan al almacén deben estar perfectamente identificadas. Al menos, deben figurar los siguientes datos:

- Código del repuesto.
- Tipo de repuesto (consumible, repuesto genérico, repuesto específico).
- Modelo de reposición (qué debe hacerse cuando se consume).
- Descripción.
- Referencia comercial.
- Fabricante y/o proveedor.
- Tipo de empaquetamiento en que se sirve el material.
- N.º de referencia del plano en el que figuran las especificaciones de la pieza, si se considera necesario.
- Hoja de características técnicas (*DataSheet*).
- Inspecciones o ensayos que requiere, en el momento de su recepción.
- Sistema de almacenamiento, si tuviera alguna condición especial.
- Ubicación dentro del almacén.
- Coste.

Los seis primeros datos deben figurar en una etiqueta adhesiva, y el resto, si son necesarios, en hojas adicionales que se deben conservar, bien junto a la pieza, bien en el soporte informático.

Puede ser interesante que en las etiquetas adhesivas la referencia interna figure en la etiqueta en forma de código de barras, para automatizar la salida y entrada de piezas.

5.5. ALMACENES

Existen dos tipos de almacenes: almacenes centrales y almacenes de zona. Los almacenes centrales son aquellos comunes a toda la planta. En una factoría, puede haber uno o varios. Los almacenes de zona son pequeños almacenes, cercanos a los equipos, de los que puede haber igualmente uno o varios por cada una de las zonas que componen la planta.

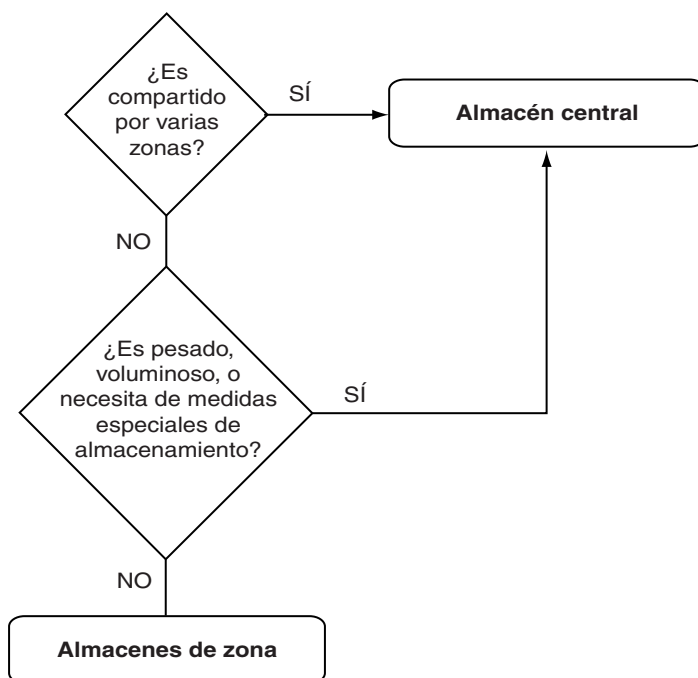
La ventaja de situar el repuesto en el almacén central es que se tiene un control más estricto sobre la entrada y salida de materiales. Pero en plantas industriales grandes, en las que hay que recorrer grandes distancias para llegar a cada uno de los equipos, se generan multitud de tiempos improductivos de desplazamientos si todo el material de repuesto que se necesite debemos buscarlo en un almacén centralizado. A la vez, ubicar el repuesto en multitud de pequeños almacenes cercanos a las máquinas hace que perdamos control sobre el repuesto, ante la imposibilidad de designar una persona para que se ocupe de la gestión del material en cada uno de esos pequeños almacenes de zona.

La decisión sobre la ubicación del repuesto debe ser una solución de compromiso entre la cercanía a los equipos y el control sobre el inventario y los movimientos de almacén.

A la hora de decidir dónde debemos ubicar los repuestos, debemos, pues, tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Proximidad a la máquina.
- Si se trata de un repuesto específico de una sola máquina o de varias.
- Sus dimensiones.
- Las medidas a tomar para su almacenamiento.

Para decidir dónde ubicar un repuesto, puede seguirse el siguiente diagrama:



De este diagrama se deduce que:

- El repuesto específico debe estar situado en los almacenes de zona, en lugar del almacén central.
- El repuesto pesado, voluminoso o que requiera especiales medidas a tomar para su almacenamiento debe estar situado en el almacén central.
- El almacén central debe contener, fundamentalmente, repuesto genérico, utilizable en diversas plantas.

Las excepciones a estas sencillas normas las constituyen aquellos materiales de gran consumo que a pesar de ser comunes a varias plantas se utilizan de manera muy habitual en alguna de ellas, con una frecuencia inferior a la semanal. Será también una excepción el repuesto que, en caso de necesitarse, sea necesario que esté disponible en las proximidades de la máquina de forma inmediata.

5.5.1. Almacenes de zona

Deben ser pocos en número (no más de 5), pues el incremento del número de almacenes suponen habitualmente una pérdida del control del material contenido en él.

Ya que se trata de repuesto específico para un solo equipo, debe estar ordenado por equipos, y no por tipo de repuesto. Es decir, en cada estantería debemos encontrar el repuesto de una sola máquina, desaconsejándose la clasificación por tipo (por ejemplo, colocar en la misma estantería todos los rodamientos, o todas las correas, etc)

Cada almacén de zona debería estar equipado con un ordenador, conectado en red al servidor principal. Este ordenador debería estar dotado de un lector de código de barras. Al retirar el repuesto debe registrarse mediante este lector su código y el código de la orden de trabajo para el que se necesita.

Cada almacén de zona debe tener un único responsable, cuya misión es velar por el estricto control de la entrada y salida de materiales. A no ser que sea un almacén de zona de gran tamaño, no es necesario que tenga personal destinado allí de forma exclusiva.

5.5.2. Almacén central

El almacén central debe tener, pues, tan solo el repuesto común a varias plantas, el voluminoso, el pesado, y el que requiera de determinadas medidas para su conservación. También debe poseer un terminal informático con lec-

tor de código de barras y, al retirar un repuesto, este material debe imputarse a una orden de trabajo.

Este almacén sí debe tener personal dedicado a su gestión de manera exclusiva (almaceneros, jefes de almacén, etc), en un número proporcional a su tamaño.

Debe tener un sistema ágil para la entrada y salida de materiales, de manera que los tiempos muertos para la obtención de repuestos no se dispare.

5.6. INVENTARIOS

Para evitar los inconvenientes derivados de la realización de inventarios generales, si se dispone de un sistema informático en el que se registre el stock y las entradas y salidas de materiales, debe organizarse un sistema de inventarios por zonas, de manera que con una periodicidad muy corta el personal de almacén realice un inventario parcial de una de esas zonas. Al final del año, debería haberse completado el inventario total.

Igualmente, es conveniente realizar unos muestreos aleatorios para comprobar que las cantidades que figuran registradas en el sistema informático o en el sistema de gestión que se utilice se corresponden con lo que realmente hay en planta.

Debe tenerse especial cuidado en los periodos de gran actividad en mantenimiento (paradas programadas, revisiones generales), ya que las urgencias y el alto número de movimientos hacen que en estas épocas se produzcan grandes números de movimientos incontrolados. Antes de una parada programada, el almacén central debería reforzar su plantilla para facilitar la labor de mantenimiento y evitar la pérdida de control.

EJEMPLO 5.1

PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE INVENTARIOS EN EL ALMACÉN DE REPUESTO

1. Objeto

Este procedimiento tiene por objeto servir de guía práctica para la realización de inventarios de almacén.

2. Alcance

Este procedimiento se refiere únicamente a los almacenes de materiales usados por el Departamento de Mantenimiento.

3. *Desarrollo*

3.1. **Inventario de consumibles**

Todos los materiales clasificados como consumibles (lubricantes y filtros principalmente) deben inventariarse completamente cada 3 meses. Para ello, se imprimirá un listado de consumibles desde el programa de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO), y se acudirá con este listado al almacén. Se comprobará que la cantidad que figura de cada uno de los *ítems* coincide con lo que realmente se encuentra en el almacén.

Se anotarán las desviaciones encontradas (no se establece ningún formulario específico para ello) y se corregirán las desviaciones, de tal forma que se asegure que el stock que figura registrado en el GMAO coincide con lo que realmente se encuentra en el almacén.

Si todo es correcto, firmará en el calendario de inventarios, en prueba de realización de este.

3.2. **Inventario de repuesto genérico y específico**

Se dividirá la parte de almacén que contiene el repuesto genérico en 12 zonas aproximadamente iguales. El responsable de almacén deberá decidir cada año sobre esta división. Se realizará el inventario de cada una de estas zonas el primer día hábil de cada mes, siguiendo el sistema detallado en el punto anterior.

Una vez acabado, se realizará un muestreo de las zonas no inventariadas. Para ello, se elegirán al azar 10 *ítems* del sistema informático por cada una de las 11 zonas restantes (110 *ítems* en total) y se comprobará la cantidad existente realmente en el almacén. Se considerará una *desviación* si la cantidad que hay en el almacén no coincide exactamente con la cantidad registrada en el sistema. Si se encuentran más de 22 desviaciones en este muestreo, se repetirá el muestreo. Si de nuevo se encuentran más de 22 desviaciones, *deberá realizarse un inventario general*. Si alguna de las zonas registra más de 3 desviaciones, se repetirá el muestreo de esa zona; si de nuevo se registran más de tres desviaciones, se realizará un inventario completo de esa zona.

A continuación, se seleccionarán 10 *ítems* del almacén por cada una de las zonas no inventariadas, y se comprobará la cantidad que hay registrada en el GMAO. Se procederá de igual forma que en el apartado anterior para el caso de existir desviaciones.

Por último, firmará en el calendario de inventarios, indicando la zona inventariada y el resultado del muestreo (favorable o no favorable).

3.3. Repuesto específico

Se procederá de igual forma que con el repuesto genérico. La fecha de estos inventarios será el día hábil más cercano al día 15 de cada mes.

3.4. Inventarios generales

No se establece la necesidad de realizar inventarios generales, excepto en el caso de encontrar más de 22 desviaciones en los muestreos realizados.

Gestión de los recursos humanos en mantenimiento

Hace tan solo unos años (años 60-70), por cada dólar gastado en mano de obra de mantenimiento las empresas gastaban dos dólares en materiales y repuestos. Las posibilidades de optimización se centraban, pues, en el ahorro de materiales, ya que cualquier acción que redundara en un consumo menor de repuestos tenía un efecto mayor sobre el resultado global que un intento de reducción de personal. La situación, hoy en día, es claramente opuesta: por cada euro gastado en repuestos los departamentos de mantenimiento gastan dos euros en mano de obra.

Conviene entonces preocuparse por la mano de obra. Si queremos optimizar (y optimizar significa generalmente gastar menos para hacer lo mismo o más), los recursos humanos son ahora la pieza más importante, el punto que debemos dirigir nuestras miradas buscando ese ahorro que haga a la empresa ser más competitiva.

Debemos hacernos una serie de preguntas clave, cuya respuesta nos indicará si estamos en el camino correcto o no:

- *¿Tenemos la cantidad de personal que necesitamos?* Si tenemos más de los que debemos emplear, estaremos derrochando recursos económicos. Pero si tenemos menos, el tiempo de respuesta puede no ser el adecuado, con lo que estaremos malgastando dinero en forma de pérdidas de producción.
- *¿El personal que tenemos tiene la formación adecuada?* Debemos preguntarnos si su formación es la que debe tener para poder dar respuesta a las incidencias de la planta. Para saber si la formación es la adecuada, tenemos que tener en cuenta si la preparación que tenía cada uno de sus miembros cuando se les contrató permite una formación posterior más específica, o si esta formación era tan básica que hay que comenzar por una preparación general. Hay que saber cuál es la base inicial con la que cuenta cada integrante del departamento de mantenimiento, e identificar sus carencias.

- *¿El personal está organizado del modo adecuado?* Esta pregunta hace referencia a la estructura organizativa del personal de mantenimiento (organigrama) y a la estructura funcional, esto es, a la organización por turnos o por especialidades. No todas las plantas necesitan el mismo modelo organizativo: puestos que son necesarios en unas plantas pueden ser antirentables en otras, y la organización horaria del personal está en función de las necesidades de producción.
- *¿El personal tiene el rendimiento adecuado?*²¹ Podemos tener el personal que necesitamos, el más formado para su puesto, y perfectamente organizado de acuerdo a las necesidades de la empresa, pero si el rendimiento que obtenemos de ellos es insuficiente estaremos de nuevo derrochando recursos. Debemos entonces encontrar formas de poder comprobar ese rendimiento, de fijar un objetivo y de saber dónde estamos en cada momento. Debemos identificar las razones de rendimientos bajos (para corregir) y de rendimientos especialmente altos (para aprender de ellos).

6.1. DEFINICIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO

En primer lugar, tratemos de definir claramente cuales son las funciones de cada puesto relacionado con mantenimiento. De esta forma nos será más fácil seleccionar al personal que debe ocuparlo, al tener claras cuales son las funciones que debe cumplir y poder definir así las características del personal.

6.1.1. *Puestos indirectos*

Llamamos puestos indirectos a todos aquellos puestos que no están relacionados directamente con la ejecución del trabajo, sino que se dedican a tareas de apoyo, planificación, control o preparación de las tareas que debe ejecutar el personal directo.

El objetivo de una empresa que pretenda optimizar sus costes en mantenimiento debe ser el de reducir al mínimo posible los puestos de trabajo indirectos. Esto se consigue atribuyendo varias funciones a un mismo trabajador o eliminando la necesidad de un puesto indirecto concreto, como veremos.

Los puestos indirectos que podemos encontrar son los siguientes:

- *Director de Mantenimiento*

En empresas de gran tamaño, el Director de Mantenimiento es la persona en la que el Director General delega todo el área de mantenimiento, so-

²¹ Entendemos por rendimiento la proporción de tiempo que el operario pasa dedicado a tareas productivas frente al tiempo total empleado. En mantenimiento, es tiempo productivo el dedicado a reparaciones y revisiones, únicamente.

bre todo desde el punto de vista organizativo y económico. Sus responsabilidades son:

- Asegurar que se cumplen los objetivos estratégicos de la empresa en el área de mantenimiento.
- Elaborar el presupuesto de mantenimiento.
- Definir las políticas generales del departamento, de acuerdo a los objetivos estratégicos de la empresa.

El perfil ideal de la persona que ocupa este puesto es el siguiente:

- Ingeniero Industrial, Mecánico, Eléctrico o Electrónico.
- Gran experiencia práctica (más de 10 años).
- Formación económica específica (Master MBA, por ejemplo).
- Formación en TPM (Total Productive Maintenance), RCM (Reliability Centered Maintenance), Calidad Total, 5S, etc. Es decir, formación específica en las más modernas técnicas de organización.
- No es necesario que tenga un conocimiento específico de los equipos con los que trabaja la planta, pues su papel es más organizativo que técnico.

• *Responsable de Oficina Técnica de Mantenimiento*

Su misión es plantear el trabajo desde el punto de vista técnico. Estudia la planta, cada equipo que la compone, analizando la criticidad de cada equipo y el modelo de mantenimiento más adecuado. Elabora el Plan de Mantenimiento y la lista de repuesto mínimo, y los propone al Director de Mantenimiento y/o al Jefe de Mantenimiento para su aprobación. Se encarga también de preparar los informes periódicos de mantenimiento, los informes de intervención cuando se producen revisiones o averías importantes y elabora las propuestas de mejora.

En algunas plantas, este puesto se denomina Responsable de Ingeniería de Mantenimiento. Su posición jerárquica siempre es por debajo del Director de Mantenimiento, pero puede estar por encima o por debajo del Jefe de Mantenimiento en aquellas plantas en que existen los dos puestos.

El perfil ideal de la persona que ocupa este puesto es el de un Ingeniero Técnico Industrial, en general, joven, con grandes conocimientos de Ingeniería de Mantenimiento, de Mantenimiento Predictivo (tanto teórico como práctico), con formación específica en los equipos que se usan en la planta, etc. Es el apoyo técnico del Director de Mantenimiento y del Jefe de Mantenimiento.

- *Jefe de Mantenimiento*

En las plantas en las que no existe Director de Mantenimiento, es la persona responsable del área de mantenimiento. Puede depender jerárquicamente del Director General o del Director de Producción, dependiendo del modelo organizativo de la empresa (en aquellas empresas en las que todo está en función de la producción, el Jefe de Mantenimiento depende del Director de Producción. En aquellas en las que las responsabilidades se reparten por áreas organizativas, depende del Director General y está a la misma altura jerárquica del máximo responsable de producción).

En las plantas en las que hay un Director de Mantenimiento, lógicamente, depende de éste.

Sus funciones son:

- Gestiona el mantenimiento desde el punto de vista técnico (cuando no existe Director de Mantenimiento, también lo hace desde el punto de vista económico).
- Se encarga de asignar los recursos necesarios para la realización de cada tarea.
- Resuelve los problemas que surgen en la realización de los trabajos. Es la persona a la que consultan los operarios de mantenimiento cuando tienen un problema.
- Comprueba que las programaciones se cumplen, resolviendo las desviaciones que puedan aparecer.
- Se implica personalmente en las emergencias que se puedan presentar en la planta.
- Se ocupa, pues, del día a día de la planta.

El perfil ideal para este puesto es el de un técnico con gran experiencia, con titulación superior (ingeniero) o media (formación secundaria en un área técnica). Debe poseer formación específica en los equipos que componen la planta (no es suficiente con una formación genérica en mantenimiento), y debe tener indudables dotes de mando. Es conveniente que hable al menos inglés, por si tuviera que comunicarse con el servicio técnico de algún equipo de importación para solicitar asistencia. Igualmente, debe tener una alta formación en seguridad, pues el área de mantenimiento es un área de riesgo dentro de la empresa. Si la empresa posee un Sistema de Aseguramiento de la Calidad (ISO 9000, QS 9000, etc.) debe poseer conocimientos específicos de ese área.

- *Encargados y Jefes de Equipo*

En plantas en las que el equipo de mantenimiento es suficientemente grande, el Jefe de Mantenimiento puede no ser suficiente para poder controlar todas

las actividades de mantenimiento que se realizan. En ese caso, es conveniente crear una estructura, con encargados, jefes de equipo, jefes de brigada, etc., que se ocupen de obtener del personal el rendimiento adecuado, de solucionar los problemas técnicos que pueda tener el personal al realizar los trabajos, y de proporcionar al personal directo los materiales y los medios técnicos que precise.

La diferencia fundamental entre Encargado y Jefe de Mantenimiento es que éste se ocupa del departamento pensando en los resultados a medio y largo plazo, mientras que el encargado se ocupa del día-a-día, de resolver inmediatamente las incidencias que puedan ocurrir.

El perfil más adecuado para este puesto es el de personal con experiencia en la realización directa de los trabajos, con iniciativa, dotes de mando y con gran capacidad de organización.

- *Planificador*

Es la persona responsable de planificar el mantenimiento programado, de acuerdo a las tareas indicadas en el Plan de Mantenimiento, a las modificaciones y los añadidos que le comunica el Jefe de Mantenimiento, y a las indicaciones del Responsable de Oficina Técnica de Mantenimiento. Puede asignar los recursos humanos para la realización de las tareas, si tiene conocimientos para ello, o seguir las indicaciones del Jefe de Mantenimiento o Encargado sobre esta asignación.

El perfil del planificador es el de una persona que conoce en profundidad las técnicas de programación, como los *diagramas de Gantt* o los *diagramas de Pert*, ya sea de forma manual o mediante la ayuda de herramientas informáticas específicas.

- *Preparador*

Con la programación preparada por el Planificador, o siguiendo las indicaciones del Jefe de Mantenimiento, Encargado o Jefes de Equipo, es el responsable de preparar las herramientas específicas, los materiales y la documentación que necesitará un operario de mantenimiento para realizar cada uno de los trabajos.

El preparador debe ser una persona organizada, que conozca los materiales y repuestos de la planta y que sepa dónde se localiza o cómo se solicita la documentación que se pueda necesitar (planos, instrucciones técnicas, procedimientos, permisos de trabajo).

- *Verificador*

Es la persona responsable de la verificación de piezas de repuestos, bien de las que se construyen en talleres propios o subcontratados, bien de las que

se reciben de un proveedor. En plantas en las que las piezas deben poseer unas características muy definidas, se hace necesario asignar a una persona la responsabilidad de recepcionar los materiales, verificando que alcanzan todas sus especificaciones.

En general, depende del responsable del almacén.

El perfil del verificador es el de un técnico buen conocedor de las técnicas de metrología, y que ha recibido formación y entrenamiento en la realización de determinadas pruebas que deban superar algunos materiales antes de usarlos (resistencia a presión o a flexión, dureza, planitud, etc.).

- *Analista de averías*

Es un técnico responsable de estudiar cada una de las averías, incidentes, funcionamientos anómalos, etc., que se puedan producir en la planta. Su misión es estudiar cada uno de esos casos para identificar las causas que lo produjeron y como se pueden evitar en el futuro. Sus propuestas pueden ser, bien una modificación de la instalación, cuando se encuentren problemas de diseño o formas de optimizar este, bien un cambio en el Plan de Mantenimiento (de forma que se contemple la realización de alguna tarea que evitaría la repetición del incidente) o bien la modificación de una pauta del personal de producción.

El perfil del Analista de Averías es el de una persona con mentalidad analítica, y con mucha experiencia en el mantenimiento de equipos similares a los que haya en la planta. Debe manejar adecuadamente herramientas informáticas, como procesadores de texto, hojas de cálculo o bases de datos.

- *Jefe de taller*

Es el responsable de que el personal que trabaja en el taller de mantenimiento (torneros, fresadores, soldadores, cerrajeros, etc.) alcance el rendimiento que se estima como el óptimo. También es el encargado del orden y la limpieza en el taller.

El perfil es el de una persona organizada, con dotes de mando, y buen conocedor del trabajo de taller.

- *Técnico en seguridad*

El mantenimiento es un área de riesgo. En muchas ocasiones hay que realizar reparaciones e intervenciones en un equipo al que se le han retirado las protecciones, hay que trabajar en zonas con partes en movimiento, o hay que observar el funcionamiento anómalo de una máquina, cuyo comporta-

miento puede ser imprevisible. También hay que trabajar en altura, o con equipos bajo tensión eléctrica, o en espacios confinados, etc.

A fin de minimizar los riesgos que todo ello puede suponer, determinadas empresas asignan a un técnico de la propia plantilla la responsabilidad de la prevención de riesgos²². Su trabajo consiste en analizar y evaluar los riesgos de la planta, redactar un Plan de Seguridad, y vigilar que los trabajos se realicen en las condiciones de seguridad debidas.

El perfil de este técnico es el de un Técnico Superior en prevención de riesgos laborales, generalmente titulado universitario. Debe ser una persona estricta e independiente, no permitiendo que se trabaje en condiciones que pueden suponer un riesgo no controlado para las personas.

- *Administrativo*

Es la persona encargada de realizar tareas rutinarias de bajo nivel propias de personal de oficina, como redactar cartas, archivar documentación, enviar y recibir faxes, recibir llamadas telefónicas, etc.

- *Grabador de datos*

En plantas que cuentan con un Sistema de Mantenimiento Asistido por Ordenador, la cantidad de datos que hay que introducir en el sistema puede ser enorme, y puede necesitar que se destine una persona a tiempo completo para la tarea de introducir datos.

El perfil es de un administrativo que conozca la herramienta informática con la que tiene que trabajar, con buena resistencia a la fatiga (existen test específicos para evaluar este punto).

- *Responsable de almacén de repuesto*

Es el encargado de que el almacén de repuestos se encuentre limpio y ordenado, con un sistema que permita localizar fácilmente lo que se necesita. Es el encargado de comunicar al responsable de compras que un repuesto determinado se ha agotado o ha rebasado el nivel de stock mínimo. Debe asegurar igualmente que el material se almacena en las condiciones que necesita, siguiendo las instrucciones especiales de los especialistas en ese material (fabricante, distribuidor, Jefe de Mantenimiento, Responsable de Oficina Técnica, etc.).

²² Existe otra alternativa, según la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Consiste en la contratación de un servicio de prevención a una empresa externa.

Es el responsable de realizar los inventarios del stock de repuesto, y de asegurar que los movimientos de almacén se hacen de manera controlada (queda registrado de alguna manera cada movimiento de entrada o salida que se realiza).

El perfil es el de una persona muy organizada y buen conocedor de los materiales que se usan en la planta.

- *Responsable de compras*

Es el responsable de realizar las compras de materiales, repuestos, consumibles, etc. que se necesiten en la planta.

El perfil del Responsable de compras es el de una persona hábil negociadora, con un trato amistoso con los proveedores, pero con carácter como para exigirles el cumplimiento de especificaciones, plazos de entrega, etc. Debe conocer bien el mercado y los proveedores, así como los productos que se usan en la planta.

- *Responsable del depósito de herramientas*

Es el responsable de que se disponga en la planta de los medios que se necesiten, de que estos se encuentren en perfecto estado (funcionamiento, calibración, etc.) y de que la herramienta no se extravíe. Debe exigir a los operarios a los que se les asigna herramienta personal que cuiden de ella, penalizándoles de alguna manera cuando esto no sea así (descontándoles el importe de la herramienta extraviada, retirándoles una prima voluntaria si su conjunto de herramientas no está completo, etc.). Debe identificar las necesidades de medios técnicos, proponiendo al Jefe de Mantenimiento la realización de inversiones. Debe llevar al día el Plan de Calibración.

El perfil del responsable de almacén es el de un operario ordenado, buen conocedor de los trabajos que se realizan por tener amplia experiencia en ellos.

6.1.2. Puestos directos

Son los directamente relacionados con la actividad de mantener. En general, su salario contempla la realización de un número de horas anuales, cuyo exceso debe ser abonado como horas extra (de un coste generalmente superior a las horas normales) ²³.

²³ Los puestos indirectos, en general, no suelen recibir compensación económica por la realización de horas extraordinarias. El tiempo extra de este personal indirecto suele compensarse con tiempo libre o, como es costumbre en muchas empresas, no se compensa de ninguna forma.

Las diferentes especialidades que pueden darse en mano de obra directa son muy variadas. La descripción de estas especialidades no supone que un departamento bien dimensionado deba admitirlas o perseguirlas, pues la especialización presenta ventajas e inconvenientes, como veremos más adelante. La finalidad de esta distinción de puestos de trabajo es meramente descriptiva.

- *Mecánico ajustador*

Componen el grueso del personal de mantenimiento. Su misión es 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 (en España, formación profesional de 2.º grado), y con una experiencia acorde con la categoría (oficial 1.ª, al menos 3 años, oficial 2.ª, al menos 2 años, etc.). Deben ser personas meticulosas, pacientes, con visión espacial (capaz de imaginarse como es el movimiento de una pieza compleja en el espacio), y con capacidad de abstracción. Es conveniente comprobar estos puntos al realizar la prueba de ingreso mediante test psicotécnicos específicos.

- *Electricista de baja tensión*

Se ocupa de la parte eléctrica de los equipos e instalaciones. Trabajan en un rango de tensiones comprendido entre los 24 y los 1.000 voltios. Por encima de esa tensión, es responsabilidad del electricista de media-alta tensión, y por debajo de 24 voltios, es el campo de electrónicos e instrumentistas.

Sus responsabilidades son generalmente las siguientes:

- Conexión-desconexión de elementos, equipos, etc.
- Reparaciones de iluminación.
- Comprobaciones y reparaciones en cuadros eléctricos.
- Verificaciones de equipos (aislamientos, derivaciones, disparos de mecanismos eléctricos de protección, comprobaciones de cableado, etc.).

- *Electricista de alta tensión*

Se ocupa del mantenimiento de las instalaciones eléctricas cuya tensión sea superior a los 1.000 voltios. Sus responsabilidades son generalmente las siguientes:

- Revisión de subestaciones eléctricas, en las que se recibe la energía eléctrica de la red de alta tensión (con unas tensiones que oscilan, para

la gran empresa, entre los 6.000 y 220.000 voltios). Se incluyen en esta revisión todos los elementos que componen la subestación: transformadores, seccionadores, mecanismos de protección (relés, fusibles, etc.) y embarrados.

- Conexión-desconexión de equipos conectados a líneas de media tensión.

- *Electrónico*

Es el encargado de la parte electrónica de los equipos. Su actividad diaria está relacionada con los PLC's (*Programable Logic Devices*, autómatas programables), tarjetas de control, cuadros de mando, sensores de los diversos equipos y actuadores conectados a los PLC's.

- *Instrumentista*

Muy relacionado con el puesto anterior, el instrumentista es el electrónico especializado en aparatos de medida (medidores de presión, sensores de temperatura, analizadores, sensores de peso, de humedad, de caudal, de vibración, etc.), y en los dispositivos actuadores relacionados con estos (principalmente válvulas de control). Su misión es la calibración, ajuste y reparación de los citados instrumentos de medida, de los actuadores y de los lazos de control que los gobiernan.

- *Engrasador*

Es el encargado de ejecutar el Plan de Lubricación de la planta o instalación.

- *Cerrajero*

Encargado de las reparaciones de estructuras metálicas, mediante diversas técnicas (soldadura, forja, fundición, etc.) Su nombre proviene de los fabricantes y reparadores de puertas, verjas, vallas (cierres en general) metálicos.

- *Hidraulista*

Es el responsable de los sistemas oleohidráulicos de las empresas. Es una especialidad necesaria en plantas que poseen prensas, ya que el sistema de

energía que suelen utilizar estas prensas es energía hidráulica conseguida a partir de la presión ejercida en un líquido hidráulico (generalmente aceite).

- *Matricero*

En plantas que utilizan moldes es su proceso productivo, es el encargado del mantenimiento de dichos moldes.

- *Especialista en válvulas*

Es el encargado del mantenimiento, ajuste y reparación de válvulas y elementos de cierre de fluidos.

- *Especialidades relacionadas con la herramienta que utilizan*

Junto con las especialidades anteriores, existen otra serie de puestos que toman su nombre del equipo o herramienta que emplean para realizar su trabajo. Es el caso del soldador, tornero y fresador (que se ocupan respectivamente de los trabajos de soldadura, del manejo del torno y del manejo de la fresadora).

ESPECIALIDADES DE MANTENIMIENTO

Especialidad	Subespecialidad
Mecánica:	<ul style="list-style-type: none"> — Montador. — Ajustador. — Soldador. — Tubero. — Matricero. — Calderero. — Especialista hidráulico. — Especialista neumático. — Tornero. — Fresador.
Electricidad:	<ul style="list-style-type: none"> — Electricista alta tensión. — Electricista baja tensión.
Electrónica:	<ul style="list-style-type: none"> — Electrónico. — Instrumentista electrónico. — Instrumentista neumático.

6.2. ORGANIGRAMAS EN MANTENIMIENTO

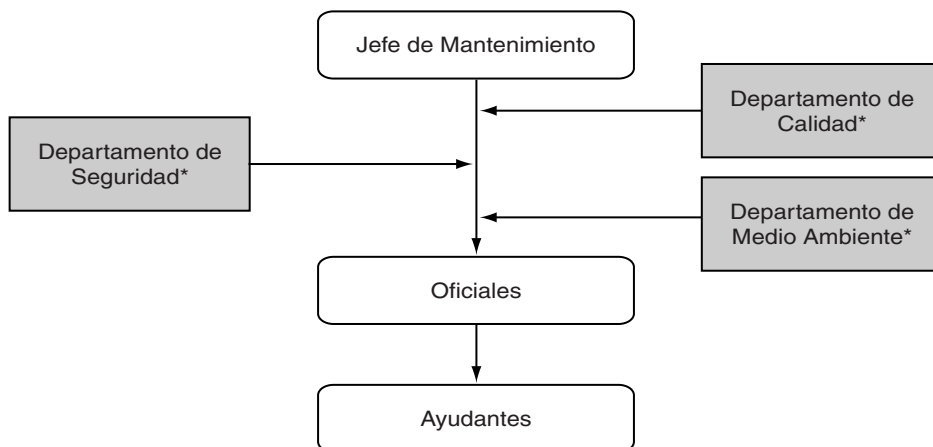
Trataremos ahora cómo se organiza la plantilla de mantenimiento, cuál es su estructura jerárquica. Definamos, pues, algunos organigramas típicos en departamentos de mantenimiento.

6.2.1. Organigrama básico

La situación más sencilla puede ser aquella de una empresa mediana, con una plantilla de menos de 15 personas.

Estaría constituida por un Jefe de Mantenimiento, como responsable máximo del departamento. De él dependería el personal directo, agrupado en dos categorías: oficiales y ayudantes. Los departamentos centrales de calidad, seguridad y medioambiente darían apoyo al Jefe de Mantenimiento, pero sin depender de éste, ni jerárquica ni funcionalmente.

El organigrama se recoge en la siguiente Figura:



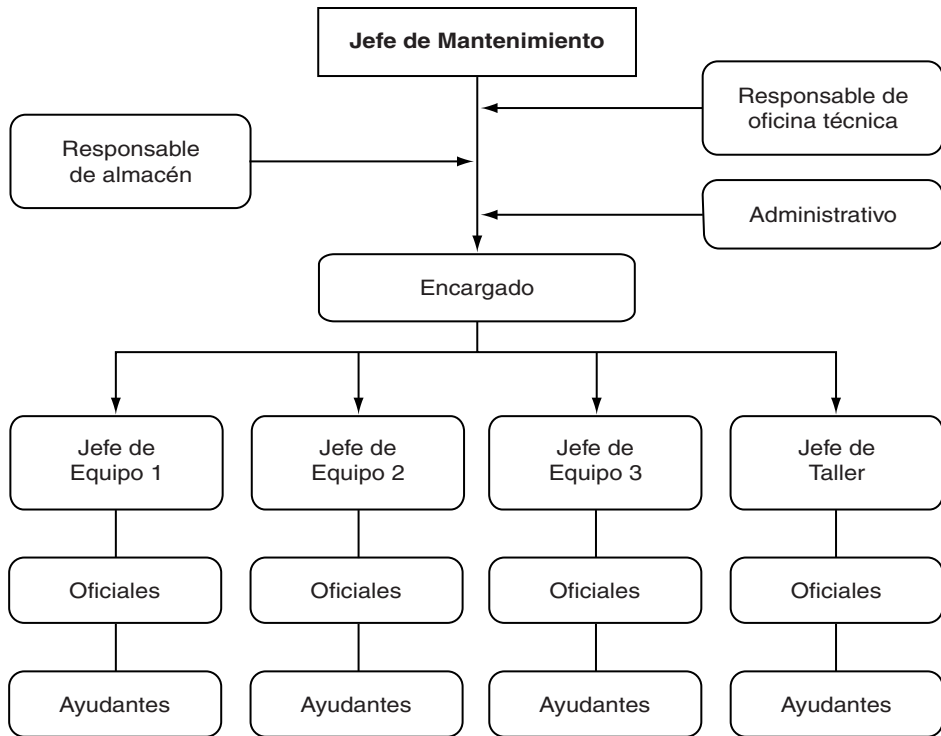
* Los cuadros sombreados corresponderían a personal de apoyo que no pertenece específicamente al Departamento de Mantenimiento.

6.2.2. Estructura avanzada

Cuando el número de operarios crece, es necesario prever una organización más completa, que contemple la creación de una serie de puestos específicos, como apoyo al personal directo y como ayuda para facilitar la gestión del departamento. Algunos de estos puestos están relacionados con labores de control del personal directo (Encargado, Jefes de Equipo, etc.). Otros, en

cambio, se ocupan de labores de gestión y apoyo, tratando de que el personal directo no tenga que preocuparse de una serie de trabajos, para los que además no tiene por qué estar especialmente preparado.

Un organigrama en el que se contemple esta estructura avanzada puede ser el siguiente:



ORGANIGRAMA DE UNA ESTRUCTURA AVANZADA

Es importante, en este organigrama, subrayar la diferencia de responsabilidades entre el Jefe de Mantenimiento y el Encargado. De una manera sintética, podemos decir que el Jefe de Mantenimiento se ocupa del *largo plazo*, mientras que el Encargado se ocupa del *corto plazo* o el día-a-día. El Jefe de Mantenimiento se ocupa de fijar presupuesto, definir objetivos, dirigir el trabajo del Responsable de Oficina Técnica, comprobar que los objetivos marcados se cumplen, encontrar y corregir desviaciones, marcar directrices claras para la gestión de almacenes y repuestos, relacionarse con proveedores, informar a sus superiores y a otros cargos de su mismo nivel jerárquico sobre la marcha de las instalaciones, etc. Su trabajo está orientado a la gestión técnico-

económica y a la relación con el resto de mandos de la empresa. El Encargado se ocupa de la planificación a corto plazo del mantenimiento, de resolver los problemas que le plantean sus jefes de equipo y los oficiales al efectuar las tareas de mantenimiento, y comprobar que los rendimientos del personal son los adecuados. Su trabajo está orientado a la gestión técnica y a la gestión de los recursos, principalmente los humanos. Son pues, dos puestos diferenciados.

No obstante, muchas empresas optan por fundir estos dos puestos en uno solo. Esto es posible si el número de operarios directos (oficiales y ayudantes) no supera la cantidad de 25, pues en caso de superarlos, si se opta por fundir los dos puestos en uno solo, una de las dos funciones (el día a día o el largo plazo, la gestión económica o la gestión técnica) quedará desatendida. Incluso en la mayoría de los casos en que el número de operarios directos de mantenimiento es inferior a 25, es muy beneficioso diferenciar estos dos puestos de trabajo.

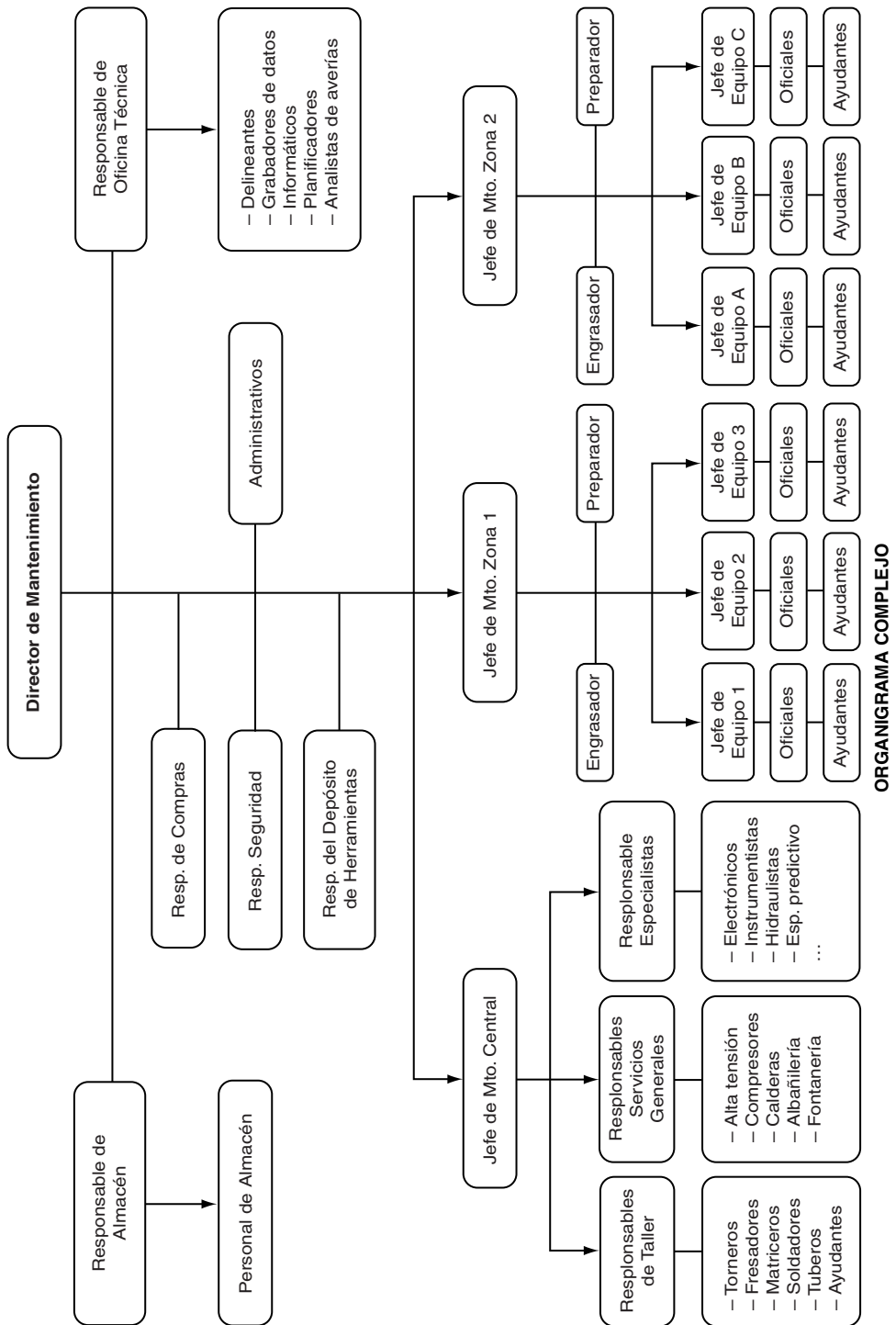
6.2.3. Organigrama complejo

En el caso de que la planta sea una gran factoría con varias decenas de operarios (incluso cientos) de mantenimiento, con varios centros de trabajo claramente diferenciados dentro de la factoría, las estructuras expuestas pueden ser insuficientes para poder gestionar adecuadamente la función mantenimiento.

Una estructura compleja puede ser la que se contempla en la página siguiente. En ella observamos la diferenciación entre el Director de Mantenimiento y los Jefes de Mantenimiento de las diversas áreas. Estas áreas, en general serán zonas de la empresa suficientemente amplias y distantes, que no justifican la creación de un único departamento de mantenimiento.

Dependiendo del Director, están una serie de subdepartamentos *staff*, como son Seguridad, Administración, Oficina Técnica, Almacén o Compras. En lo relativo a Oficina Técnica, habrá una serie de funciones que dependan de este responsable: delineante (en muchas ocasiones, sobre todo si mantenimiento se ocupa de modificaciones o de nuevas instalaciones), analista de averías, planificadores, personal dedicado al sistema de gestión de mantenimiento asistido por ordenador (tanto grabadores de datos como implantadores o técnicos de soporte), etc. El personal de Seguridad puede ser personal adscrito al departamento de mantenimiento, o personal asignado al Departamento de Seguridad de la empresa.

Dependiendo del Director General estarán los Jefes de Mantenimiento de cada una de las áreas. Entre ellos se encuentra el Jefe de Mantenimiento Central, que se ocupará del taller, de los Servicios Generales y de los especialistas. Estos son operarios con un nivel de especialización muy alto, cuya dependencia de las áreas no está justificada, por no necesitarse una presencia



permanente de esta actividad. Es más conveniente en esos casos centralizar todas las necesidades de estas especialidades en Mantenimiento Central, que destinará el personal necesario cuando se requiera, optimizando así las necesidades de un personal caro y escaso.

Cada una de las áreas puede tener a su vez varios Jefes de Equipo, que se encargarán del control de un turno (Jefes de Turno), de una especialidad (Jefe Eléctrico, Jefe Mecánico del área, etc.) o de una subzona (Jefes de zona), de los que dependerán a su vez un número determinado de operarios (oficiales y ayudantes)

6.3. MANTENIMIENTO CENTRALIZADO Y DISTRIBUIDO

En plantas en las que existen una serie de áreas o zonas de producción claramente diferenciadas, se plantea la posibilidad de centralizar el mantenimiento en un único departamento y en un taller único, desde el que se daría servicio a las distintas áreas, o diferenciar el mantenimiento por áreas, montando talleres, almacenes y oficinas diferentes en cada zona.

En los casos en que se pudiera plantear la posibilidad de descentralizar el mantenimiento, hay que considerar que esta descentralización tiene una serie de ventajas e inconvenientes, y valorar en cada caso si las ventajas superan a los inconvenientes o no.

Entre las ventajas de la descentralización, situando estructuras distintas en cada una de las áreas, podemos citar las siguientes:

- El personal está más cerca de los puntos en los que tiene que intervenir. Esto hace aumentar el rendimiento del personal directo, al disminuir el tiempo de localización del personal y el tiempo de desplazamiento, ambos considerados tiempos improductivos.
- El personal conoce mejor los equipos. Al concentrar los conocimientos en un grupo menor de equipos, el conocimiento que los técnicos pueden tener de cada uno de ellos es mayor. Es una de las ventajas de la especialización. El rendimiento del personal directo también aumenta, al disminuir el tiempo de localización de una avería, y al estar más entrenado para unas reparaciones muy concretas.
- El control sobre el personal directo aumenta, aumentado pues el rendimiento.
- El material de repuesto está más cercano a cada uno de los equipos.

Entre las desventajas, cabe citar las siguientes:

- En general, la plantilla con un sistema descentralizado aumenta, al necesitarse personal de todas las especialidades en cada una de las zo-

nas. No sólo aumenta el personal directo, sino que también lo hace el personal indirecto.

- Hay menos personal formado para realizar el mantenimiento de un equipo.
- Aumenta, en general, el nivel de *imprescindibilidad* (hay más personal imprescindible).
- El inmovilizado en material es mayor, pues hay parte del material que está repetido (sobre todo el material genérico, el que puede ser usado en varios equipos).

Podemos decir que, en general, el rendimiento y el control aumentan con la descentralización, pero también aumenta el coste. Cuando haya zonas diferenciadas y distantes que hagan que sea necesario plantearse la posibilidad de descentralizar el Departamento de Mantenimiento, una decisión inteligente puede ser realizar la descentralización pero tratando de minimizar las desventajas. Puede ser conveniente no descentralizarlo todo, sino conservar un pequeño departamento central que abarque determinadas especialidades: instrumentación, electrónica, hidráulica, taller central, etc. Puede ser conveniente, igualmente, ubicar en cada una de las zonas únicamente el repuesto específico de las máquinas, junto con el repuesto de gran consumo. Para que disminuya el número de operarios imprescindibles, puede ser conveniente hacer rotar ocasionalmente al personal entre las distintas zonas y los distintos puestos.

6.4. MANTENIMIENTO A TURNOS ROTATIVOS

Si el 100% de las intervenciones de mantenimiento fueran programadas, el planteamiento del horario a realizar sería sencillo: en general, optaríamos por un horario cómodo para el personal, o bien un horario que no interfiriera con producción. El problema surge con el mantenimiento no programado: puede presentarse una avería imprevista en cualquier momento, afectando de una u otra manera a la producción de la planta.

A la hora de dimensionar el Departamento de Mantenimiento, debemos conocer exactamente las necesidades de producción y las consecuencias de un paro imprevisto. No solo debemos conocer las especialidades, las características y la formación que debe tener el personal de mantenimiento, sino que debemos fijar el horario que debe cubrirse.

Para fijar ese horario de presencia del personal de mantenimiento, tenemos que tener en cuenta un principio básico:

El horario del personal debe ser aquel que garantice la disponibilidad que hemos fijado para el conjunto de las instalaciones.

Es decir: debemos fijar, en primer lugar, una disponibilidad mínima para los equipos principales (los equipos críticos), y a partir de ahí dimensionar y fijar los horarios del personal, de forma que estemos en disposición de garantizar que el tiempo que permanezcan improductivos los equipos por causa de mantenimiento (averías, mantenimientos preventivos) será mínimo.

No es lo mismo, pues, establecer los horarios de trabajo en una fábrica en la que se trabaja en un solo turno de lunes a viernes (la disponibilidad requerida es de 40 horas semanales del total de 168 horas que tiene la semana), que una fábrica que trabaja a tiempo completo.

El segundo factor a considerar será el número de equipos críticos de la planta, el número de equipos que necesitan de una atención inmediata. Si este número es alto, y no tenemos alternativas ante una parada, necesitaremos que el personal de mantenimiento esté presente en el horario de producción. Si, por el contrario, el número de equipos críticos es bajo porque la mayor parte de los equipos que afectan a la producción estén duplicados, podremos plantearnos que el personal de mantenimiento no cubra toda la jornada productiva.

Un tercer factor determinante es el estado de las instalaciones. Si las máquinas son poco fiables, con pequeñas paradas continuas que afectan a la cadena de producción, el planteamiento de horarios y turnos de trabajo será diferente de una planta que tiene una fiabilidad muy alta con un índice de paradas suficientemente bajo.

El cuarto y último factor es el coste de una parada. Si las consecuencias de una parada son inadmisibles para los resultados de la empresa, tanto que no compense la disminución de coste de mantenimiento que puede tener el situar una cantidad mayor de personal, deberemos asegurar que hay personal de mantenimiento en todo momento de la producción.

Para poder estudiar las necesidades horarias a cubrir, distingamos tres casos: el de plantas de proceso continuo, que trabajan 24 horas 7 días a la semana, el de plantas que trabajan a 1 solo turno (de lunes a viernes, por ejemplo, en horario central) y un tercer caso de plantas que trabajan a más de un turno (2 o 3 turnos).

6.4.1. *Plantas de proceso continuo*

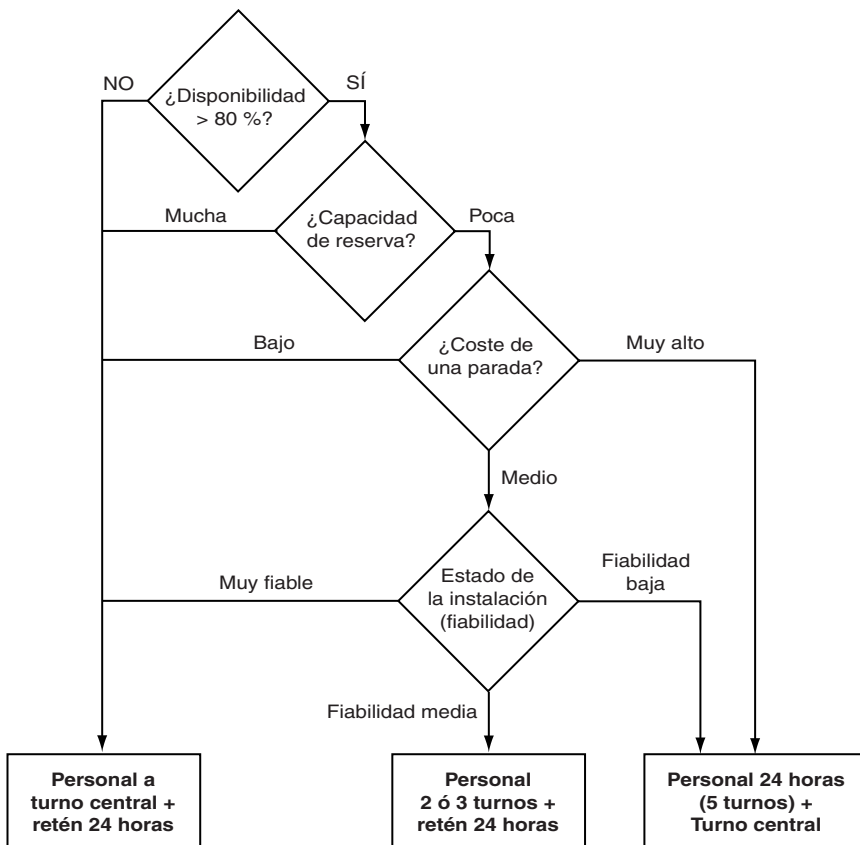
Definamos las distintas posibilidades entre las que podemos optar:

1. Un solo turno central, que trabaje de lunes a viernes a jornada partida (de 8 de la mañana a 5 de la tarde, por ejemplo).
2. Un solo turno central, pero con un servicio de retén, con personal localizable en el tiempo que en que no hay personal con presencia en la planta.
3. Más de un turno (2 o 3 turnos) con servicio de retén. Puede tratarse de 2 turnos que trabajan en jornadas de mañana y tarde 5 días a la sema-

na, 2 turnos que trabajan en horario diurno 12 horas diarias durante los 7 días de la semana²⁴, o 3 turnos que trabajan en horario de mañana, tarde y noche, 5 días a la semana.

4. Personal de mantenimiento a turno cerrado, esto es, 24 horas al día 7 días a la semana.

Veamos en el siguiente *Arbol de Decisiones* cómo deberíamos decidir cuál de estas posibilidades es más interesante en una planta de proceso continuo.



PLANTAS DE PROCESO CONTINUO

²⁴ Si se desea tener presencia de personal los 7 días a la semana en una jornada amplia, de 12 horas por ejemplo, existe un turno que cumple a la perfección este requisito: 3 días de trabajo y 3 días de descanso. De esta forma, se cubren todos los días en un horario que cubra, por ejemplo, de las 7 de la mañana a las 7 de la tarde. El total de horas semanales que hace cada operario es de 42 horas, que pueden ser abonadas como horas extras o acumuladas como días de descanso.

Las posibilidades quedan reducidas a tres, pues en una planta de proceso continuo debemos prever la posibilidad de una parada fuera del horario normal de trabajo de mantenimiento, posibilidad que no contempla la primera de las opciones (personal a un turno sin servicio de retén).

Valoramos en primer lugar la disponibilidad deseada de la planta. Si el Plan de Producción contempla que la planta debe estar productiva menos del 80% del tiempo, sabemos que dispondremos de tiempo suficiente para que, en caso de una parada, pueda acudir el servicio de retén. No será necesario por tanto tener personal de forma permanente, y será suficiente con tener personal a 1 solo turno para atender las órdenes de trabajo que se vayan generando. Es el caso de plantas de proceso continuo que están sobredimensionadas, siendo capaz de producir mayor cantidad de la que contempla el Plan de Producción. Ante una parada, hay capacidad de repuesta.

Si por el contrario, el objetivo de la planta es mayor que ese 80%, el planteamiento del horario del personal de mantenimiento necesitará que demos repuesta a las otras tres cuestiones que determinan este horario. Ese objetivo de disponibilidad es propio de plantas que tienen toda la producción vendida, y que se fijan como meta de producción *la más cercana al 100% posible*.

La segunda de las cuestiones es, como veíamos, el número de elementos críticos. Si la planta tiene todos los equipos que marcan el ritmo de la producción duplicados, la planta, a pesar del fuerte requerimiento de disponibilidad, tendrá una alta capacidad de respuesta ante una avería imprevista. No será necesario tener personal en todo momento, siendo suficiente, como en el caso anterior, con tener personal en un turno central más un servicio de retén. Si, por el contrario, el número de equipos críticos es alto, las posibilidades de un paro imprevisto que afecte a la producción son mucho mayores, por lo que debemos seguir considerando otros factores.

La tercera de las cuestiones es el coste de una parada. Es difícil poder dar un valor universal sobre este coste, pues cada empresa, dependiendo de sus características, considerará un coste alto lo que para otra empresa es considerado bajo o medio. Consideraremos un coste alto aquel que haga insignificante el coste del personal de mantenimiento; un coste medio, aquel comparable con el coste del personal; y bajo, un coste claramente inferior. En el caso de un coste bajo, la opción será un solo turno central, apoyado por un servicio de retén 24 horas. Si el coste es muy alto, será necesario personal con presencia 24 horas apoyado por un turno central. Si el coste es medio, aún debemos preguntarnos por la fiabilidad de la planta, la posibilidad de que ocurra un paro imprevisto. De esta forma, si el estado de las instalaciones es tan fiable que la experiencia demuestra que raramente se recurre al servicio de retén, y que el personal a turnos tiene un rendimiento muy bajo por falta de órdenes de trabajo en las que intervenir, de nuevo la opción interesante será trabajar a un solo turno y contar con un servicio de retén que cubra esos impre-

vistos. Si el estado de la instalación hace que hace necesaria la presencia ocasional de personal en la planta (fiabilidad media), puede ser interesante repartir el personal entre dos o más turnos, apoyados por un servicio de retén dispuesto a intervenir en cualquier momento en el que no haya presencia de mantenimiento. Si el estado de la instalación es tal que debemos recurrir constantemente al servicio de retén (fiabilidad de la instalación baja), la opción es situar personal durante 24 horas diarias, los 365 días del año (5 turnos).

De este estudio para determinar los horarios de trabajo del personal de mantenimiento obtenemos una serie de conclusiones:

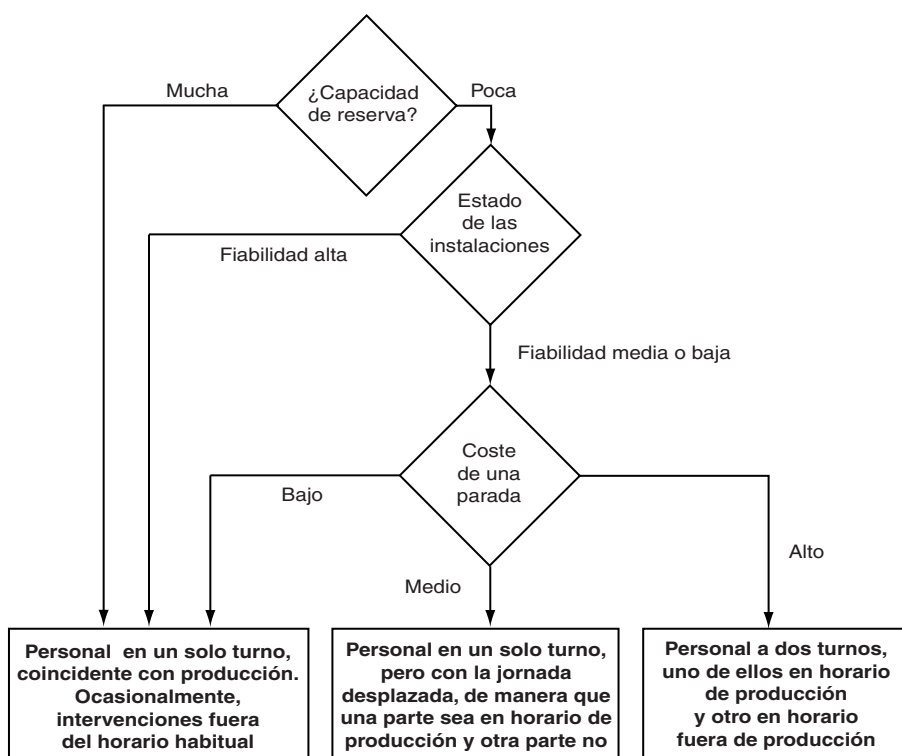
1. Sobredimensionar la planta, de manera que su capacidad de producción sea superior a lo que se necesita tiene como consecuencia, entre otras, un ahorro de costes de mantenimiento. A su vez, provoca un aumento de costes de instalación y un aumento en el inmovilizado, por lo que será conveniente valorar este punto a la hora de diseñar la planta.
2. El número de equipos críticos determina el personal de mantenimiento. Si duplicamos equipos, buscamos rutas alternativas para la producción, situamos almacenes o pulmones de producto intermedio, o aplicamos el resto de las técnicas para rebajar la criticidad de los equipos, también tendremos como consecuencia un ahorro en los costes de mano de obra de mantenimiento: necesitaremos menos horas-hombre, y estas serán más baratas, al no tener que soportar el coste adicional de la turnicidad.
3. El estado de las instalaciones también condiciona el número de turnos de trabajo. Si las instalaciones son fiables, no necesitaremos durante el tiempo productivo más que un servicio de retén, además del personal a jornada normal. Invertir en mejorar el estado de las instalaciones, invertir en fiabilización, trae como consecuencia una disminución en el coste de mano de obra de mantenimiento, además del aumento de producción que suele traer asociado.

6.4.2. Plantas con un solo turno de trabajo

Estudiemos a continuación el segundo de los casos: plantas con funcionamiento a un solo turno de trabajo. El *Árbol de Decisión* se refleja en la Figura de la página siguiente. En él podemos ver cómo el primer aspecto a valorar es la capacidad de reserva, es decir, la capacidad que tenemos de responder a una avería en forma de almacén de producto o de exceso de capacidad. Si esta capacidad es alta, con un solo turno será suficiente, coincidente además con el turno de producción. Ocasionalmente, habrá que programar intervenciones fuera de hora, y no será necesario ningún servicio de retén al no haber producción fuera del turno de trabajo.

Si la capacidad de respuesta es baja (está comprometida la producción y además no se cuenta con almacenes o depósitos), debemos preguntarnos por la fiabilidad de la instalación. Si es alta, la opción será un solo turno de trabajo. Si es media o baja, debemos preguntarnos por el coste de una parada.

Las posibilidades que analizamos son tres, como en el caso anterior: un coste bajo, un coste medio y un coste alto. Para el caso de un coste bajo, de nuevo la opción es un solo turno de trabajo. En caso de coste medio, es posible desplazar la jornada de trabajo de manera que una parte coincida con producción y otra parte no. Por ultimo, si el coste es alto, debemos estudiar la posibilidad de montar dos turnos, uno de ellos que coincida con producción y otro que no lo haga, que trabaje en un turno fuera de ese horario.

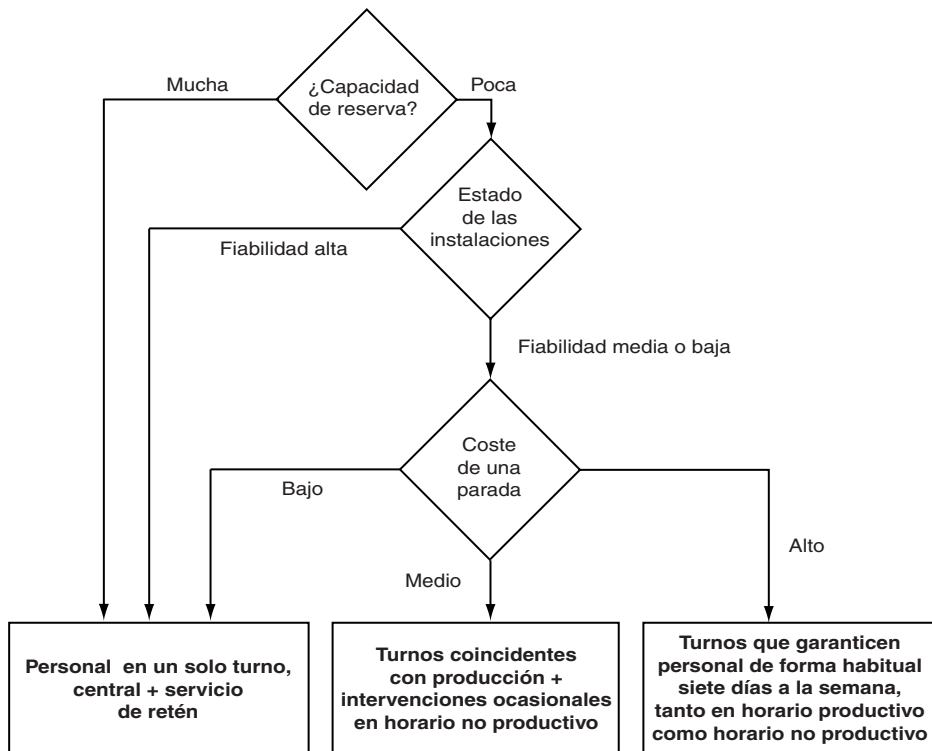


PLANTAS CON UN SOLO TURNO DE TRABAJO

- *Plantas que trabajan a dos o tres turnos*

El último caso es el intermedio, el de plantas que trabajan a dos o tres turnos. El esquema es muy parecido al anterior, con la salvedad de que puede

ser necesario tener personal de mantenimiento de forma continua, de manera que pueda garantizarse que hay personal disponible para efectuar trabajos de mantenimiento fuera del horario de producción. El *Árbol de Decisión* puede ser el siguiente:



PLANTAS PRODUCTIVAS A DOS O TRES TURNOS

6.5. ESPECIALIZACIÓN Y POLIVALENCIA

Tradicionalmente, los departamentos de mantenimiento se han dividido en tres secciones: mecánica, electricidad e instrumentación. Las actividades de estas secciones o subdepartamentos eran estancas, de manera que el campo de acción de cada una de ellas estaba perfectamente delimitado. A un mecánico no se le ocurría tocar nada que tuviera que ver con la electricidad, y para un instrumentista era desagradable mancharse las manos. Incluso, había un sistema de «castas» establecido: la élite o *jet set* del mantenimiento lo formaban los instrumentistas, la clase alta la formaban los electricistas y los me-

cánicos formaban la «plebe». A la hora de acometer la reparación de un motor, por ejemplo, el encargado de desconectarlo era el eléctrico, mientras que retirarlo de la bancada y cambiar un rodamiento era una tarea reservada al mecánico, en la que el electricista no se implicaba.

Por desgracia para los responsables de mantenimiento y para los responsables de su presupuesto, esa situación no ha cambiado mucho. En la mayoría de las grandes empresas los subdepartamentos de electricidad, mecánica e instrumentación siguen siendo estancos, observándose una mínima permeabilidad entre electricistas e instrumentistas.

Solo algunas empresas están optando por crear departamentos únicos. Pero se encuentran con dos dificultades:

- No hay personal polivalente en el mercado, y deben formarlo en el seno de la propia empresa. Los planes de formación tienen dificultades para llevarse a cabo, suelen estar mal estructurados, cuentan con bajo presupuesto, se realizan fuera del horario laboral, la asistencia es voluntaria, etc.
- El personal de mantenimiento es reacio a la polivalencia, y prefiere mantener actividades separadas. La acción sindical fomenta esta actitud.

6.5.1. Ventajas e inconvenientes de la especialización

Las ventaja más importantes de la especialización es que, al tener una parcela menor en la que centrar el aprendizaje y el entrenamiento, es posible profundizar más, y el conocimiento que se tiene de los equipos es más exhaustivo. Esta es la ventaja de la especialización en general: se puede conocer más a fondo algo si el ámbito es menor.

Entre los inconvenientes estarían los siguientes:

- En intervenciones que requieren de varias especialidades, el rendimiento disminuye. Una tarea estará compuesta por varias subtareas, algunas de las cuales serán eléctricas y otras mecánicas, por ejemplo. La espera de un especialista durante el tiempo en que otros estén trabajando hará que el rendimiento del personal disminuya (unos trabajan mientras otros esperan a que esos acaben).
- Aumenta el número de personas imprescindibles. Cuanto mayor especialización haya, mayor será el número de personas únicas que realizan una serie de tareas específicas en las que no hay nadie más con la formación y entrenamiento necesarios.
- Aumenta el número de operarios que se necesitan en el departamento de mantenimiento, sobre todo en pequeñas y medianas empresas.

6.5.2. *El fomento de la polivalencia. La polivalencia como táctica para la optimización*

La polivalencia de un operario de mantenimiento es la antítesis de la especialización. Significa la posibilidad de que un operario de mantenimiento pueda intervenir en tareas de diversa índole relacionadas con mantenimiento. La polivalencia total significaría que un operario de mantenimiento pudiera intervenir en cualquier reparación de cualquier naturaleza dentro de la empresa.

Fomentar la polivalencia soluciona los inconvenientes que encontramos en la especialización: disminuye el número de personas imprescindibles (más personas formadas para un número mayor de tareas), aumenta el rendimiento, y permite disminuir el número de recursos humanos del departamento de mantenimiento.

Los resultados económicos de la polivalencia son tan favorables que hoy en día cualquier empresa que quiera reducir sus costes (es decir, casi todas las empresas) debe planteársela como medio para conseguir este objetivo.

Una pregunta que nos surge cuando intentamos plantear la polivalencia es cómo efectuar la transición desde una situación de especialización hacia una donde los operarios de mantenimiento puedan efectuar múltiples funciones. Los pasos que debemos dar son los siguientes:

1. *Identificar tareas exclusivas.* Son tareas exclusivas aquellas que solo realizan un número muy pequeño de operarios.
2. *Identificar tareas susceptibles de ser realizadas por personal de otras especialidades.* No todas las tareas pueden ser realizadas por cualquier operario (algunas necesitan una alta formación y un periodo largo de entrenamiento para ser desarrolladas con eficacia), pero otras muchas pueden ser realizadas por cualquier operario con un periodo de formación mínimo. Es el caso de determinadas mediciones, de la desconexión de un motor o de trabajos de soldadura de poca envergadura.
3. *Desarrollar un Plan de Formación* que incluya entrenamiento en la realización de tareas que se consideren exclusivas y en aquellas tareas que se consideren susceptibles de generalizarse.
4. *Realizar ese Plan de Formación.* Por supuesto, no sólo debemos quedarnos en la fase de diseño del plan, sino que debemos establecer recursos y plazos necesarios para realizarlo, y llevarlo a cabo.
5. *Redactar procedimientos de trabajo e instrucciones técnicas.* Si todas las actividades que realiza el departamento estuvieran adecuadamente procedimentadas, con instrucciones y procedimientos claros y entendibles por cualquier operario (a veces llamados *guía-burros*), la *exclusividad*, la *especialización* y la *imprescindibilidad* no serían un problema. La redacción de este tipo de documentos garantiza que

- cualquier operario dispondrá en todo momento de la información necesaria para realizar cualquier tarea.
6. *Primar económicamente la polivalencia.* Si se revierte en los propios operarios una parte del ahorro que supone para la empresa tener personal polivalente, se consigue motivar al personal a que opte por la no-especialización. Es importante que, para que tenga algún efecto, debe figurar en su nómina como un plus complementario por polivalencia, en vez de aumentar el grueso salarial principal.
 7. *Crear categorías en función de la polivalencia.* Determinadas empresas que han optado por la polivalencia han establecido una diferencia entre el personal formado en varias especialidades y el personal especializado. La categoría más alta corresponde al personal polivalente. Este aumento de categoría puede tener o no una repercusión económica.
 8. *Seleccionar al personal de nueva incorporación con la condición de ser polivalente.* Para llevar a efecto esta forma de fomento de la no-especialización, tan solo es necesario que al nuevo personal se le exija entre las condiciones para su contratación tener conocimiento y/o experiencia en diversas especialidades.

6.6. FLEXIBILIDAD

En un departamento de mantenimiento ideal, la carga de trabajo es constante a lo largo del año. Todas las intervenciones son programadas, y están uniformemente repartidas, de forma que el número de horas/hombre dedicadas a mantenimiento es constante mes a mes. El personal de mantenimiento es, pues, constante.

Lo habitual, en cambio, no es eso. La carga de trabajo es fluctuante, y presenta puntas en determinadas épocas del año, alternadas con momentos de baja actividad. Las puntas de trabajo se presentan sobre todo en las grandes revisiones (paradas o intervenciones programadas en equipos importantes) o en hechos fortuitos de gran alcance²⁵.

La pregunta que debe hacerse un responsable de mantenimiento es cómo debe dimensionar su plantilla si la carga de trabajo es variable.

Una de las posibilidades es dimensionarla de acuerdo a los momentos en que la carga de trabajo es mínima. Cuando esta carga aumenta, se puede recurrir a la subcontratación, a utilizar personal de otros departamentos (sobre todo de producción) para la realización de tareas poco especializadas, o a la

²⁵ Un derrame de «caldo» o hierro fundido en una empresa siderúrgica puede provocar el aumento puntual de la plantilla de mantenimiento de más de 100 personas, para devolver la empresa a la normalidad en el mínimo plazo posible.

realización de horas extraordinarias por la plantilla habitual. Dimensionarla así hará que la plantilla sea flexible.

La segunda posibilidad, la más extrema, es no tener plantilla de mantenimiento habitual, y contratar exclusivamente la que se necesita en cada momento. Esto hace que la plantilla tenga la máxima flexibilidad.

La última posibilidad es dimensionar la plantilla de acuerdo a una media de carga de trabajo. A veces habrá que recurrir a aumentar la disponibilidad de horas/hombre de alguna de las formas indicadas en el caso anterior (otros departamentos, subcontratación, horas extraordinarias); otras veces (cuando la carga de trabajo sea baja) tendremos rendimientos menores, por desocupación de la plantilla o por utilización de ésta en tareas improductivas. Esta forma de dimensionar la plantilla es rígida, y tendrá poca capacidad de respuesta ante puntas de trabajo inesperadas e ineficacias en periodos de baja actividad.

Ventajas y desventajas de la flexibilidad

Con lo expuesto hasta ahora, parecería lógico pensar que una plantilla flexible es más interesante que una plantilla rígida. Pero dimensionar la plantilla cuando la carga de trabajo es fluctuante es un aspecto a estudiar detenidamente.

Las ventajas que tiene una plantilla flexible (dimensionada de acuerdo a los momentos de más baja actividad, y que aumenta su disponibilidad de horas/hombre solo cuando se necesita) es que se consigue optimizar el coste: se gasta más cuando hay más trabajo, y el rendimiento de la plantilla no se ve afectado en periodos de baja actividad.

Los inconvenientes, no obstante, son tan importantes como las ventajas:

- El personal que se incorpora ocasionalmente no conoce la planta con tanta profundidad como el personal habitual.
- El rendimiento del personal ocasional es menor, ya que no conocen las instalaciones, los talleres, dónde están los medios o los materiales que pueden necesitar, no conocen los problemas habituales de los equipos, etc.
- Si la forma elegida para aumentar la disponibilidad de recursos humanos es la subcontratación, habitualmente la hora/hombre del personal subcontratado es más cara que la hora/hombre de la plantilla habitual.
- El coste de las horas/extras también es habitualmente más caro que el de las horas normales.
- El personal ocasional tiene más posibilidades de sufrir accidentes que los operarios habituales, ya que estos tienen un conocimiento menor sobre los peligros y los riesgos de la instalación.

La flexibilidad de la plantilla de mantenimiento debe ser contemplada como una posibilidad de optimización, pero tiene sus riesgos. El mayor de ellos es que no sólo no consigamos reducir el gasto en mantenimiento, sino que aumentemos este disminuyendo a la vez la calidad del servicio.

Por tanto, siempre que sea posible es recomendable distribuir homogéneamente la carga de trabajo a lo largo de todo el año. Cuando no lo sea, es conveniente estudiar en cada caso si conviene más una situación rígida o una flexible, estudiando una a una las ventajas e inconvenientes de tal decisión.

6.7. MOTIVACIÓN

El personal de mantenimiento es personal algo más complicado que el personal de producción o el administrativo. Tiene unas características peculiares que deben ser tenidas en cuenta a la hora de decidir la política de gestión de este personal.

En primer lugar, este personal no es fácilmente sustituible. No es fácil ir al mercado laboral y encontrar técnicos con formación y experiencia en los equipos concretos de nuestra instalación. Por tanto, el personal de mantenimiento es un personal al que debemos reclutar, formar y mantener en la empresa.

En segundo lugar, el nivel de tensión es más alto que en otros departamentos, pues mantenimiento suele estar en el centro de los problemas de una fábrica²⁶. Cuando sucede un incidente, como una parada de máquina, una emergencia, etc., es mantenimiento el encargado de su resolución, en el tiempo más breve posible. Esto genera nervios, tensión, y *estrés*.

En tercer lugar, entre el personal de mantenimiento suele existir mayor nivel de competencia entre compañeros que en otros departamentos; juzgan a menudo el trabajo realizado por los otros, y establecen su propio *ranking* de valía, que incluso puede ser diferente de unos operarios a otros.

Todo esto hace que el personal de mantenimiento, como decíamos, sea distinto, y necesite un tratamiento especial.

Una de las claves de su rendimiento está indudablemente en su motivación. Al personal de mantenimiento no se le debe exigir ni imponer. No se puede dirigir a los operarios dedicados a mantenimiento *con un látigo*²⁷, ni se les puede pedir que no piensen y que solo trabajen (al estilo Tayloriano²⁸). En

²⁶ Hay quien dice que «Mantenimiento es ese mal necesario que no por ser necesario deja de ser un mal».

²⁷ Con un látigo, con imposiciones estrictas, se puede conseguir fácilmente que este personal esté a su hora, que acuda rápidamente a una máquina, que no abandone su puesto antes de su hora; pero que trabaje con eficacia es algo que hay que ganarse.

²⁸ Taylor, uno de los primeros autores de teorías de Organización Industrial, sostenía que el personal directo no debe pensar, sino solo trabajar de forma mecánica. Henry Ford, con

cambio, el personal motivado acabará antes una tarea, pondrá su inteligencia y su saber-hacer²⁹ al servicio de los intereses de la empresa y no tendrá el mismo volumen de tiempos perdidos que el personal que acude diariamente a su trabajo sin más objetivo que hacer lo mínimo para que no le despidan.

6.7.1. *Hechos que motivan al personal de mantenimiento*

- Que sus opiniones sean escuchadas.
- Que cuando solicita algo que necesita se la facilite con rapidez. El técnico de mantenimiento necesita ver eficacia a su alrededor. Si no lo ve, él mismo caerá en la ineficacia, pensando que a nadie le importa.
- Notar que la empresa le considera un trabajador valioso, y no un simple número.
- Que sus mandos le tratan con respeto.
- Que la cantidad de dinero que gana le permite cubrir sus necesidades, y que comparativamente con otros departamentos, en su salario están considerados tanto su nivel de especialización como las condiciones de tensión habituales en mantenimiento.

6.7.2. *Algunas formas de motivar al personal de mantenimiento*

- Escuchar sus sugerencias. Establecer un sistema que permita documentar y evaluar sus propuestas de mejora, tanto de la instalación como de la organización del departamento.
- Darle formación, y si es posible, durante su jornada laboral. Un técnico (sobre todo si es joven) es una persona ávida de nuevos conocimientos, de desarrollar nuevas destrezas.
- Interesarse de manera periódica por las dificultades de su trabajo. Saber si tiene todo lo que necesita en cuanto a ropa, herramientas, medios técnicos, repuestos; conocer de su propia voz los riesgos de su trabajo; conocer las condiciones del taller, horarios, etc.

6.7.3. *Hechos que desmotivan al personal*

- Errores administrativos en el cálculo de nóminas, cómputo de horas, pluses, retrasos en el pago de salarios, y cualquier circunstancia que afecte económicamente al trabajador.

un pensamiento perfectamente acorde con las teorías de Taylor, se quejaba a menudo de que «cuando pedía dos manos para trabajar éstas le venían con un cerebro».

²⁹ Know-How, en inglés.

- Adquirir compromisos con este personal que después no se cumplan. Estos compromisos pueden ser de cualquier naturaleza: económicos, compromisos para adquirir determinados medios.
- No resolver con rapidez sus necesidades respecto al trabajo, en una consulta técnica, en la adquisición de un material, etc.
- Que el volumen de trabajo sea muy superior al personal disponible para realizarlo.
- Que el trabajo esté mal organizado.
- Que las averías sean siempre las mismas, y no se haga nada para cambiar esta situación.
- La inseguridad sobre su futuro profesional, sobre todo en momentos de reajuste de plantillas.
- Dirigirse a él habitualmente de forma brusca y poco respetuosa.
- Sancionarle, ya sea por causas procedentes o improcedentes. En este sentido, antes de imponer una sanción hay que tener en cuenta el efecto que tendrá ésta sobre su moral.
- No tener apoyo cuando se encuentra ante una avería que no es capaz de resolver.
- No tener en cuenta sus opiniones, ignorar sus quejas.
- Que su superior se aproveche de sus sugerencias para presentarlas como propias ante otras personas de la organización.

6.7.4. *Qué hacer ante un operario desmotivado*

Como decíamos, un operario desmotivado tiene un rendimiento muy inferior a un operario motivado, con el mismo nivel de preparación. Es posible, incluso, que un operario motivado con pocos conocimientos sea más útil que un operario muy preparado, pero absolutamente desmotivado.

Si nos encontramos con un técnico de mantenimiento con moral baja, que ha perdido el interés por la empresa y por su trabajo, podemos hacer tres cosas: tratar de reconducir su situación para que recupere la ilusión por su trabajo, despedirle o invitarle a que abandone la empresa.

Para reconducir su situación, hemos de investigar las causas de su desmotivación. Si entre las causas encontramos errores que ha cometido la empresa, podemos intentar solucionar estas causas demostrándole efectivamente que las cosas han cambiado. En estos casos, mejor hechos que promesas. Así, si la causa de su desmotivación está en la ineficacia de la mano de obra indirecta para planificar los trabajos, conseguir materiales, etc., podemos investigar estas causas, y tomar cartas en el asunto redistribuyendo funciones o reorganizando algunas áreas. Puede ser también que no tenga razón en su queja, ante lo cual deberemos mostrarle la razón de su error de apreciación. Es posible que las causas de su estado de ánimo estén fuera de la empresa (si-

tuación familiar, situación económica, etc.), ante lo cual lo único que podremos hacer es darle ánimos o mostrarle nuestra solidaridad.

Si no es posible reconducir la situación, las opciones son el despido o la invitación al cese voluntario. El despido puede argumentarse en relación a su bajo rendimiento, pero hemos de tener en cuenta la dificultad para demostrar este bajo rendimiento ante una posible demanda por despido improcedente.

Por último, la invitación al cese voluntario puede hacerse de manera incentivada, ofreciendo al trabajador una cierta indemnización, o convenciéndole para que abandone la empresa voluntariamente sin más.

6.8. PROCESOS ADITIVOS: LA CONTRATACIÓN DE PERSONAL

Cuando se ha iniciado un proceso de cambio en el departamento, han cambiado las necesidades de la planta o se han producido bajas inesperadas, tendremos necesidad de adicionar personal a la plantilla de mantenimiento.

La contratación de personal debe seguir un proceso que asegure que la incorporación va a ser exitosa. Los pasos de ese proceso son los siguientes: reclutamiento de candidatos, proceso de selección, entrevista final, periodo de prueba y periodo de adaptación. Consideraremos que el proceso de contratación ha tenido si éxito si, una vez completados todos los pasos, conseguimos que el personal contratado desempeñe su puesto con el nivel de exigencia debida y que permanezca en la empresa el tiempo que necesitamos.

6.8.1. *El reclutamiento*

El primer paso para incorporar personal al departamento de mantenimiento es reclutar candidatos. Suele decirse que una mala selección puede hacerse con un buen reclutamiento, pero que si los candidatos reclutados no son buenos, es imposible que la selección sea exitosa.

Por ello, hemos de lograr, en primer lugar, captar el máximo de individuos para el puesto en cuestión. Los medios para la captación de candidatos son diversos: base de datos de la empresa, candidaturas espontáneas recibidas con anterioridad, anuncios en prensa, relaciones de conocimiento o amistad con personal relacionado con la empresa, y anuncios en Internet.

De todos ellos, la forma más novedosa es la captación de candidatos a través de Internet. Determinadas empresas (de las denominadas *puntocom*) ofrecen gratuitamente la posibilidad de colocar ofertas de empleo en sus páginas, sin más requisito que aportar una serie de datos. Estas empresas ofrecen también algunos servicios de pago, como destacar anuncios, insertar publicidad, etc.

La respuesta a estos anuncios es desigual: los puestos de ingenieros y técnicos titulados reciben una cantidad enorme de respuestas, mientras que los profesionales relacionados con oficios no suelen responder a este tipo de anuncios. La razón es doble. Por un lado, hay en el mercado laboral un gran número de recién titulados en busca de empleo, frente a una carencia muy grande de profesionales relacionados con determinados oficios (torneros, fresadores, soldadores). Por otro, el acceso a Internet de los primeros es mucho más alto que los segundos. Por todo ello, Internet es un buen medio de reclutamiento en el caso de querer contratar técnicos titulados y personal joven con poca experiencia.

Para otros casos, son más interesantes otras opciones de reclutamiento. Los anuncios en prensa deportiva suelen tener una respuesta más que aceptable, sobre todo colocada determinados días de la semana (los lunes, antes o después de algún acontecimiento deportivo importante, etc.).

En esta fase de reclutamiento es necesario hacer una preselección de candidatos, eligiendo de entre los que hayan contestado a nuestros anuncios o aquellos que consideremos candidatos en potencia, aquellos que en principio puedan reunir las condiciones exigidas. De esta manera, de entre los candidatos debemos desechar los siguientes:

- Aquellos cuyas expectativas económicas superen lo que la empresa está dispuesta a pagar.
- Aquellos que no reúnan los requisitos académicos mínimos que se exijan.
- Aquellos que no tengan la experiencia deseada.
- Aquellos que residan a una distancia que pueda suponer un problema para el desempeño de su trabajo. Hay muchos trabajadores dispuestos a cambiar su lugar de residencia, pero muchos de ellos lo están por no conocer exactamente los gastos que supone. Una vez el trabajador comprueba estos gastos, un porcentaje importante causa baja voluntaria en la empresa, con los trastornos que ello supone. En otros casos, el trabajador está dispuesto a trasladar su residencia durante algún tiempo, hasta encontrar algo interesante cerca de su domicilio habitual. Estos aspectos hay que tenerlos en cuenta antes de preseleccionar al candidato.

Es importante preseleccionar al menos tres candidatos que reúnan los requisitos exigidos antes de continuar el proceso de selección.

6.8.2. La selección: pruebas

Las pruebas que deben realizar los candidatos para poder saber si el personal reclutado reúne los requisitos que requiere el puesto, son diferentes, dependiendo del puesto que se quiera cubrir.

No obstante, hay una serie de aspectos que son comunes que debemos conocer independientemente del puesto a cubrir:

1. *Conocimientos técnicos sobre el puesto a cubrir.* Tendremos que diseñar una serie de pruebas, test, exámenes, o preguntas que deban contestar los candidatos, antes de iniciar el proceso. Estas pruebas nos permitirán saber cuáles son los conocimientos técnicos que el candidato posee en relación a su puesto.
2. *Disponibilidad horaria.* Hay puestos que requieren trabajo a turnos rotativos, o trabajos en fines de semana, horarios muy amplios (dedicación exclusiva), o posibilidad de prolongar la jornada sin previo aviso para atender problemas urgentes. Es conveniente cerciorarse de que la disponibilidad horaria que ofrece el candidato coincide con la que necesitamos.
3. *Aspectos de su personalidad.* Comprobar que el candidato tiene los conocimientos necesarios no es suficiente para asegurar que la incorporación será exitosa. Es necesario establecer si su personalidad está acorde con lo que el puesto requiere. Para ello, debemos conocer otros aspectos, como son:
 - Capacidad de aprendizaje.
 - Inteligencia, visión espacial, abstracción, resistencia a la fatiga, etc.
 - Polivalencia.
 - Reacciones ante determinadas situaciones.

Existen test psicológicos y psicotécnicos que nos permiten establecer con cierto rigor estos puntos. Es conveniente seleccionar las baterías de test aplicables en cada caso, asesorándose por personal especializado.

Otros rasgos de su personalidad que será conveniente estimar serán:

- Compatibilidad de caracteres con el resto de los integrantes del departamento.
- Compatibilidad con su jefe directo.
- Ambiciones.
- Fidelidad a la empresa.

A diferencia de los rasgos anteriores, no hay test específicos pensados para determinar cada uno de estos aspectos, siendo la intuición del seleccionador la que mejor puede establecer estos términos. Es importante que se tenga en cuenta que es necesario determinar y valorar cada uno de estos puntos.

4. *Conocimiento de idiomas.* Cada día, el conocimiento de uno o varios idiomas es más necesario para desempeñar un puesto de trabajo rela-

cionado con mantenimiento. Los equipos no siempre se fabrican en el país en el que se instalan, siendo necesario a veces recurrir a los servicios técnicos del fabricante para poder solucionar averías o problemas complejos, o incluso, para poder explicar a un técnico especializado que esté ocurriendo. Además, puede ser interesante intercambiar información con otras plantas que tengan los mismos equipos, que pueden ser del mismo u otros países. Por todo ello, es conveniente asegurarse de que parte de la plantilla posee conocimientos en idiomas, e incluso es recomendable que en el conjunto de la plantilla haya varios técnicos que hablen inglés, al menos uno que hable francés y otro que hable alemán, como idiomas más comunes en el mundo del mantenimiento. Por todo ello, aunque el Plan de Formación contemple cursos en idiomas extranjeros, al menos a las nuevas incorporaciones debiera exigírseles (o al menos considerar este aspecto como valorable positivamente en el proceso de selección) el conocimiento de otros idiomas.

5. *La remuneración deseada.* Es importante conocer las expectativas económicas del candidato. El hecho de que acepte la remuneración que ofrece la empresa no garantiza que el candidato, una vez incorporado, vaya a permanecer en el puesto el tiempo que la empresa necesite o haya pactado con él. Cuando la diferencia entre la remuneración deseada por el candidato y la que la empresa está dispuesta a ofrecer es pequeña, es fácil encontrar el acuerdo. Cuando la diferencia es grande, la empresa debe plantearse si lo que ofrece está en relación con lo que el mercado en general está ofreciendo para puestos de las mismas características. Si la empresa no está dispuesta a revisar este punto, es mejor buscar otro candidato con otras expectativas económicas.

Es muy importante que en el proceso de selección participen, además de personal especializado en gestión de personal, sus mandos directos. Si lo que buscamos es asegurar que el proceso de incorporación sea exitoso, es imprescindible implicar al mando inmediatamente superior y otros que puedan verse afectados, en el proceso de selección, asegurando que estos dan su visto bueno al candidato. Solo así lograremos la implicación del mando en el proceso de adaptación y lograremos la aceptación del seleccionado.

- *La selección: la entrevista final*

A este punto solo llegará un candidato por puesto vacante. Es el momento de definir las condiciones. Para ello, es conveniente fijar una entrevista final con el candidato seleccionado, en el que se le explicarán todos los detalles de la incorporación:

- Sus funciones.
- Su posición en el organigrama del departamento.
- Todo lo que se espera de él, indicándole, si es posible, la forma en que valoraremos el desempeño de su puesto.
- El tipo de contrato.
- La fecha de incorporación.
- La duración del periodo de prueba.
- Sus retribuciones por todos los conceptos.
- La evolución de su contrato en el tiempo, si es que se ha establecido³⁰.

Es muy conveniente, en este punto, que no se prometa nada al trabajador que no se esté en condiciones de asegurar que se cumplirá. Si esto sucede, realizar una promesa sobre el futuro de su puesto que después no llega a materializarse, el hecho será causa de insatisfacción y de desmotivación en el trabajador.

Si las dos partes, empresa y trabajador, están perfectamente de acuerdo en todos los extremos, debe procederse a formalizar el contrato de trabajo de acuerdo a las normativas vigentes.

6.8.3. Tipos de contratos

Las normativas que regulan la contratación de personal varían con frecuencia, por lo que determinados tipos de contratos vigentes en un momento dado pueden no estarlo en otros, y haberse creado a la vez nuevas formas de contratación.

No obstante, las formas más usuales de contratación son las siguientes:

- *Contrato en prácticas*. Se realiza con un trabajador que ha finalizado recientemente una formación oficial. Tiene ciertas ventajas fiscales y de cotización para la empresa contratante.
- *Contrato a tiempo parcial*. Este tipo de contrato no cubre todas las horas anuales establecidas por convenio colectivo del sector. La reducción puede ser en la jornada (por ejemplo, trabajando solo 4 horas diarias), reducción horaria a lo largo del mes o en el computo total de horas trabajadas. Estos contratos, a su vez, pueden ser de duración determinada o de duración indefinida.
- *Contrato de duración determinada*. Son contratos en que la duración está establecida de antemano, aunque se establece la posibilidad de prórrogas. Según la actual legislación española, los contratos de

³⁰ Por ejemplo, si se contrata al trabajador con un contrato temporal, indicarle si este contrato puede ser indefinido en algún momento y cuándo se tomará esa decisión.

duración determinada (también denominados contratos temporales) están restringidos a una duración muy corta, lo que dificulta cubrir los puestos habituales de mantenimiento con este tipo de contratos.

- *Contrato por obra o servicio determinado.* Cuando se ha de realizar un trabajo concreto del que no se conoce con exactitud la duración, puede establecerse un contrato de trabajo referido a esa tarea, en vez de referirlo a su duración. Son contratos muy útiles en caso de montajes y de proyectos muy concretos que puedan definirse con facilidad.
- *Contrato indefinido.* Es el contrato natural en el departamento de mantenimiento. El personal de mantenimiento debe estar en continua formación, aprende con la experiencia, y debe, por consiguiente, ser un personal estable.

6.8.4. Empresas especializadas en selección de personal

Determinadas empresas especializadas en Recursos Humanos, ofrecen servicios de selección de personal. El coste es razonable, y suele estar en función del sueldo que se ofrece al candidato.

Estas empresas realmente se ocupan de la primera fase: el reclutamiento de candidatos y su preselección, eliminando de entre los candidatos reclutados, aquellos que evidentemente no cumplen los requisitos. En la mayor parte de los casos, no disponen de conocimientos ni técnicas suficientes para continuar el proceso de selección. Estas empresas ofrecen una serie de candidatos, normalmente de 3 a 5, para que la empresa continúe el proceso de selección.

En general, se recurre a ellas por desconocimiento de las técnicas de reclutamiento, o por falta de tiempo para realizar una meticulosa selección.

En realidad, es muy cuestionable que una empresa dedicada a la selección de todo tipo de personal pueda realizar la selección de personal de mantenimiento con garantías de éxito. El éxito dependerá, no del trabajo de la empresa de selección, sino del propio trabajo al elegir de entre los candidatos propuestos. Un psicólogo, un trabajador social, un abogado, no tienen los conocimientos técnicos suficientes como para distinguir un buen candidato de uno no tan bueno, distinguir entre quién sabe hacer un trabajo y quién dice que sabe hacerlo.

En caso de recurrir a estas empresas, deberíamos conocer cómo van a realizar el proceso de selección. La empresa de selección debería explicar cuáles son los test que van a realizar, cuáles son los criterios de selección que van a usar y cuáles los aspectos que van a valorar. Todo ello pueden indicarlo en la oferta que realicen.

6.8.5. El periodo de adaptación

Una vez superadas todas las pruebas de selección y aceptadas por ambas partes las condiciones de incorporación, se formaliza el contrato de trabajo y el personal seleccionado comienza su actividad.

Con un buen proceso de selección aún no hemos garantizado que la incorporación será exitosa. Al incorporar un nuevo miembro a la organización debería establecerse cómo va a realizarse el proceso de «aterrizaje». Al nuevo contratado habrá que explicarle al menos:

- El proceso productivo.
- Las instalaciones.
- Las normas de seguridad.
- Todos los procedimientos de trabajo que puedan afectarle.
- Las normas no escritas (lo que se denomina habitualmente *cultura de empresa*).
- Las tareas que deba realizar y que no conoce.

Es muy habitual (demasiado) que este proceso de incorporación o *aterrizaje* no esté institucionalizado, no exista un procedimiento que deba seguirse en la incorporación de nuevo personal. Lo habitual es situar a los nuevos técnicos u operarios al lado de uno que lleve bastante tiempo y que ese individuo se encargue de la formación. Este sistema tiene la ventaja de que los mandos no tienen que preocuparse ni de establecer un sistema para la incorporación ni preocuparse por el nuevo individuo. Periódicamente, preguntarán a la persona a la que se le ha encargado la tarea de la formación del nuevo personal que tal va, que opinión le merece, y basándose en esa información, se decidirá sobre su continuidad tras el periodo de prueba.

Pero este sistema no es el óptimo. Las desventajas son las siguientes:

- Se perpetúan los malos vicios y las costumbres equivocadas.
- El personal encargado de llevar a cabo la misión de incorporar al nuevo miembro de la organización no es experto ni ha recibido nunca formación sobre cómo debe llevarla a cabo.
- ¿Qué ocurre si esta persona está desmotivada o desencantada con la empresa? Indudablemente, que transmitirá su desmotivación.

No podemos dejar una parte tan importante en la contratación de un nuevo miembro como el proceso de incorporación en manos de cualquiera si lo que queremos es garantizar el éxito del proceso. La empresa debería tener establecidos una serie de mecanismos estándar para las nuevas incorporaciones. Estos mecanismos debería contemplar:

- *Formación genérica sobre la planta y el proceso*

Puede redactarse un documento que sirva de guía para esta formación. Este documento puede contener datos históricos sobre la planta (cuándo se construyó, capacidad inicial, n.º de operarios iniciales y actuales), sobre el proceso productivo (qué se produce, cómo se produce, dónde se produce y cuánto se produce), sobre la organización (organigrama funcional), etc.

Este documento debe ser común a cualquier nueva incorporación, no importa a qué departamento se refiera.

Puede optarse por entregar el documento al nuevo personal, u organizar una sesión en la que, además de entregársele el documento, se le explique este en detalle. Esta segunda opción garantiza su lectura.

- *Formación sobre el departamento de mantenimiento*

Al nuevo incorporado habrá que explicarle cuales son las bases del mantenimiento en la planta; cuales son los equipos críticos, y los principales problemas que suelen tener; cómo se solicitan herramientas y útiles; qué debe hacer para que se le faciliten repuestos y materiales que pueda necesitar; cómo se le comunicará y organizará su trabajo; cómo debe documentar su actividad; cómo debe proceder si desea presentar propuestas de mejora, etc.

- *Formación en seguridad*

Ningún operario debería trabajar en una planta industrial sin haber recibido una formación mínima inicial sobre los riesgos de su trabajo y sobre las medidas que debe adoptar para minimizar estos riesgos.

- *Formación sobre cada una de las tareas a realizar*

Lo ideal sería listar todas las tareas que tiene que llevar a cabo y realizar una formación específica en cada una de ellas. En esto, son de gran ayuda los «procedimientos», y es una de las razones más por las que el departamento de mantenimiento debe redactar procedimientos para la realización de cada una de las tareas más habituales.

Al menos, los problemas más habituales de su trabajo sí deberían recibir un tratamiento especial, y ser objeto de una o varias sesiones concretas.

EJEMPLO 6.1

PROCESO DE SELECCIÓN

En las páginas siguientes se detalla la documentación utilizada para realizar el proceso de selección de un Jefe de Mantenimiento para una planta química. El proceso de reclutamiento se realizó colocando un anuncio en una página Web dedicada a la búsqueda de empleo³¹. El texto de la oferta fue el siguiente:

Empresa: Empresa de ámbito nacional.

Sector: Químico.

Puesto: Jefe de Mantenimiento.

Características del puesto: El candidato deberá gestionar el mantenimiento integral de una planta petroquímica, con un equipo de mantenimiento a su cargo de 20 personas.

Requisitos: Ingeniero Técnico Industrial rama eléctrica o electrónica, con al menos 2 años de experiencia en trabajos relacionados con mantenimiento. Debe hablar y escribir correctamente inglés. Se valorarán conocimientos en calidad y seguridad.

Remuneración económica: según valía del candidato y experiencia aportada.

En 15 días que se mantuvo la oferta, contestaron 116 candidatos. De todos ellos, se desearon:

- Aquellos que no reunían los requisitos establecidos.
- Aquellos que tenían su residencia a más de 100 km. de la planta.
- Aquellos cuyas pretensiones económicas estaban por encima de lo que la empresa se había marcado como tope.

Tras desechar esas candidaturas, de los 116 reclutados se preseleccionó a 8 de ellos. No fue posible contactar con uno, otros dos ya habían encontrado trabajo, y se citó a los otros cinco candidatos para realizar una entrevista de selección. Las entrevistas, de 45 minutos de duración, tuvieron como guión el documento de las páginas siguientes, en el que se valoró:

- Su experiencia.
- Sus conocimientos técnicos.
- Idiomas y conocimientos informáticos.
- Conocimientos en calidad, seguridad y medioambiente.
- Sus dotes de mando.

³¹ En concreto, se utilizó la de la empresa Infojobs, www.infojobs.net

Solo dos candidatos superaron el proceso de selección. De entre ellos, el personal implicado en la selección optó por uno de ellos. Las personas implicadas en el proceso fueron las siguientes:

- Director de la planta.
- Director de producción.
- Coordinador, que se encargó del proceso de reclutamiento, de contactar con los candidatos, de preparar las entrevistas y de conducirlos.

ENTREVISTA CON CANDIDATO

PUESTO: JEFE DE MANTENIMIENTO

FECHA Y HORA DE LA ENTREVISTA:

NOMBRE:

EDAD:

TITULACIÓN:

EXPERIENCIA LABORAL

___ Producción: _____ años
 ___ Mantenimiento: _____ años
 ___ Otros: _____ años

___ Montaje: _____ años
 ___ Calidad: _____ años
 ___ Diseño: _____ años

VALORACIÓN GLOBAL(0-10): _____

Contratación:

___ Recomendada
 ___ Recomendada, pero con dudas
 ___ No recomendada

Valoración de la Experiencia:

Descripción de las actividades realizadas:

CONOCIMIENTOS TÉCNICOS

MECÁNICA (Preguntas a realizar):

Composición de una caja de herramientas.

Indicar marcas de elementos neumáticos

Indicar marcas y/o tipos de rodamientos.....

Valoración de la respuesta:

Valoración de la respuesta:

Valoración de la respuesta:

ELECTRICIDAD:

Indicar el mantenimiento de un cuadro eléctrico

Valoración de la respuesta:

ELECTRONICA-INSTRUMENTACIÓN

Indicar todos los tipos de sensores que conozca	Valoración de la respuesta:
Explicar el proceso de calibración de un medidor de presión	Valoración de la respuesta:
Programa de PLC (puesta en marcha y paro de un motor)	Valoración de la respuesta:

IDIOMAS

Comprobar, mediante conversación, el nivel de Inglés:	
Comprobar otros idiomas (francés y alemán):	Valoración de la respuesta:

CONOCIMIENTOS DE CALIDAD

Explicar qué es un Manual de Calidad.
 Explicar la diferencia entre Manual de Calidad, Procedimientos e Instrucciones Técnicas.
 Redactar un procedimiento para el cambio de rueda de un automóvil.

Valoración de los conocimientos de calidad:

CONOCIMIENTOS EN SEGURIDAD

Explicar los Equipos de Protección Individual de conoce	Valoración de la respuesta
Explicar qué es un Plan de Seguridad	Valoración de la respuesta
Explicar qué es una Evaluación de Riesgos	Valoración de la respuesta
Indicar los principales riesgos del trabajo de mantenimiento	Valoración de la respuesta

MANDO SOBRE UN EQUIPO HUMANO

Explicar cómo actuaría en las siguientes situaciones:

1.—Un operario está subido a una torre de alta tensión, sin guantes y sin cinturón de seguridad. Qué hacer.

Validez de la respuesta:	Seguridad al dar su respuesta
<input type="checkbox"/> No válida (respuesta estúpida)	<input type="checkbox"/> Seguro
<input type="checkbox"/> Respuesta coherente	<input type="checkbox"/> Inseguro
<input type="checkbox"/> Respuesta muy acertada	

2.—Un operario se queda dormido en su puesto de trabajo a las dos de la mañana, y el Jefe de Mantenimiento, que ha acudido casualmente, le sorprende. Cuál sería la actuación correcta por parte del Jefe de Mantenimiento.

Validez de la respuesta:	Seguridad al dar su respuesta
<input type="checkbox"/> No válida (respuesta estúpida)	<input type="checkbox"/> Seguro
<input type="checkbox"/> Respuesta Coherente	<input type="checkbox"/> Inseguro
<input type="checkbox"/> Respuesta muy acertada	

3.—La misma situación anterior, pero el operario es del Comité de Empresa. Qué hacer.

Validez de la respuesta:	Seguridad al dar su respuesta
<input type="checkbox"/> No válida (respuesta estúpida)	<input type="checkbox"/> Seguro
<input type="checkbox"/> Respuesta Coherente	<input type="checkbox"/> Inseguro
<input type="checkbox"/> Respuesta muy acertada	

4.–Tu jefe directo te dá una orden, pero si se cumple al pie de la letra, se corre el riesgo de perder 3.000 EUR (500.000 pts). Qué hacer.

Validez de la respuesta:

- ☐ No válida (respuesta estúpida)
- ☐ Respuesta Coherente
- ☐ Respuesta muy acertada

Seguridad al dar su respuesta

- ☐ Seguro
- ☐ Inseguro

PRESUPUESTOS

Calcular el presupuesto para el mantenimiento de un edificio. Explicar el proceso seguido.

VALORACIÓN DEL CANDIDATO

Puntos fuertes

<input type="checkbox"/> Experiencia	<input type="checkbox"/> Capacidad de aprendizaje
<input type="checkbox"/> Conocimientos mecánicos	<input type="checkbox"/> Dotes de mando
<input type="checkbox"/> Conocimientos eléctricos	<input type="checkbox"/> Conocimientos en seguridad
<input type="checkbox"/> Conocimientos instrumentación	<input type="checkbox"/> Conocimientos en Calidad
<input type="checkbox"/> Idiomas	<input type="checkbox"/> Conocimientos en Medio Ambiente

Puntos débiles

<input type="checkbox"/> Experiencia	<input type="checkbox"/> Capacidad de aprendizaje
<input type="checkbox"/> Conocimientos mecánicos	<input type="checkbox"/> Dotes de mando
<input type="checkbox"/> Conocimientos eléctricos	<input type="checkbox"/> Conocimientos en Seguridad
<input type="checkbox"/> Conocimientos instrumentación	<input type="checkbox"/> Conocimientos en Calidad
<input type="checkbox"/> Idiomas	<input type="checkbox"/> Conocimientos en Medio Ambiente

Necesidades de formación que se estiman

Curso básico de Mantenimiento	Gestión económica de contratos
Electricidad	Ingeniería de Mantenimiento
Curso de mecánica	Otros:
Curso de instrumentación y control	

Periodo de formación estimado hasta que sea productivo:

- ☐ 1 mes
- ☐ 3 meses
- ☐ 6 meses
- ☐ mas de 6 meses

VALORACIÓN GLOBAL:	CALIFICACIÓN DE 1 A 10:
CONTRACCIÓN:	<input type="checkbox"/> RECOMENDADA <input type="checkbox"/> RECOMENDADA pero con dudas <input type="checkbox"/> NO RECOMENDADA

6.9. PROCESOS SUSTRATIVOS: REDUCCIÓN DE LA PLANTILLA

En los procesos de optimización y de cambio, nos encontramos a menudo con la necesidad de prescindir de los servicios de determinadas personas o de una parte del personal. Esta necesidad puede surgir por diversos motivos:

- Optimización de la plantilla. Tras un estudio de las necesidades de personal, puede ocurrir que el número de personas que necesitamos para hacer frente al mantenimiento de una instalación sea inferior al que existe.
- Necesidad de una disminución de costes. A veces no se constata la necesidad de reducir personal, pero por razones de mercado o de la situación de la empresa, puede requerirse una disminución de costes que haga que la plantilla deba replantearse.
- Desaparición de un puesto. Puede ocurrir que un puesto determinado que en principio se consideraba necesario deje de serlo, y se decida que otra persona o departamento asuma sus funciones.
- Procesos de *Outsourcing* (externalización). Este tipo de procesos, en los que el mantenimiento de toda la planta o de una parte de ella pasa a ser gestionado por una empresa exterior, pueden necesitar de la disminución de plantilla propia.
- La empresa desea prescindir de los servicios de una determinada persona, por razones económicas, laborales, de rendimiento, de adaptación, etc.

En todos estos casos, se hace necesario estudiar las diferentes opciones que tiene la empresa para prescindir del personal sobrante.

6.9.1. *Despido*

La primera de las opciones es despedir al trabajador. Si se trata de personal eventual, con contratos de duración definida o de obra o servicio, el trá-

mite es sencillo: esperar a que concluya la obra o servicio o que finalice el plazo de contratación.

En el caso de contratos de duración indeterminada (contratos indefinidos o «fijos») es algo más complicado. Cuando la legislación en materia laboral es proteccionista, (en España lo es), existen ciertas trabas para despedir al trabajador. Finalmente, se reduce a una cuestión de coste: cuanto mayor antigüedad y mayor sueldo tenga el trabajador, mayor será la indemnización. Indemnizando con la cantidad adecuada el problema se resuelve fácilmente. En muchas ocasiones, la cantidad con la que se debe indemnizar al trabajador es alta, lo que constituye una traba para su despido (razón por la que existe esa indemnización, por otro lado).

En otras ocasiones, el despido puede ser debido a razones disciplinarias, lo que no conduce a indemnización si la empresa demuestra de forma fehaciente la existencia de estas razones disciplinarias (falta grave). La dificultad consiste en demostrar que efectivamente existe la causa, pues ante la duda, un juez social siempre dará la razón al trabajador, considerando el despido improcedente y dando lugar a la correspondiente indemnización.

El despido, por otro lado, puede generar conflicto social con los representantes sindicales del trabajador, con lo que el despido de un trabajador con contrato indefinido, sin más, suele ser el último recurso, antes de haber agotado otras vías para conseguir el cese de la actividad del trabajador en el departamento de mantenimiento.

6.9.2. *Bajas incentivadas*

Una alternativa razonable suele ser proponer al trabajador una indemnización determinada si abandona voluntariamente el puesto de trabajo. En algunos casos la indemnización es superior a la que correspondería a un despido improcedente, pero la empresa decide dar una cantidad adicional para evitar un conflicto social.

6.9.3. *Solicitud de baja voluntaria*

Esta forma poco ética de proceder a la eliminación de plantilla de un trabajador consiste en provocar en él el deseo de que abandone la empresa. Las tácticas, reprobables, son muchas:

- Desmotivar al trabajador.
- Retirarle cualquier incentivo económico voluntario que estuviera percibiendo.
- Enviarle a un puesto de trabajo poco agradable.

- Cambiarle el horario de trabajo, de forma de su vida personal se complique.
- Trasladarle geográficamente, aún sin necesidad.
- Etc.

6.9.4. *Cambio de departamento*

Otra de las soluciones más recurridas es cambiar a la persona o personas que se desea que dejen de prestar sus servicios en Mantenimiento a otro departamento. En muchas ocasiones, el departamento al que va a parar es el de Producción, que generalmente tiene unas necesidades mayores de personal. La incorporación de personal de mantenimiento en producción tiene varias ventajas: no supone conflicto social, ya que se respetan los empleos, no da lugar a indemnizaciones y, además, el nuevo personal de producción puede atender muchos de los problemas habituales de los equipos de producción a su cargo. Tiene también algunos inconvenientes: el personal transferido puede ver el cambio como un castigo, su rendimiento será bajo, estará desmotivado, etc.

6.9.5. *Jubilaciones anticipadas*

Otro de los recursos habituales de las empresas para reducir plantilla de forma no traumática son las jubilaciones anticipadas. Realmente, estas pretendidas jubilaciones no son otra cosa que despidos indemnizados (bajas incentivadas), pero con la salvedad de que el personal tiene una edad próxima a la de jubilación.

La empresa le ofrece una indemnización que cubre:

- El despido.
- Una compensación económica por el dinero que dejará de percibir durante la jubilación por haber dejado de cotizar antes de la edad establecida.

6.9.6. *Expediente de Regulación de Empleo (ERE)*

Cuando el número de empleados del que se desea prescindir es alto, puede ser interesante solicitar un Expediente de Regulación de Empleo ante la autoridad laboral competente. Para ello hay que aportar a la Administración, además de una serie de documentación, unas razones objetivas, perfectamente argumentadas y documentadas que demuestren la necesidad de esta reducción de plantilla.

Caso de aceptarse el ERE, la empresa tendrá la obligación de indemnizar a los trabajadores, pero con una cantidad menor que la que correspondería por un despido improcedente.

6.10. BASE DE DATOS DEL PERSONAL

Los datos relevantes el personal deben ser registrados en la Base de Datos de Personal. Esta base de datos puede ser informática o puede ser en soporte papel, mediante fichas o documentos similares. Puede ser como las del resto del personal de la empresa, o pueden ser específicas para el Departamento de Mantenimiento.

Entre los datos que deberían figurar en esta base de datos estarían los siguientes:

- *Datos personales* (nombre, DNI, n.º de empleado, edad, dirección actualizada, teléfonos de contacto, nombres de las personas con las que ponerse en contacto en caso de ser necesario, tallas de ropa y calzado).
- *Datos Seguridad Social*: N.º Asegurado, grupo tarifa, bases de cotización, bajas por enfermedad, accidentes, % absentismo.
- *Experiencias profesionales anteriores*: Debe indicarse al menos el nombre de las empresas en que ha estado, actividad de cada una de ellas, fechas de ingresos y bajas, causa de las bajas, puestos ocupados, descripción del puesto y, si es posible, remuneración.
- *Formación académica*: En este apartado deben relacionarse todas las titulaciones expedidas por organismos oficiales, indicando institución, duración y fechas en que se han cursado estos estudios.
- *Cursos anteriores*: Deben detallarse todos los cursos realizados y acreditados por el individuo al que se refiere la ficha de personal.
- *Conocimiento de idiomas*: Debe indicarse cada uno de los idiomas que se conoce, y el nivel en lectura, escritura, traducción y conversación.
- *Formación recibida en la empresa*: Debe reflejarse toda la formación recibida desde la incorporación del individuo a la empresa, indicando nombre de los cursos, duración en horas y fechas de realización.
- *Cargos ocupados en la empresa*: Fecha de ingreso, puesto, especialidad, categoría laboral, promociones (especificando nivel y fechas) y traslados (funcionales y /o territoriales).
- *Polivalencia*: Este punto debe ser un detalle de todas las habilidades desarrolladas por el individuo en las diversas especialidades de mantenimiento, indicando cuál es el nivel alcanzado en cada una de ellas.
- *Valoración de actitudes*: Deben detallarse las actitudes más destacables de cada operario.

Los archivos que contienen datos personal están siendo objeto de nuevas leyes y normativas que los regulan³². Cuando se confecciona el archivo de personal es necesario conocer en detalle lo que marcan estas leyes y normativas, poniendo especial cuidado en el tratamiento que se le da a esta información, las personas que tienen acceso, etc.

6.11. PLANES DE FORMACIÓN

6.11.1. *Necesidad de establecer un Plan de Formación*

Cuando contratamos un nuevo operario de mantenimiento, tratamos de que este tenga una formación acorde al puesto a cubrir. No obstante, cada planta es un mundo diferente, por lo que, por muy alta que sea la formación de partida de cada operario, siempre debemos diseñar un plan para adecuar los conocimientos y entrenamiento de toda la plantilla a las necesidades de la planta.

Una forma de acometer la formación es que el personal más antiguo forme al personal que se incorpora. Esta forma de proceder está muy extendida, tanto en mantenimiento como en cualquier otro departamento de la empresa, pero no es la más eficaz. La forma más rápida y precisa de conseguir que el personal tenga la formación que se necesita es diseñar un plan de Formación en el que se estudien las necesidades del departamento para un periodo determinado (generalmente un año).

En el Plan de Formación debemos indicar los siguientes datos:

- Cursos y sesiones que forman el plan.
- Referencia de cada curso.
- Personas que deben recibir cada uno de ellos.
- Duración de los cursos.
- Nombre de los monitores, y si estos son internos (personal de la propia empresa) o externos (monitores contratados para realizar los cursos).
- Fecha y lugar de realización.

³² La actual normativa española sobre bases de datos de carácter personal regula el derecho de acceso, modificación, y cancelación de estos datos por parte de las personas a las que afecta. También regula en qué condiciones pueden ser cedidos estos datos a terceros. Estas bases de datos, que pueden ser en soporte informático o en cualquier otro soporte, deben tener un responsable, que garantice el estricto cumplimiento de la legalidad, y sobre el que recaen las acciones judiciales en caso de incumplimiento.

6.11.2. Cursos genéricos

Para aumentar los conocimientos generales del personal en el área de mantenimiento hay una serie de cursos genéricos que habitualmente están presentes en muchos de los Planes de Formación de este departamento.

Algunos de estos cursos genéricos son los siguientes:

- Curso de Mecánica básica para electricistas.
- Curso de Electricidad básica para mecánicos.
- Curso básico de Instrumentación.
- Curso de Lubricación.
- Curso de Neumática.
- Curso de Hidráulica.
- Curso de Alineación por comparadores.
- Curso de Alineación por Láser.
- Curso de Análisis de Vibraciones.
- Curso de Soldadura básica.
- Curso de Rodamientos.
- Curso de Transmisión de movimiento.
- Etc.

Algunos de ellos están pensados para fomentar la polivalencia del personal (curso de Mecánica básica, curso de Electricidad básica). Otros, para que adquieran conocimientos de algún área de mantenimiento que pueda serles necesarios (curso de Neumática, Hidráulica, Lubricación). Finalmente, habrá otros que les formarán en el manejo de determinadas herramientas (anализador de vibraciones, equipo de soldadura, alineamiento por láser, manejo de torno, fresadora, etc.).

6.11.3. Cursos específicos

Los cursos específicos son cursos útiles en una única planta o instalación. Es formación concreta en la planta a mantener y, en general, no es trasladable a otras plantas.

En algunos casos se refiere a formación en el manejo y mantenimiento de equipos especiales; en otros casos es formación en equipos genéricos pero de una marca o fabricante concreto.

Algunos ejemplos pueden ser los siguientes:

- Curso de mantenimiento de calderas de un tipo determinado.
- Curso de mantenimiento de compresores de una marca determinada.
- Curso de programación y manejo del Sistema de Control Distribuido de un fabricante concreto.
- Etc.

6.11.4. Formación en Procedimientos de Trabajo

Una de las formas de optimización en mantenimiento es trabajar con Procedimientos de Trabajo, en los que se indiquen detalladamente cada una de las tareas a realizar, los materiales y herramientas necesarios, las precauciones a tener en cuenta, los ajustes y comprobaciones que debemos realizar para asegurar que el trabajo ha quedado correctamente terminado, etc.

Muchas empresas se lanzan a la redacción de procedimientos e instrucciones técnicas que acaban siendo papel almacenado en carpetas, perfectamente limpias y ordenadas y que son capaces de impresionar a una visita (por ejemplo, de un auditor de calidad). Pero después los operarios no los utilizan, y realizan las tareas según su mejor saber y entender.

Una de las claves para lograr implantar de manera efectiva un procedimiento de trabajo es dar una formación específica en ese procedimiento. Suele ser suficiente una sesión breve de 1 o 2 horas, en el que se explique al personal que debe llevar a cabo la tarea descrita en el procedimiento su contenido, el detalle de cada una de las actividades a llevar a cabo, las precauciones, etc.

Es importante listar todos los procedimientos de trabajo operativos, todos los que realmente se desee implantar, y preparar una sesión formativa por cada procedimiento para el personal implicado en su realización.

6.11.5. Sesiones breves (1-3 horas)

Son sesiones en las que se estudia una instalación, una red, un aspecto concreto de una máquina, etc.

Algunos ejemplos pueden ser los siguientes:

- Estudio del diagrama unifilar de la planta.
- Estudio de la red de tuberías de aire comprimido.
- Lista de averías de una máquina determinada.
- Etc.

6.11.6. Documentando el Plan de Formación

El conjunto de cursos y acciones formativas componen el Plan de Formación. Para documentarlo convenientemente es necesario preparar los siguientes documentos:

- Fichas de Cursos. En cada ficha deberán indicarse las características del curso o sesión a impartir, indicando nombre del curso, su código, objetivos a alcanzar, monitores que lo imparten, material necesario,

lugar donde se realiza, fecha propuesta, duración, n.º máximo de personas que pueden recibirlo simultáneamente, y cualquier otro dato que se considere de interés. Un ejemplo de esta ficha se adjunta en este capítulo.

- Listado de cursos. Es una hoja resumen que contiene todos los datos de interés del total de los cursos, agrupados de la manera más conveniente (por meses, por especialidades, por tipos, etc.). Un ejemplo de este listado se adjunta en este capítulo.
- Listado de personal. Este listado tiene forma de matriz. Las filas lo componen los nombres del personal de mantenimiento, y las columnas son las referencias de los cursos. Marcaremos con una X aquellos cursos que deba recibir cada operario, como se indica en el ejemplo adjunto.
- Fichas de personal. Estas fichas contendrán los datos generales de cada operario del departamento, la formación que tenía al llegar a la empresa y la formación que ha recibido desde su contratación.

Por último, en los informes periódicos de mantenimiento deberemos indicar el número de horas total dedicadas a formación, su proporción sobre el total de horas trabajadas en el departamento y el total de horas previstas de formación a lo largo del año.

Con toda esta información, las acciones formativas estarán perfectamente documentadas.

EJEMPLO DE LISTADO DE CURSOS

Código	Nombre del curso	Monitor	Horas	Fecha	Lugar	Operarios	Total horas
G1	Curso de Electricidad Básica para mecánicos	Interno	24	Mayo	Sala Formación	15	336
G2	Curso de frío industrial	Externo	24	Junio	Sala Formación	1	24
G3	Curso de alineación por láser	Externo	16	Mayo	Taller	5	80
G4	Curso de análisis de vibraciones	Interno	16	Julio	Taller	7	112
G5	Curso de reparación de bombas centrifugas	Interno	40	Enero	Taller	6	240
G6	Curso de Neumática	Interno	16	Febrero	Sala Formación	4	48
G7	Curso de Mecánica básica para electricistas	Interno	16	Mayo	Taller	6	96
G8	Curso de Oleohidráulica	Interno	24	Marzo	Sala Formación	6	72
E1	Curso de Programación de PLC's marca XX	Interno	48	Marzo	Sala Formación	6	288
E2	Curso de calderas acotubulares	Externo	40	Marzo	Sala Formación	6	240
E3	Curso de mantenimiento de compresores RXY	Externo	60	Octubre	Externo	6	360
E4	Curso de Programación del Sistema de Control Distribuido	Externo	20	Septiem.	Externo	4	80
E5	Curso de manejo de hornos	Externo	20	Junio	Planta	6	120
E6	Curso de calibración de transmisores	Interno	16	Junio	Planta	5	80
E7	Curso de mant. de controladores neumáticos	Interno	16	Octubr	Planta	2	32
S1	Estudio del diagrama unifilar de la planta	Interno	3	Enero	Sala Formación	5	15
S2	Procedimiento de cambio de filtros en turbina	Interno	3	Febrero	Planta	3	9
S3	Procedimiento para la realización de mantenimiento preventivo de calderas	Interno	2	Febrero	Sala Formación	3	6

6.12. OTRAS FORMAS DE OPTIMIZACIÓN

En los puntos anteriores hemos visto algunas formas de optimización: estudio del organigrama más conveniente, polivalencia, flexibilidad de la plantilla y motivación. Todas estas formas hacen aumentar considerablemente el rendimiento de la plantilla de mantenimiento, pero existen además otras formas de optimización.

6.12.1. *Diferenciación de actividades (montaje, modificaciones, apoyo a producción)*

Sobre el departamento de mantenimiento recaen habitualmente no solo las tareas propias de este departamento, sino que en muchas plantas industriales se asigna a este personal la realización de otras actividades.

La adquisición de nuevos equipos se realiza a veces sin contratar su instalación, ocupándose de ésta Mantenimiento. El trabajo habitual queda en un segundo plano, y una parte de la plantilla es asignada a esta nueva instalación. Esta forma de actuar tiene algunas ventajas: el personal de mantenimiento conoce desde el primer día la instalación, los problemas de la puesta en marcha, cada una de las conexiones, tuberías, etc.

Pero también tiene indudables inconvenientes: una parte de la ocupación de la plantilla serán las nuevas instalaciones. La empresa busca en ello un ahorro económico, tratando de economizar en la adquisición del nuevo equipo, pero se sobrecarga innecesariamente de trabajo el departamento de mantenimiento y, por tanto, puede hacer aumentar su plantilla. Cuando la carga de trabajo extra desaparece, la plantilla estará sobredimensionada e infrautilizada, hasta que aparezca una nueva instalación.

Por otro lado, las nuevas instalaciones acostumbran a ser más importantes para la dirección de la empresa que las actividades rutinarias, por lo que el mantenimiento preventivo pasa a un segundo plano. El mantenimiento programado, en general, se desatiende.

Las modificaciones también suelen ser trabajo encargado a Mantenimiento. De nuevo tiene sus ventajas: muchas de ellas son propuestas por el propio personal de mantenimiento y, por tanto, las conocen bien. Al realizar las modificaciones, conocen cuál ha sido el resultado, los problemas que han surgido y cómo ha quedado la instalación finalmente. Pero de nuevo aparecen los mismos inconvenientes que antes: son cargas de trabajo esporádicas, que desestabilizan el trabajo rutinario y que, de convertirse en habituales, hacen aumentar la plantilla.

La forma de optimizar en estos casos es subcontratar los trabajos esporádicos y realizar con la plantilla habitual el mantenimiento rutinario. Las actividades de mantenimiento pueden repartirse de manera que la carga sea lo

más constante posible, y dimensionar la plantilla con respecto a esa carga. Hacer que el departamento de mantenimiento «cargue» además con los trabajos propios del Ingeniería de la planta a medio y largo plazo hace aumentar el gasto, pues hace aumentar la plantilla y hace que se descuide el mantenimiento rutinario.

Existe un caso más en el que Mantenimiento realiza funciones que no le son propias: el apoyo a las actividades de producción. Es muy habitual que el departamento de mantenimiento se ocupe de las siguientes funciones:

- Cambio de moldes.
- Modificaciones de parámetros de máquinas.
- Instalaciones provisionales (iluminaciones provisionales, instalación de ventiladores portátiles, etc.).

Estas funciones se realizan, además, con el personal de producción «parado», inactivo, hasta que el personal de mantenimiento termina su trabajo. *La optimización en este caso supone formar al personal de producción en actividades que le son propias*, dejando al personal de mantenimiento libre de tal carga de trabajo.

- *Reducción del personal indirecto*

El personal indirecto es, por definición, improductivo. Por tanto, todas las actividades que realizan son susceptibles de optimización.

Al plantearnos la reducción del personal indirecto, debemos plantear en primer lugar el estudio de todas las actividades que realiza este personal indirecto.

Algunas de ellas, las más susceptibles de ser optimizadas, son las siguientes:

- *Reuniones.* Siguiendo modelos japoneses, el número de reuniones en las empresas ha crecido sensiblemente. Se ha mejorado enormemente la comunicación dentro de la empresa, pero a costa de aumentar los tiempos improductivos de todos los departamentos. El número y duración de las reuniones debe limitarse al mínimo imprescindible, con duraciones establecidas de antemano, tratando de evitar las reuniones de carácter rutinario (reunirse solo cuando sea necesario, no por costumbre).
- *Redacción de informes.* El número de informes debe ser mínimo, y deben recoger únicamente información valiosa para la toma de decisiones. Es preferible que puedan generarse automáticamente a partir de los datos introducidos en el sistema de información.

- *Recogida de datos, e introducción en el sistema informático.* La mayor parte de los datos referidos a mantenimiento pueden recogerse sin necesidad de destinar personas específicamente a esta función. Deben buscarse sistemas y métodos que permitan la recogida de estos datos de forma automática (conexión directa con los equipos, órdenes de trabajo con códigos de barras, etc.).
- *Distribución de tareas entre el personal.* Repartir el trabajo entre el personal, asignar prioridades y comprobar la ejecución de las tareas son trabajos que habitualmente realizan los mandos intermedios de mantenimiento (jefes de equipo, jefes de brigada, etc.). El número de estos mandos intermedios debe ser mínimo y es aconsejable que dediquen solo una parte de su tiempo a estas labores indirectas. Es necesario estudiar el reparto de trabajo, de manera que pueda hacerse a una hora determinada del día, con sistemas que hagan llegar las órdenes de trabajo a los operarios de mantenimiento sin necesidad de que los mandos intermedios se las entreguen en mano (buzones, casillas).
- *Preparación de materiales.* Es posible agilizar la preparación de materiales con un sistema de almacén que permita la localización de los repuestos que se necesiten en un tiempo muy corto. Para ello es necesario estudiar adecuadamente la gestión de materiales y repuestos.
- *Gestión de órdenes de trabajo.* Muchas empresas han burocratizado excesivamente el sistema de gestión de órdenes de trabajo, desde que se generan hasta que se cierran, sin darse cuenta de que todo este trabajo burocrático no genera ningún beneficio y, en cambio, genera ineficacias. El sistema seguido ha de ser ágil, que implique a pocas personas, que recoja la información estrictamente necesaria, ni más ni menos, y que permita realizar un seguimiento de la evolución de la carga de trabajo. Todo esto es posible hacerlo sin generar una cantidad excesiva de papel y sin dedicar una cantidad de tiempo grande a esta actividad.

Realizadas estas mejoras, es posible reducir significativamente el personal indirecto. Pero recordemos que primero es necesario reducir las tareas improductivas, y después acometer una reestructuración de este personal indirecto

- *Centralización de determinado personal*

En grandes empresas, con zonas claramente diferenciadas, es muy común crear departamentos de mantenimiento completamente independientes. Esta

forma de actuar, que tiene algunas ventajas, duplica estructura, personal indirecto y hace que determinado personal con un alto nivel de especialización esté infrautilizado.

Una forma de optimizar en estas empresas es crear un departamento central que englobe determinados especialistas que, en cada una de las plantas por separado, no tendrían cubierta toda su jornada. Algunas de estas especialidades susceptibles de ser centralizadas son las siguientes:

- Soldadores.
- Especialistas en Hidráulica, en empresas en las que la hidráulica es una especialidad importante.
- Electricistas de Alta Tensión.
- Personal dedicado en exclusiva a la realización de tareas de mantenimiento predictivo (análisis de vibraciones, termografías, etc.).

• *Comprobación continua de rendimientos*

El rendimiento, como hemos visto en el apartado dedicado a Calidad en Mantenimiento, puede comprobarse de tres formas:

- Seguimiento de operarios, determinando en cada una de sus tareas el tipo de actividad y calculando el porcentaje de tareas productivas frente al de tareas improductivas.
- Estimación a partir del número de órdenes de trabajo realizadas en un periodo determinado.
- Estimación a partir del tiempo estándar de resolución de un conjunto de órdenes de trabajo según tablas de tiempos frente al tiempo real empleado en resolverlas.

Una forma de optimización consiste en evaluar constantemente el rendimiento global de la plantilla, identificando:

- Diferencias de productividad entre operarios, determinando las razones de los altos y los bajos rendimientos.
- Momentos de la jornada más y menos productivos.
- Conjunto de actividades improductivas que pueden ser evitadas o disminuidas.

• *Subcontratación*

Muchas empresas optan por contratar a empresas externas una parte o todo el departamento de mantenimiento. En general, con esta forma de actuar se persiguen dos objetivos:

- Disminuir costes.
- Aumentar la calidad de servicio, respecto al que se recibe del departamento propio.

Siendo estos los objetivos principales, hay otra serie de ventajas en la subcontratación:

- Se mejora la flexibilidad de la plantilla, sobre todo en puntas de trabajo.
- Se mejora el control sobre los trabajos. En muchas ocasiones es más sencillo el control sobre un contratista que sobre el personal de la plantilla habitual.
- Determinadas empresas especializadas en mantenimiento industrial, además de aportar mano de obra, aportan conocimientos y métodos de trabajo que suponen un valor añadido.
- Se externaliza no solo mano de obra y gestión, sino que también se externaliza riesgo. Determinados tipos de contrato hacen que el contratista asuma las consecuencias de su gestión. Así, si se trata de un contrato de mantenimiento integral, todo el coste de mano de obra.

- *TPM*

El TPM (*Total Productive Maintenance*) es un tipo de gestión de mantenimiento basado en la implicación del personal de producción en el mantenimiento de los equipos. Esta mayor implicación se traduce en que las tareas de mantenimiento básicas y la solución de pequeños problemas corre por cuenta del personal que normalmente opera los equipos.

Las tareas que se delegan en este personal son las siguientes:

- Limpieza.
- Lubricación.
- Reapriete de tornillos.
- Comprobación, lectura y registro de parámetros.
- Resolución de pequeñas averías.

Uno de los proyectos de optimización de mantenimiento que puede iniciar una empresa es la implantación del TPM en su departamento de producción. Los objetivos que se alcanzan con esta implantación son los siguientes:

- Se consigue que el operario que trabaja habitualmente en una máquina se implique en su trabajo, se comprometa con su cuidado y aprenda a conocerla mejor.

- Se consigue en la mayor parte de los casos una reducción muy importante en el número de averías e incidencias en los equipos.
- Se consigue una disminución del consumo de repuesto.
- Se consigue la disminución de la cantidad de personal adscrita al departamento de mantenimiento.

Una buena implementación de TPM consigue, pues, una reducción de costes, un aumento de producción y un aumento en la disponibilidad de los equipos.

Calidad en mantenimiento

7.1. QUÉ SIGNIFICA CALIDAD EN MANTENIMIENTO

La Calidad en la fabricación de tornillos tiene un significado sencillo de entender. Significa fabricar tornillos que alcancen las especificaciones marcadas a un coste que permita obtener el beneficio deseado a la empresa que los produce. Cuando hablamos de Calidad en el servicio que presta un restaurante nos referimos a la satisfacción que provoca en el cliente el conjunto de alimentos y servicios disfrutados (decoración, amabilidad, etc) en relación al dinero pagado, o dicho de otra forma, al cumplimiento de las expectativas del cliente en lo que recibe en relación a lo que tiene que abonar por ello.

Cuando nos referimos a Calidad en mantenimiento, es conveniente definir con exactitud a qué nos estamos refiriendo. Por Calidad en Mantenimiento debemos entender lo siguiente:

MÁXIMA DISPONIBILIDAD AL MÍNIMO COSTE

Si desmenuzamos este ambicioso objetivo en pequeñas metas menores, nos encontramos que *Máxima Disponibilidad al Mínimo Coste* significa, entre otras cosas:

- Que dispongamos de mano de obra en la cantidad suficiente y con el nivel de organización necesario.
- Que la mano de obra esté suficientemente cualificada para acometer las tareas que sea necesario llevar a cabo.
- Que el rendimiento de dicha mano de obra sea lo más alto posible.
- Que dispongamos de los útiles y herramientas más adecuadas para los equipos que hay que atender.
- Que los materiales que se empleen en mantenimiento cumplan los requisitos necesarios.
- Que el dinero gastado en materiales y repuestos sea el más bajo posible.

- Que se disponga de los métodos de trabajo más adecuados para acometer las tareas de mantenimiento.
- Que las reparaciones que se efectúen sean fiables, es decir, no vuelvan a producirse en un largo periodo de tiempo.
- Que las paradas que se produzcan en los equipos como consecuencia de averías o intervenciones programadas no afecten al Plan de Producción y, por tanto, no afecten a nuestros clientes (externos o internos).
- Que dispongamos de información útil y fiable sobre la evolución del mantenimiento que nos permita tomar decisiones.

Estudiemos cada uno de estos puntos de forma detallada.

7.2. CALIDAD Y MANO DE OBRA

En lo referente a mano de obra, acabamos de ver que identificamos Calidad con cuatro aspectos: cantidad, organización, cualificación y rendimiento.

En lo referente a la cantidad, un departamento de mantenimiento adecuadamente dimensionado es aquel que no tiene personal esperando a que se produzca una avería para intervenir. También lo es aquel que es capaz de responder ante un problema imprevisto con una celeridad acorde a su importancia. Por tanto, es necesario dimensionar el departamento de manera que lleguemos a un compromiso entre la disponibilidad de operarios para intervenir de manera inmediata, cuyo exceso nos provocaría un derroche de recursos, y la disponibilidad de equipos, cuya parada podría provocarnos pérdidas económicas por la imposibilidad de cumplir el plan de producción. Derroche de recursos, frente a pérdidas de producción.

En lo referente a la organización, un departamento de mantenimiento bien organizado es aquel en el que las diversas funciones están adecuadamente distribuidas. Es aquel en el que las responsabilidades de las personas y los cargos están perfectamente definidos. Es aquel que tiene una estructura suficiente y que ha creado los cargos necesarios para responder a las necesidades del departamento, con el mínimo de personal.

En cuanto a la cualificación, un departamento de mantenimiento de calidad es aquel cuyo personal está lo suficientemente cualificado para realizar las tareas habituales. Es aquel que identifica las necesidades y elabora un Plan de Formación en el que se tienen en cuenta tanto la cualificación actual de sus miembros como la cualificación deseable.

En lo referente a rendimiento, calidad en mantenimiento significa dedicar el mínimo tiempo posible a tareas improductivas, definiendo como tales todas aquellas que no suponen la intervención directa en un equipo. Las tareas improductivas más habituales son las siguientes:

- Traslados del operario de mantenimiento desde el taller al equipo en el que tiene que intervenir.
- Tiempo dedicado al diagnóstico de averías.
- Preparación de materiales y herramientas.
- Tiempo que transcurre entre la hora en que un operario se incorpora a su puesto y el momento en que comienza el primer trabajo del día.
- Tiempo que transcurre desde que el operario acaba su último trabajo y el momento de acabar su jornada.
- Tiempo de exceso que un operario dedica a descansos, sobre el tiempo que realmente debiera dedicar.
- Tiempo de exceso entre el tiempo en que realmente realiza una tarea y el tiempo que debiera haber utilizado en realizarla.
- Tiempo de espera para recibir una orden de trabajo, un permiso para intervenir, la parada, el enfriamiento o la despresurización de una máquina.

También son tareas improductivas las siguientes:

- El trabajo realizado por todo el personal de mantenimiento que no interviene en los equipos: Jefe de Mantenimiento, Encargado, Planificador, Preparador, administrativos, responsables de seguridad, etc. (también llamado personal indirecto, mano de obra indirecta, o MOI).
- Tiempo dedicado a la redacción de informes, documentación de intervenciones, cumplimentación de partes de trabajo, partes de horas, etc., del personal directo (mano de obra directa o MOD).

Cuando calculamos el rendimiento, debemos diferenciar entre rendimiento de la mano de obra indirecta (que es 0% por definición), rendimiento de mano de obra directa y el rendimiento global. Más adelante veremos qué métodos tenemos para calcular el rendimiento del personal.

7.3. CALIDAD Y MATERIALES

Cuando hablamos de la relación existente entre la calidad de servicio del departamento de mantenimiento y los materiales que se emplean, intuitivamente pensamos que nos referimos al empleo de materiales de calidad, pero el concepto es más amplio.

Por supuesto que también nos referimos a que los materiales alcancen sus especificaciones, pero hay una serie de aspectos que aportan calidad al mantenimiento:

- El stock de materiales en planta debe ser el adecuado. Debe comprobarse que el inmovilizado es el mínimo posible para asegurar los ob-

jetivos marcados en cuanto a disponibilidad. Debemos asegurarnos, además, que los materiales que permanecen en stock son los que necesitamos y, por tanto, no tenemos materiales que no nos harán falta o materiales que podemos conseguir sin necesidad de inmovilizar capital. También debemos asegurarnos de que no nos hace falta ningún material que consideremos imprescindible.

- Debemos disponer de sistemas que nos permitan evaluar qué materiales debemos tener y cuales no.
- Debemos disponer de sistemas de recepción y verificación de aquellos materiales que lo precisen.
- Debemos disponer de procedimientos de almacenaje, manipulación, embalaje y conservación de materiales en el almacén, que nos aseguren el perfecto estado de éstos cuando haya que utilizarlos.
- Debemos disponer de medios que nos permitan saber cómo utilizamos los repuestos y materiales (a qué equipos, zonas o áreas lo destinamos, cuál es el consumo de materiales en un periodo, etc.).

7.4. CALIDAD Y MEDIOS TÉCNICOS

Los medios que empleamos para el mantenimiento también condicionan la calidad del servicio de mantenimiento. Por medios técnicos entendemos aquellos recursos materiales que utilizamos para realizar las intervenciones o para la organización del mantenimiento. Son, por tanto, las herramientas, los talleres, el *software* de gestión de mantenimiento, los diversos enseres de oficina (fax, fotocopidora, teléfono, mobiliario), etc.

Los aspectos relacionados con medios técnicos que aportan calidad al mantenimiento son los siguientes:

- Debemos asegurar que no nos falta ningún medio que podamos necesitar y que no tenemos medios infrautilizados que pudiéramos optimizar (compartir su uso con otros departamentos u otras fábricas, por ejemplo).
- Que todos los medios se encuentran en perfectas condiciones de uso.
- Que los útiles de medida se encuentran calibrados.
- Que disponemos de sistemas de control que nos permitan saber de qué medios disponemos (inventario de útiles y herramientas).
- Que el sistema de gestión de la información es el adecuado. El *software* de gestión, tal y como se detalla en el capítulo correspondiente, es un punto delicado. Es capaz de aumentar la calidad de servicio si está correctamente implantando y se usa adecuadamente, pero también puede ser el responsable de disminuirla si aumenta injustificadamente el gasto o la burocracia en la gestión de las órdenes de trabajo.

7.5. CALIDAD Y MÉTODOS DE TRABAJO

Tradicionalmente, la calidad aplicada a mantenimiento se ha referido casi en exclusiva a métodos de trabajo, entendiendo estos como los procedimientos y la forma de documentar la actividad del mantenimiento. De hecho, en muchas empresas cuando se evalúa la implantación de un sistema de aseguramiento de la calidad se evalúan casi exclusivamente procedimientos, *plannings* de mantenimiento, gamas de preventivo y planes de calibración.

El sistema de trabajo y la calidad de servicio del departamento tienen más aspectos que relacionan a ambos. En primer lugar, el sistema de trabajo del Dpto. de Mantenimiento debe contemplar el estudio de los equipos que componen la planta, de forma que se determine qué equipos son importantes y cuáles lo son menos. Este estudio se denomina Análisis de Criticidad³³, y sus resultados condicionan el Plan de Mantenimiento, el modelo de gestión y reposición de cada repuesto o material, y el sistema de asignación de prioridades en caso de avería.

El sistema de trabajo, además, debe estar reflejado en un Plan de Mantenimiento que contemple tanto el *mantenimiento programado* como el *mantenimiento no-programado*. El Plan de Mantenimiento Programado estará formado por un conjunto de Gamas de Mantenimiento, que contendrán la lista de tareas a realizar, agrupadas por frecuencias y/o especialidades. El mantenimiento no programado quedará reflejado en un documento denominado *Diagnóstico de Averías*, en el que se indican síntoma, causa y solución de las principales averías, problemas e incidencias de la planta o instalación.

En un mantenimiento de calidad, todas las tareas (o al menos las más importantes) están procedimentadas. En estos procedimientos se recoge de manera detallada cómo se efectúan las tareas paso a paso, qué medios y materiales son necesarios, qué precauciones hay que tener en cuenta, y qué comprobaciones hay que realizar para verificar que el trabajo ha quedado perfectamente realizado.

Por último, debe estar establecida la forma en que se realiza la programación del mantenimiento y cómo se genera una orden de trabajo, quién la aprueba, cómo se decide quién la ejecuta, y, finalmente, quién y cómo se cierra la orden. El sistema seguido debe ser ágil, generar el mínimo trabajo burocrático posible, y debe permitir que se recoja toda la información que pueda ser útil para la gestión de mantenimiento.

7.6. CALIDAD Y RESULTADOS

Un mantenimiento de calidad es aquel que proporciona los resultados buscados, en lo referente a nivel de servicio y en lo referente a coste. En

³³ Ver Capítulo 2, *Análisis de Equipos*.

cuanto a nivel de servicio, el indicador más importante de dicho nivel es la *disponibilidad*, entendida esta como la proporción del tiempo en que el equipo está en condiciones de producir. Además de disponibilidad, hay otros indicadores que miden la calidad de servicio, aunque siempre están relacionadas con esta: MTBF (*Mid Time Between Failure*, tiempo medio entre fallos), MTTR (*Mid Time To Repair*, tiempo medio de reparación), n.º de órdenes de trabajo, proporción entre mantenimiento programado y no programado, etc. Una lista detallada de estos indicadores se encuentra en el capítulo correspondiente.

7.7. CALIDAD E ISO 9000

Muchas empresas han adaptado su sistema de trabajo a algún sistema de aseguramiento de la calidad estandarizado y recogido en una norma internacional que sea reconocida por los clientes. El conjunto de normas ISO 9000 es uno de ellos, aunque existen otras (QS9000, del sector automoción, por ejemplo). La ISO 9000 es básicamente un sistema documental de aseguramiento³⁴, que basa su eficacia en documentar todo lo que se realiza, y actuar de acuerdo con esas pautas escritas (escribe lo que haces y haz lo que escribes). Periódicamente, bien de manera interna, bien por empresas autorizadas, el sistema se audita para comprobar si efectivamente se hace lo que se dice y se dice lo que se hace.

Los documentos en que se basa y que afectan a mantenimiento son los siguientes:

- Plan de Mantenimiento (conjunto de gamas y *plannings* de realización).
- Plan de Calibración.
- Procedimientos de trabajo.
- Plan de Calidad.

Uno de los objetivos estratégicos de la empresa puede ser obtener y mantener la acreditación ISO 9000. El departamento de Mantenimiento, debe, para ello, ocuparse de documentar los cuatro puntos anteriores y dejar evidencias escritas (registros) de que se está llevando a cabo.

³⁴ La validez de un sistema documental que basa su eficacia en la documentación es muy discutible. Una posibilidad curiosa sería la de una empresa que se dedicara a fabricar flotadores de plomo. Obtendría la acreditación ISO 9000 siempre que explicara por escrito detalladamente el proceso de fabricación, las comprobaciones a realizar, las especificaciones de las materias primas y la forma de comprobar que alcanza esas especificaciones. Evidentemente, por mucha acreditación ISO 9000 que consiga, será difícil pensar en un cliente satisfecho con un flotador de plomo.

7.7.1. Plan de Mantenimiento

El departamento de Mantenimiento debe elaborar un conjunto de gamas en el que se reflejen las tareas de mantenimiento preventivo a realizar en los equipos que se considere necesario. El resultado de estas inspecciones, revisiones o sustituciones de elementos debe recogerse por escrito, como listas de chequeo, toma de datos, etc.

7.7.2. Procedimientos de trabajo

Los procedimientos de trabajo aseguran que las tareas se realizan siempre de la misma forma, y que la información puede transmitirse. Los procedimientos son, en general, de dos tipos: procedimientos técnicos y procedimientos de gestión.

En los procedimientos técnicos se detalla cómo realizar determinados trabajos técnicos, como son revisiones, cambios de elementos, calibración de útiles y herramientas, formas de actuación en determinadas circunstancias, etc.

Los procedimientos de gestión están relacionados con la organización del departamento: flujo de órdenes de trabajo, definición de funciones en el departamento, procedimientos para efectuar compras, para validar materiales, etc.

Estos procedimientos suelen tener, al menos, los siguientes apartados:

1. Objeto.
2. Alcance.
3. Responsabilidades.
4. Definiciones.
5. Requisitos de Seguridad y Medio Ambiente.
6. Herramientas, materiales y repuestos necesarios.
7. Desarrollo.
8. Inspecciones y pruebas.
9. Registros.

EJEMPLO 7.1

EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO TÉCNICO

En las páginas siguientes se adjunta un procedimiento técnico: Revisión de Grupos Oleohidráulicos.

Anagrama	PROCEDIMIENTO OPERATIVO REVISIÓN ANUAL DE GRUPOS OLEOHIDRÁULICOS	Referencia: POC- 003.1 Fecha: 3/4/2002
		N.º de hojas: 3

1. OBJETO

Este modelo de procedimiento establece requisitos y condiciones por los que se rige la empresa XXX para la revisión anual de grupos oleohidráulicos y centrales oleohidráulicas capaces de generar energía hidráulica para ser utilizada en máquinas de producción industrial automáticas y semiautomáticas, con el fin de asegurar su fiabilidad y disponibilidad.

2. ALCANCE

Quedan dentro del alcance de este procedimiento los grupos y centrales oleohidráulicas en los que se requiera realizar una revisión anual, capaces de generar una presión inferior a 1.000 kg/cm² y de caudal inferior a 400 litros por minuto.

3. RESPONSABILIDADES

- *Jefe de Mantenimiento: Verificar que las revisiones se hacen según este procedimiento.*
- *Oficiales: Realizar las tareas tal y como se indica en este procedimiento*

4. REQUISITOS DE SEGURIDAD

1. *Asegurarse de que no hay tensión en el grupo hidráulico. Retirar los fusibles del cuadro eléctrico en el que se conecte el grupo, y cerrar el cuadro con candado de llave única, que guardará el oficial que esté realizando el trabajo.*
2. *Despresurizar todo el circuito hidráulico, abriendo las válvulas necesarias.*
3. *Desconectar el acumulador de presión, en caso de que exista. Es importante recordar que si el acumulador está conectado, aunque no existe tensión eléctrica puede haber presión hidráulica.*
4. *Es posible que en algún momento de la revisión se derrame aceite al suelo. Existe riesgo de resbalar. Es conveniente tener preparado algún desecante (sepiolita, nunca serrín) para eliminar restos de aceite en el suelo.*

5. DESARROLLO

5.1. Tareas previas

1. *Asegurarse de que se ha preparado tanto las herramientas necesarias como los repuestos que se necesitarán.*
 - *Los repuestos son:*
 - *Todas las juntas necesarias.*
 - *Todos los filtros que lleve el sistema..*
 - *Disolvente y trapos.*
 - *Latiguillos dañados.*

- Rodamientos y acoplamiento.
- Aceite hidráulico.
- Producto descalcificador.

— *Las herramientas necesarias serán:*

- Caja de herramientas ajustador.
- Extractor de rodamientos.
- Pinza amperimétrica.
- Polímetro.
- Transpalet para transportar equipo hasta el taller.

En ningún caso debe comenzarse una revisión sin haberse asegurado previamente de que se tienen tanto los repuestos como las herramientas necesarias, al menos 72 horas antes de iniciarla.

Una vez comprobado este punto, se realizarán las siguientes tareas:

2. Desconectar el grupo hidráulico del cuadro eléctrico. *Asegurarse con el polímetro de que los cables quedan sin corriente.*
3. Despresurizar el acumulador lado aceite. *Asegurarse de que el acumulador no puede comunicar presión al resto del circuito hidráulico. Los acumuladores suelen llevar una llave de cierre para este fin.*
4. Desconectar los latiguillos y tuberías que entren y salgan del grupo hidráulico.
5. *Una vez desconectado de la corriente y desconectado de latiguillos y tuberías, se aflojarán los tornillos de fijación que sujeten el grupo y se trasladará este al taller. En ocasiones es posible hacer la revisión en la propia máquina, pero en general suele ser más cómodo trasladarlo.*

5.2. Tareas a realizar en el taller

Las tareas que realizaremos una vez trasladado serán las siguientes:

1. Limpieza exterior del grupo.
2. Cambio de todos los filtros. *Habrà que tener precaución con la junta de estanqueidad que llevan, para no dañarla o colocarla incorrectamente.*
3. Comprobar el acumulador. *En caso de que la presión no sea la que se indica en la placa de características, rellenar de gas o cambiar la membrana elástica, que contiene el gas del acumulador, pues posiblemente esté dañada.*
4. Desmontar, limpiar y cambiar juntas de válvulas.
5. Comprobar el estado de todos los cables.
6. Vaciar el aceite y limpiar el interior del depósito. *Los trapos a usar no deben dejar residuos.*
7. Introducir un nuevo aceite hidráulico. *Se debe tener la precaución de filtrar previamente el aceite antes de introducirlo en el tanque. Esto se lleva a cabo con un grupo de trasiego equipado con un filtro, de aproximadamente 25 micras.*
8. Desmontar y limpiar el interior de la bomba. *Al desmontarlo, aprovecharemos para detectar posibles daños y desgastes anormales, y también cambiaremos las juntas.*
9. Desmontar y revisar el motor que impulsa la bomba. *Esto lo haremos siguiendo la gama de mantenimiento anual de un motor asíncrono trifásico.*
10. En caso de tener refrigerador de agua, *limpiaremos el circuito con un descalcificador, haciendo circular agua con este producto por el interior del intercambiador.*
11. Traslado a la máquina, *conectar cables, latiguillos y tuberías.*

6. INSPECCIÓN Y PRUEBAS

Una vez realizadas todas las tareas descritas, comprobaremos el buen funcionamiento del grupo hidráulico:

1. *Comprobar el motor, según lo descrito en una gama de revisión anual de motores asíncronos trifásicos. Las comprobaciones a realizar serán: derivaciones de las bobinas del estátor, revoluciones que alcanza, y consumo de cada una de las fases.*
2. *Comprobar que la presión máxima es alcanzada. Utilizaremos un manómetro portátil perfectamente calibrado, comprobando que la válvula de seguridad salta a la presión a la que está tarada.*
3. *Comprobar ausencia de fugas de aceite y agua.*
4. *Comprobar que el acumulador (en caso de llevarlo) alcanza su presión de servicio y la mantiene. Para ello comprobaremos el valor que nos indica el manómetro instalado en el acumulador.*

7. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Esta revisión genera los siguientes residuos:

- *Aceite usado. Deberá depositarse en el recipiente etiquetado como «ACEITE USADO» situado a la salida del taller de mantenimiento.*
- *Trapos y papeles manchados de aceite. Deberán depositarse en el recipiente etiquetado como «TRAPOS Y PAPELES MANCHADOS DE ACEITE».*
- *Desecante para aceite caído en el suelo. Deberá depositarse en el recipiente denominado «SEPIOLITA USADA».*
- *Chatarra metálica. Todos los repuestos metálicos desechados deberán depositarse en el recipiente denominado «CHATARRA».*

8. REGISTROS

Se considera registro de calidad el informe en el que se certifica que el grupo hidráulico ha sido sometido a la revisión detallada en este procedimiento.

El informe deberá contener al menos los siguientes datos:

1. *Datos del equipo revisado.*
2. *Anomalías encontradas.*
3. *Tiempo real de ejecución.*
4. *Deberá hacer referencia a que el equipo se ha revisado según este procedimiento.*

7.7.3. Plan de Calibración

Recoge todo los útiles de medida que utiliza mantenimiento, y cuyo empleo condiciona decisiones posteriores. El Plan de Calibración debe contener una lista de útiles y elementos de medida, junto a rangos de medición, y periodo de validez de la calibración. Es conveniente que figure también el organismo que se encarga de la calibración (si es la propia empresa, o se envía a alguna empresa o institución externa) y qué herramienta se utiliza como patrón para realizar la calibración.

EJEMPLO 7.2

FORMATO DE PLAN DE CALIBRACIÓN

Un ejemplo de Plan de Calibración puede ser el que se recoge en el siguiente ejemplo.

Anagrama de la empresa	PLAN DE CALIBRACIÓN	
-------------------------------	----------------------------	--

EQUIPOS E INSTRUMENTOS SUJETOS A CALIBRACIÓN

Año:

Departamento:

Sección:

Equipo	Rangos de medida	Fecha de calibración	Validez	Patrón de calibración	Organismo

7.7.4. Plan de Calidad

Los departamentos de mantenimiento de determinadas empresas pueden requerir de un Plan de Calidad, que es un *documento marco*³⁵ en el que se

³⁵ Al igual que el Manual de Calidad, el Plan de Calidad también es un documento marco, es decir, un documento en el que se recogen directivas amplias que no entran en el detalle de cómo hacer las cosas. En ambos casos, los detalles se recogen en los procedimientos e instrucciones técnicas.

describen todos los aspectos significativos relacionados con el mantenimiento y con la forma de asegurar la calidad de servicio: organigrama del departamento, funciones y responsabilidades de cada uno, procedimientos que se emplean, indicadores de gestión, valores de referencia de estos indicadores y objetivos que se fija el departamento.

EJEMPLO 7.3

ÍNDICE TÍPICO DE UN PLAN DE CALIDAD

1. **OBJETO.** Detallar cuál es el objetivo del Plan de Calidad. Por ejemplo: *«Este Plan tiene como objeto asegurar que los trabajos del departamento de mantenimiento se realizarán optimizando sus recursos y asegurando la consecución de los resultados que el departamento y la empresa se fijen.»*
2. **ALCANCE.** Detallar a qué y a quién afecta el plan. Por ejemplo: *«Este plan se refiere únicamente a los trabajos que realiza el personal del departamento de mantenimiento de la planta XX.»*
3. **DEFINICIONES Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA.** Es conveniente indicar aquí a qué nos referimos cuando expresamos determinados términos, y a qué otros documentos se hace referencia en el plan.
4. **ORGANIZACIÓN, FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES.** *Debe indicarse aquí el organigrama del departamento y un detalle de las responsabilidades de cada puesto.*
5. **PLANIFICACIÓN.** *Es conveniente indicar cómo se organiza tanto el mantenimiento programado como el no programado. Algunos subapartados que puede incluir pueden ser los siguientes:*
 - *Planificación del mantenimiento programado.*
 - *Realización del mantenimiento no programado.*
 - *Solicitud de permisos de trabajo.*
 - *Reuniones de coordinación con el personal de producción.*
6. **DOCUMENTACION.** *Es el apartado dedicado a la aprobación, suspensión y distribución de documentos, si es que se realiza de forma diferente al resto de la empresa. Debe tener un apartado dedicado al archivo de mantenimiento*
7. **COMPRAS Y SUBCONTRATOS.** *Debe indicarse cómo se realizan los pedidos, quién los propone, quién los aprueba, quién los realiza, cómo se receptionan los materiales, etc.*

8. CONTROL, INSPECCIÓN Y ENSAYO. *En este apartado se detalla cómo verificamos que los trabajos del departamento se realizan correctamente.*
9. CONTROL DE LOS EQUIPOS DE CONTROL, MEDICIÓN Y ENSAYO. *Es el apartado dedicado al Plan de Calibración y de las medidas a adoptar para el cuidado de los equipos de medida.*
10. PLAN DE AUDITORIAS. *Debe detallarse cómo y quién efectuará estas auditorias de calidad de mantenimiento.*
11. FORMACIÓN. *Es el apartado dedicado al Plan de Formación*
12. ANEXOS:
 - Lista de procedimientos.
 - Registro de sistema.

Algunos de estos puntos se pueden desarrollar íntegramente en el Plan de Calidad. Otros, se pueden desarrollar en procedimientos aparte, a los que se debe hacer referencia en el apartado correspondiente.

7.8. LA ISO 9000 COMO FORMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

La obtención de la acreditación ISO 9000 no asegura que un departamento de mantenimiento trabaja con calidad, entendida ésta como un sistema que asegure que los equipos van a estar disponibles el máximo de tiempo al mínimo coste posible. Podemos decir que, en empresas que poseen esa acreditación, los departamentos de mantenimiento han evolucionado hacia una situación mejor o peor independientemente de trabajar de acuerdo a esa norma.

En primer lugar, porque elaborar un plan de mantenimiento y documentar las actividades de mantenimiento no asegura nada. Un plan de mantenimiento puede ser pésimo, y de consecuencias desastrosas, pero la ISO 9000 no estudia la eficacia del plan: solo que exista. Es más, la existencia de este plan y de esa necesidad de documentar puede hacer que la disponibilidad no aumente, pero los gastos sí lo hagan, con lo que nos alejaríamos de lo que hemos definido como «calidad» en Mantenimiento (obtendríamos la misma disponibilidad a un coste superior). Este fenómeno es más habitual de lo que pueda parecer.

En segundo lugar, es extremadamente sencillo «aparentar» que se trabaja siguiendo un plan y documentando la actividad. Basta que el responsable de mantenimiento dedique un par de jornadas a «rellenar» documentos para que un auditor piense que se trabaja adecuadamente. Esto también es más habitual de lo que se piensa.

Un departamento que de verdad quiera optimizar recursos y mejorar resultados no puede marcarse como único objetivo la obtención de la certificación ISO 9000. Por un lado, porque hay formas de trabajo que no están de acuerdo con la ISO 9000³⁶ y que, de hecho, son una mejora sustantiva, bien a nivel económico o bien a nivel de resultados. Por otro, porque la ISO 9000 es tan genérica que prácticamente cualquier sistema documental es bueno.

7.9. AUDITORIAS DE CALIDAD DE MANTENIMIENTO

Las Auditorías de Calidad de Mantenimiento son una herramienta que nos sirve fundamentalmente para identificar posibilidades de mejora, oportunidades de optimización. Comparan la situación del departamento de mantenimiento de la planta o instalación que se esté auditando con un *estándar de excelencia*. El resultado de esa comparación es el *Índice de Conformidad*, esto es, el % de acercamiento a ese estándar de excelencia. Por tanto, si el Índice de Conformidad es del 100%, el departamento de mantenimiento estará haciendo su trabajo exactamente como se indica en ese estándar; por el contrario, un 0% indicaría todo lo contrario.

En las Auditorías de Mantenimiento que proponemos, se evalúan los cinco aspectos antes considerados, esto es: mano de obra, materiales, medios técnicos, métodos de trabajo y resultados. También es conveniente evaluar dos aspectos que cada día toman más importancia: la seguridad y el impacto medioambiental. Estos dos últimos aspectos pueden ser objeto de auditorías e informes independientes, pero es posible unir los tres conceptos (calidad de servicio, seguridad y medio ambiente) en lo referente a mantenimiento, y auditarlos de forma conjunta.

7.9.1. *El estándar de excelencia*

Definamos en primer lugar cómo será el Mantenimiento Excelente por definición, cómo será el patrón de comparación.

- *Mano de Obra*

- El departamento tiene la mano de obra que se requiere, ni más ni menos. No hay excesos de personal, ni carencias.

³⁶ Se puede hacer un excelente trabajo sin necesidad de documentar nada. Es decir, se puede conseguir una disponibilidad máxima con un coste de mantenimiento muy bajo sin necesidad de recoger ninguna información por escrito. Eso choca abiertamente con el sistema de aseguramiento ISO 9000.

- El rendimiento de la mano de obra directa es lo más próximo al 100%, es decir, dedica el mayor porcentaje posible a trabajos productivos (intervenciones programadas o no programadas en equipos), y cuando actúa, cumple una tabla de tiempos previamente establecida para cada tipo de intervención.
- El personal tiene la formación adecuada, y hay un Plan de Formación continuo.
- No hay personal imprescindible.
- El personal es polivalente: una parte de los operarios pueden actuar en cualquier intervención, sea del tipo que sea y que afecte a cualquier equipo, y todos los operarios tienen una formación al menos básica en otras especialidades (mecánicos con formación básica en electricidad, por ejemplo).
- El nivel de absentismo es muy bajo.
- Los horarios de entrada, salida y descanso se respetan, y no hay tiempo perdido por estos conceptos.
- El personal trabaja con Órdenes de Trabajo o sistemas similares, y las cumplimenta correctamente.
- El personal trabaja habitualmente con procedimientos de trabajo, esquemas, y con todo tipo de documentación técnica.
- El personal indirecto está en la cantidad adecuada; el organigrama es correcto y no hay funciones de más o de menos.
- Los mandos intermedios de mantenimiento, además de su labor indirecta, intervienen habitualmente en las tareas, y son capaces de actuar y resolver cualquier problema que tenga la mano de obra directa.

- *Métodos de Trabajo*

- Se ha realizado un análisis de los equipos para determinar su importancia y el modelo de mantenimiento que más se adapta a las características de cada equipo.
- La mayor parte de las averías están diagnosticadas, e indicadas en un documento denominado «lista de averías típicas, diagnóstico de averías, o similar». Este documento está, además, a disposición de los operarios, que lo conocen y lo manejan habitualmente.
- Las tareas más habituales, las más críticas o aquellas que revisten especial dificultad están procedimentadas, y los operarios manejan estos procedimientos habitualmente.
- Existe un Plan de Mantenimiento, que además es consecuencia de ese análisis de equipos.
- El Plan de Mantenimiento resulta adecuado.

- Existe un *planning* de mantenimiento, de manera que es posible saber cuándo (al menos aproximadamente) se llevará a cabo cada una de las gamas.
- El Plan de Mantenimiento se lleva a cabo.
- El Plan de Mantenimiento no es algo estático, sino que sus gamas cambian a tenor de los resultados de mantenimiento.
- La información que genera mantenimiento se archiva de forma ordenada, siendo sencillo encontrar cada cosa que se busca. Existe, pues, un archivo de mantenimiento, y ese archivo resulta adecuado.
- El personal de mantenimiento suele realizar propuestas de mejora, y hay un sistema que permite evaluarlas.

- *Materiales*

- Existe una lista de repuestos mínimos, que además es consecuencia directa del análisis de equipos efectuado, del tiempo de reposición, del número de cambios en un periodo determinado, de la existencia de equipos en reserva y de la existencia de un equipo completo en el almacén.
- El material que hay en el almacén coincide en cantidad y especificaciones con lo que se detalla en esa lista.
- El almacén está suficientemente ordenado, de manera que es fácil encontrar lo que se busca.
- Existe un sistema coherente y adecuado para realizar inventarios del material contenido en el almacén.
- Existen indicadores específicos para evaluar el funcionamiento del almacén.
- El sistema de compras es rápido. Desde que se necesita un material hasta que el personal dispone de él pasa el tiempo estrictamente necesario.
- Existen unos indicadores específicos para evaluar el funcionamiento del departamento de compras.
- El material siempre tiene la calidad adecuada.

- *Medios técnicos*

- Toda la herramienta está inventariada, existe una lista de herramienta actualizada.
- Los operarios disponen de la herramienta que necesitan. La herramienta de la que disponen resulta adecuada en relación a las tareas que realizan.

- El sistema de gestión de la información que se emplea es el adecuado.
- La información que suministra el sistema de gestión es fiable, y es posible basarse en ella para tomar decisiones.

- *Resultados*

- Se han definido una serie de indicadores que evalúan los resultados de mantenimiento.
- Estos indicadores resultan adecuados. Es decir, haciendo un seguimiento de esos índices es posible detectar que están surgiendo problemas, para poder actuar en consecuencia.
- Esos indicadores, junto con otros datos de interés, se recogen en un informe, que se emite periódicamente y se distribuye entre las personas o departamentos que pueden verse afectados por los resultados de mantenimiento.
- Los resultados de mantenimiento se analizan, y se toman decisiones a partir del análisis efectuado.
- Al analizar los indicadores del último año o de un periodo significativo, se observa que se está reduciendo el número de horas que es necesario emplear en mantenimiento, el consumo de repuesto, el número y gravedad de las averías, y el número de intervenciones urgentes o de prioridad máxima.
- Se observa igualmente que la disponibilidad de los equipos va en aumento.
- Al visitar la planta, los equipos parecen correctamente atendidos: no existen fugas, elementos fuera de servicio, equipos funcionando con averías notorias, etc.

- *Seguridad*

- Existe un Plan de Seguridad para los trabajos de mantenimiento.
- Existe formación periódica en seguridad.
- Se han evaluado los riesgos laborales derivados de las tareas habituales de mantenimiento.
- En cada trabajo que deben realizar, se informa a los operarios de los riesgos.
- Los operarios conocen, disponen y utilizan los equipos de protección individual que se necesitan.
- Existen indicadores específicos para poder realizar un seguimiento de la seguridad del departamento de mantenimiento.
- El nivel de accidentalidad de la planta es muy bajo, en número, en gravedad y en frecuencia.

- El departamento se marca objetivos de seguridad estrictos, que además se alcanzan habitualmente.

- *Medio Ambiente*

- Se ha analizado el impacto de la actividad de mantenimiento en el entorno.
- Se han tomado las medidas oportunas para minimizar este impacto.
- Se han fijado una serie de objetivos de mejora para un periodo determinado, y estos objetivos se están cumpliendo.
- Todas estas informaciones se recogen en un Plan Medioambiental.
- Existe formación periódica medioambiental.

7.9.2. *El perfil del auditor*

Una pregunta que debemos hacernos es quién está cualificado para llevar a cabo una auditoría de este tipo. Las características más sobresalientes que debe poseer un Auditor de Calidad de Mantenimiento son las siguientes:

- Es preferible que sea una persona que conozca bien el entorno de mantenimiento. Preferentemente un ingeniero, con al menos un año de experiencia en mantenimiento industrial. No es conveniente pues que sea una persona que provenga del área de calidad exclusivamente, pues desconocerá muchas de las singularidades de la actividad de mantenimiento.
- Debe conocer perfectamente la forma de llevar a cabo una auditoría de calidad, y haber resuelto las dudas que hayan podido surgirle.
- Debe ser minucioso y observador.
- Es conveniente, aunque no imprescindible, que no esté involucrado en el día a día del departamento. Es interesante que sea, por ejemplo, un auditor externo, o que trabaje en otro departamento. Es importante que los resultados de la auditoría, sean los que sean, no le afecten, pues de esa manera se garantiza su imparcialidad.
- Debe ser constructivo en sus apreciaciones.
- Debe ser una persona que se expresa bien por escrito, de manera que su informe sea fácilmente entendible por cualquier persona.

7.9.3. *Documentación a preparar previamente*

Antes de realizar una Auditoría de Calidad, es necesario preparar una serie de documentos, cuyo análisis constituirá una parte del trabajo del auditor.

No obstante, el trabajo más importante del auditor es el que hace en campo, en los equipos, en los almacenes y con el personal de mantenimiento³⁷. La documentación a preparar es la que figura en la Tabla adjunta:

DOCUMENTACIÓN A PREPARAR PARA REALIZAR UNA AUDITORIA DE CALIDAD DE MANTENIMIENTO

MANO DE OBRA

- ☐ Organigrama. Categoría, especialidad y funciones del personal.
- ☐ Cualificación del personal directo.
- ☐ Plan de formación.
- ☐ Estadística de absentismo

MEDIOS TÉCNICOS

- ☐ Inventario de herramientas

MÉTODOS DE TRABAJO

- ☐ Lista de equipos que componen la planta o instalación auditada.
- ☐ Plan de mantenimiento de los equipos significativos.
- ☐ Gamas de mantenimiento realizadas (hojas rellenas) en un periodo determinado.
- ☐ Lista de Equipos Críticos de la planta.
- ☐ Procedimientos de trabajo habituales.
- ☐ Informes mensuales de mantenimiento.
- ☐ Listas de averías típicas (síntomas, causa y solución).
- ☐ Lista de repuesto que hay en planta, y stock mínimo que se considera necesario.
- ☐ Propuestas de mejora realizadas por mantenimiento.

MATERIALES y SUBCONTRATOS

- ☐ Lista de repuesto mínimo que se considera necesario tener en stock.
- ☐ Inventario de materiales en almacenes.
- ☐ Lista de materiales consumidos en un periodo determinado, valorados.

RESULTADOS OBTENIDOS

- ☐ Disponibilidad de planta.
- ☐ Coste global de mantenimiento.

SEGURIDAD y MEDIO AMBIENTE

- ☐ Plan de seguridad.
- ☐ Estadística accidentabilidad.

³⁷ Una diferencia muy importante entre las auditorias que se proponen en este libro para comprobar la calidad del servicio de mantenimiento y las auditorias internas realizadas para obtener o mantener la acreditación ISO 9000 es que la parte más importante de estas últimas es la revisión de la documentación, siendo optativo el realizar una visita a la planta.

7.9.4. Mediciones de rendimiento

Existen al menos tres formas de calcular el rendimiento de la mano de obra directa, entendiendo este rendimiento como la proporción del tiempo que ocupan en tareas productivas sobre el tiempo total de trabajo.

- a) Seguimiento minuto a minuto.
- Para realizar esta prueba, debe seguirse la actividad de 4 operarios durante al menos 3 días elegidos al azar. Una sola persona (el auditor) es capaz de controlar la actividad de 4 operarios. Debe registrar la utilización del tiempo por parte de cada operario, dividiéndolo en las siguientes categorías:

- Tiempos improductivos:
- Desplazamientos.
 - Preparación de materiales o herramientas.
 - Esperas (por otros operarios, por obtención de permisos de trabajo, etc.).
 - Redacción de informes, anotaciones, etc.
 - Tiempos perdidos en el inicio y fin de la jornada.
 - Tiempo de exceso en el periodo de descanso sobre el fijado por la empresa.
- Tiempos productivos:
- Realización de trabajo efectivo.

A partir de estos datos podemos calcular el tiempo productivo, el tiempo improductivo y el total, y calcular en rendimiento. El formato que puede usarse para registrar esta información puede ser el siguiente:

MEDICIÓN DE RENDIMIENTOS

Fecha:
Nombre del operario:
Cargo/Especialidad:

Hora inicio	Tiempo	Descripción de la actividad	Tipo de actividad							
			Desp.	Prep.	Esp.	Inf.	I-F	Desc.	Otros	Prod

LEYENDA: **Desp.:** Desplazamientos. **Prep.:** Preparación de materiales y herramientas. **Esp.:** Esperas. **Inf.:** Redacción de informes. **I-F:** Tiempos muertos en el inicio y fin de la jornada. **Desc.:** Tiempo extra en el descanso. **Otros.:** Cualquier tiempo improductivo no incluido en las categorías anteriores. **Prod.:** Tiempo dedicado a tareas productivas.

- b) La segunda de las formas es estimar el rendimiento a partir de sus partes de trabajo, comparándolo con tablas de tiempo normales para efectuar esas mismas tareas. Para realizar este cálculo debemos disponer de los partes de trabajo de los operarios (todos o una muestra representativa de ellos) y de una tabla de tiempos, en el que se detalle el tiempo que entendemos suficiente para realizar los trabajos más habituales.

En la Tabla adjunta se detallan los tiempos necesarios para realizar algunas tareas habituales en mantenimiento ³⁸.

TABLA DE TIEMPOS

Tareas mecánicas:	
— Cambio de cierre mecánico en bomba centrífuga.	10 h/h*
— Cambio de rodamientos en motor de hasta 20CV.	8 h/h*
— Carga de refrigerante en equipo de frío.	2 h/h*
— Sustitución de válvula manual.	3 h/h*
Tareas eléctricas:	
— Mantenimiento preventivo en cuadro de baja.	3 h/h*
— Sustitución de tubo fluorescente alumbrado.	0,5 h/h*
— Desconexión eléctrica de máquina del cuadro.	0,5 h/h*
Tareas de instrumentación:	
— Calibración de transmisor de temperatura.	3 h/h*
— Calibración de transmisor de presión.	2 h/h*
— Calibración de transmisor de caudal.	2 h/h*
— Revisión de lazo de control.	4 h/h*

* h/h: hora/hombre.

- c) Una tercera forma de calcular el rendimiento, de manera puramente estimativa, es a partir del número de órdenes de trabajo que se generan en mantenimiento. En una planta industrial habitual, en la que la distribución de trabajo corresponde en un 70% a tareas mecánicas, un 10% a tareas eléctricas y un 20% a trabajos de instrumentación, el tiempo medio de realización de una Orden de Trabajo es de 10 horas. Si la distribución de trabajo por especialidades es aproximadamente como la indicada, podemos saber cuál es la carga de trabajo del departamento de esta forma:

Carga de trabajo (en horas/hombre) = n.º de órdenes de trabajo × 10

³⁸ Esta tabla de tiempos es puramente orientativa, y debe tomarse como ejemplo. Los tiempos que se reflejan pueden cambiar sustancialmente de una planta a otra. Se ha tomado como unidad de tiempo la hora/hombre.

Para saber el rendimiento del personal basta conocer las horas/hombre disponibles en un periodo de tiempo (por ejemplo, un mes) y dividir entre la carga de trabajo de ese periodo:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\frac{\text{n.º de horas}}{\text{hombres disponibles}}}{\text{Carga de trabajo}}$$

Para obtener un dato fiable de rendimiento no se debe aplicar un solo método. En la medida de lo posible se deben utilizar los tres métodos expuestos. Si llevados a cabo los tres los resultados obtenidos son similares, tendremos más seguridad de que el dato de rendimiento del personal se aproxima a la realidad.

7.9.5 *Comprobaciones que deben realizarse en el almacén de repuestos*

La pregunta n.º 65 del Cuestionario de auditoría (págs. 212-218) hace referencia a la exactitud del inventario. Se trata de determinar si lo que pensamos que tenemos coincide con lo que realmente hay en el almacén. Para ello, debemos hacer dos pruebas:

- Tomar 20 *ítems* del inventario y comprobar en el almacén que la cantidad coincide con lo que figura en ese inventario.
- Anotar 20 *ítems* del almacén y comprobar que en el inventario se refleja la cantidad exacta.

Si la concordancia en los dos casos es perfecta, en la pregunta n.º 65 marcaremos la casilla correspondiente al 3. Si hay menos de 4 fallos (una correspondencia no exacta), marcaremos la casilla correspondiente al 2. Si hay entre 4 y 10 fallos, marcaremos la casilla correspondiente al 1. Más de 10 fallos corresponderá a la casilla 0.

Esta pregunta solo se aplica para el caso de que los movimientos de almacén se registren en un sistema informático, que permite tener al día el inventario. Si no se registra en soporte informático, no es posible tener actualizadas permanentemente las existencias del almacén, por lo que consideraremos que esta cuestión no es aplicable.

7.9.6 *Formas de evaluar la eficacia del departamento de compras*

Como se refleja en la cuestión n.º 67, se evalúa principalmente el tiempo medio que transcurre entre que se realiza un pedido y se entrega al personal de mantenimiento. Las dos formas de evaluar esta cuestión son las siguientes:

- Preguntar al personal de mantenimiento (al personal directo, preferentemente, pues la información que proporcionarán será probablemente más fidedigna). Este será un método aproximado, poco exacto, aunque nos dará una idea.
- Sobre los pedidos recibidos en 3-5 días, comprobar si los plazos de entrega pactados con el proveedor se cumplieron, comprobando así el porcentaje de desviación. También es un método aproximado, pero bastante más exacto que el anterior.

7.9.7. *Cuestionario: cómo llevar a cabo la auditoría*

El cuestionario o documento base sobre el que puede basarse la auditoría es el que se describe en las siguientes páginas. Contiene un total de 100 preguntas, referidas a cada uno de los 7 aspectos que se han considerado claves para evaluar la evolución del departamento: mano de obra, materiales, medios técnicos, métodos de trabajo, resultados, seguridad e impacto medioambiental.

Es posible que las preguntas o los aspectos que se proponen para su estudio no sean aplicables en todos los casos. Por ellos, es aconsejable que el responsable de realizar la auditoría escoja entre las preguntas propuestas las que son aplicables y añada las que crea que serían necesarias, de forma que «personalice» este cuestionario para cada caso particular.

Cada una de las cuestiones se califica según la siguiente Tabla:

0	Si el aspecto considerado en la pregunta está ausente o se alcanza muy deficientemente.
1	Si el aspecto considerado se alcanza deficientemente.
2	Si se alcanza, aunque aún puede mejorar.
3	Si se alcanza de forma óptima.

Para todas las cuestiones se han indicado posibles valoraciones de referencia.

Algunas de las cuestiones planteadas posiblemente no sean de aplicación a una instalación en concreto. Por ejemplo, si se evalúa el estado del taller y no existe taller porque no se requiere, la contestación a la pregunta será: N/A (no aplica).

Una vez evaluadas cada una de las cuestiones propuestas, se calcula el Índice de Conformidad, que, como ya se ha dicho, es un indicador de la ex-

celencia del sistema de mantenimiento. Para ello, se suman los puntos obtenidos, y el resultado se divide entre la máxima puntuación alcanzable. Así, si todas las preguntas son de aplicación, el máximo posible es 300 puntos (3 puntos/pregunta \times 100 preguntas = 300 puntos).

En el caso de una instalación que alcance, por ejemplo, 242 puntos, el resultado sería:

$$\begin{aligned}\text{Índice de conformidad} &= \frac{\text{Puntos obtenidos}}{\text{Máxima puntuación posible}} \times 100 = \\ &= \frac{242}{300} \times 100 = 80,6 \%\end{aligned}$$

CUESTIONARIO DE AUDITORÍA

N.º	Criterio	Desf.	1	2	Fav.
		0			3
MANO DE OBRA					
1.	¿La plantilla tiene el personal que necesita?	En absoluto.	> 20% exceso o defecto.	Entre 10-20% de exceso o defecto.	Exactamente lo que se necesita.
2.	¿El personal tiene la formación adecuada?	En absoluto.	Carencias importantes.	Casi todos.	Sí.
3.	¿Hay una parte del personal polivalente?	0% polivalente.	< 10% polivalente.	10-40% polivalente.	> 40% polivalente.
4.	¿Hay personal imprescindible?	> 25%.	Entre 25-15%.	< 15%.	0%.
5.	¿Hay un Plan de Formación para el personal?	No hay ningún plan.	Hay un plan, pero escaso e incompleto.	Se observan deficiencias subsanables.	Sí.
6.	¿El Plan de Formación resulta adecuado, y se lleva a cabo?	No a las dos preguntas.	No a una de las dos preguntas.	Se observan deficiencias subsanables.	Sí a las dos preguntas.
7.	¿Se respeta el horario de entrada?	> 30 minutos de pérdida.	10-30 minutos de pérdida.	< 10 min de pérdida.	Sí.
8.	¿Se respeta el horario de salida?	> 30 minutos de pérdida.	10-30 minutos de pérdida.	< 10 min de pérdida.	Sí.
9.	¿Se respeta el horario en los descansos?	> 30 minutos de pérdida.	10-30 minutos de pérdida.	< 10 min de pérdida.	Sí.

(Continuación)

N.º	Criterio	Desf.	1	2	Fav.
		0			3
10.	¿El nivel de absentismo es bajo?	> 5%.	3-5%.	1-3%.	< 1%.
11.	¿Los operarios están dispuestos a prolongar su jornada, acudir en festivos, noches, fuera de su turno, etc., en caso de necesidad?	En absoluto.	Poblemático.	Habitualmente sí.	Siempre.
12.	¿En general, las O.T. se resuelven cumpliendo el programa de mantenimiento?	No hay programación o no se cumple.	Más de un 50% de diferencia.	Se cumple en más de un 80%.	La programación se cumple exactamente.
13.	¿El tiempo de intervención está de acuerdo con las tablas de tiempo normales?	> del doble de tiempo del normal.	30-100% de diferencia.	10-30% de diferencia.	< 10% de diferencia.
14.	¿La media de tiempos muertos no productivos es la adecuada?	> 40%.	30-40%.	20-30%.	< 20%.
15.	¿El personal cumplimenta correctamente las O.T.?	No, nunca.	Siempre incompletas.	Habitualmente, sí.	Sí, siempre.
16.	¿El organigrama resulta adecuado?	No se ajusta en absoluto a las necesidades.	Deficiencias en el organigrama.	Falta o sobra algún puesto.	Sí.
17.	¿El personal indirecto está en número adecuado?	Exceso de personal.	Deficiencias importantes.	Optimizable.	Sí.
18.	¿El personal indirecto tiene la formación adecuada?	No conocen mantenimiento.	Carencias importantes.	Tienen algunas carencias.	Sí.
19.	¿Los mandos intermedios (encargados y jefes de equipo) intervienen en la resolución de ordenes de trabajo?	Solo organizan el trabajo.	Raramente intervienen.	Habitualmente lo hacen.	50% de su tiempo intervienen.
20.	¿El organigrama general del departamento es adecuado?	Le faltan o le sobran funciones clave.	Le falta o le sobra alguna función importante.	Mejorable.	Perfecto.
MEDIOS TÉCNICOS					
21.	¿Los equipos de medida están calibrados?	Ninguno.	Muy pocos.	Casi todos.	Sí.
22.	¿Las herramientas para el mantenimiento mecánico se corresponden con lo que se necesita?	En absoluto.	Carencias importantes.	Falta algo.	Sí.
23.	¿Las herramientas para el mantenimiento eléctrico se corresponden con lo que se necesita?	En absoluto.	Carencias importantes.	Falta algo.	Sí.

(Continuación)

N.º	Criterio	Desf.	1	2	Fav.
		0			3
24.	¿Las herramientas para el mantenimiento de la instrumentación se corresponden con lo que se necesita?	En absoluto.	Carencias importantes.	Falta algo.	Sí.
25.	¿Existe un inventario de las herramientas que se usan en el departamento?	No.	Mucha diferencia con lo que hay.	Sí, pero no es completo.	Sí
26.	¿Los equipos están limpios y en buen estado?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí.
27.	¿Los equipos están colocados adecuadamente en el taller, y debidamente señalizados?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí.
28.	¿El <i>software</i> de gestión o el sistema de información de mantenimiento es el adecuado?	En absoluto.	Carencias importantes.	Mejorable.	Sí.
29.	¿El sistema aporta información fiable?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí.
30.	¿Los operarios consultan alguna vez los datos contenidos en el sistema de información?	Nunca, no les es útil.	Rara vez.	A veces, pero no mucho.	Muy a menudo.
31.	¿El número de horas invertido en introducir datos al sistema es bajo?	Muy alto.	Alto.	Adecuado.	Muy bajo.
32.	¿El taller de mantenimiento parece limpio y ordenado?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí.
33.	¿Está bien señalizado e identificado su interior?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí.
34.	¿Está situado en el lugar adecuado?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí.
35.	¿El taller cuenta con los medios adecuados al tipo de trabajo que se realiza?	En absoluto.	Carencias importantes.	Falta algo.	Sí.
36.	¿Las oficinas parecen limpias y ordenadas?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí.
37.	¿Se cuenta con los medios adecuados en la oficina (ordenadores, impresoras, faxes, teléfonos, etc.)?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí
MÉTODOS DE TRABAJO					
38.	¿Se ha realizado un análisis de equipos?	Nunca se ha estudiado.			Sí.
39.	¿Ese análisis establece el nivel de criticidad de cada equipo?	Nunca se ha estudiado.	Sí, pero con criterios incorrectos.	Sí, pero hay que reestudiarlo.	Sí, y está bien hecho.

(Continuación)

N.º	Criterio	Desf.	1	2	Fav.
		0			3
40.	¿En ese análisis se determina el modelo de mantenimiento más adecuado para cada equipo?	Nunca se ha estudiado.	Sí, pero con criterios incorrectos.	Sí, pero hay que reestudiarlo.	Sí, y está bien hecho.
41.	¿Se ha realizado un Plan de Mantenimiento Programado?	No.	Abarca pocos equipos.	Sí, pero no es completo.	Sí.
42.	¿Este plan resulta adecuado?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí.
43.	¿Hay una planificación de mantenimiento?	No.			Sí.
44.	¿Se emite un informe periódico que analiza la evolución del departamento de mantenimiento?	No.	Sí, pero es inadecuado.	Sí, pero es mejorable.	Sí.
45.	¿El informe aporta información útil para la toma de decisiones?	No.	Muy poca utilidad.	Es mejorable.	Sí.
46.	¿Existe un plan de Formación?	No.			Sí.
47.	¿Ese plan resulta adecuado?	No.	Poco adecuado.	Es mejorable.	Sí.
48.	¿El Plan de Formación se lleva a cabo?	No.	Muy poco.	Se intenta cumplir.	Rigurosamente.
49.	¿La proporción entre mantenimiento programado y no programado es la adecuada?	< 20%.	20-50%.	50-70%.	> 70%.
50.	¿Se trabaja con Órdenes de Trabajo o sistemas similares?	Nunca.	Raras ocasiones.	No siempre.	Sí.
51.	¿Existe un sistema establecido para asignar prioridades a las O.T.?	No.	Existe pero sin criterio.	Sí, pero los criterios no están muy claros.	Sí.
52.	¿Las Órdenes de Trabajo se recopilan y analizan?	Nunca.	Raras ocasiones.	No siempre.	Sí.
53.	¿Existen procedimientos para las intervenciones más habituales?	No.	Muy pocos.	Muchos.	Casi toda sí.
54.	¿Los operarios usan esos procedimientos?	Nunca.	Raras ocasiones.	No siempre.	Sí.
55.	¿Se proponen mejoras desde el área de mantenimiento?	Nunca.	Raras ocasiones.	No siempre.	Sí.
56.	¿Se recogen y analizan las mejoras que proponen los operarios?	Nunca.	Raras ocasiones.	No siempre.	Sí.

(Continuación)

N.º	Criterio	Desf.	1	2	Fav.
		0			3
MATERIALES					
57.	¿Existe una lista de repuesto mínimo a mantener en stock?	No.	Sí, pero no es válida.	Sí, pero es incompleta.	Sí.
58.	¿Los criterios para seleccionar ese repuesto mínimo son coherentes?	No.	Existe pero sin criterio.	Sí, pero los criterios no están muy claros.	Sí.
59.	¿Esa lista se actualiza y se mejora periódicamente?	No.			Sí.
60.	¿Se comprueba que los repuestos contenidos en la lista están realmente en la planta?	Nunca.	Raras ocasiones.	No siempre.	Sí.
61.	¿Existe un sistema de registro de entradas y salidas del almacén que permita conocer los movimientos del almacén en un periodo determinado?	No.	Sí, pero es inadecuado.	Sí, pero es mejorable.	Sí.
62.	¿Los materiales del almacén están colocados adecuadamente?	Es muy difícil encontrar algo.	Es preocupante.	Es mejorable.	Es muy fácil encontrar lo que se busca.
63.	¿La ubicación del/de los almacén/es es la adecuada?	No.	Poco adecuada.	Es mejorable.	Sí.
64.	¿Existe algún sistema para realizar inventarios periódicos?	No.	Poco adecuada.	Es mejorable.	Sí.
65.	¿Lo que se cree que se tiene coincide con lo que se tiene realmente?	Más de 25% de desviaciones.	15-25% de desviaciones.	Menos de un 15% de desviaciones.	Coincide perfectamente.
66.	¿Hay indicadores para medir la eficacia del almacén?	No.	Son insuficientes.	Sí, pero es mejorable.	Sí, y resultan adecuados.
67.	¿El sistema de compras es ágil?	Demasiado lento.	Lento.	Sí, pero es mejorable.	Sistema muy ágil.
68.	¿Existen indicadores para evaluar la eficacia del sistema de compras?	No.	Son insuficientes.	Sí, pero es mejorable.	Sí, y resultan adecuados.
69.	¿Los materiales siempre alcanzan la calidad que se necesita?	No.	Son insuficientes.	Sí, pero es mejorable.	Sí, y resultan adecuados.

(Continuación)

N.º	Criterio	Desf.	1	2	Fav.
		0			3
RESULTADOS OBTENIDOS					
70.	La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada.	Mala.	Se aleja del óptimo.	Pequeñas desviaciones.	Buena.
71.	La evolución de la disponibilidad es buena.	Está disminuyendo.	Tendencia a disminuir.	Está estabilizada.	Está aumentando.
72.	Tiempo medio entre fallos en equipos significativos.	Malo.	Se aleja del óptimo.	Pequeñas desviaciones.	Buena.
73.	Evolución del tiempo medio entre fallos.	Está aumentando.	Tendencia a aumentar.	Está estabilizada.	Está disminuyendo.
74.	N.º de O.T de Emergencia o de prioridad máxima.	Muy alto.	Alto.	Bajo.	Muy bajo.
75.	Evolución de las O.T de emergencia.	Está aumentando.	Tendencia a aumentar.	Está estabilizada.	Está disminuyendo.
76.	Tiempo medio de reparación.	Muy alto.	Alto.	Bajo.	Muy bajo.
77.	Evolución del tiempo medio de reparación.	Está aumentando.	Tendencia a aumentar.	Está estabilizada.	Está disminuyendo.
78.	Número de averías repetitivas.	Muy alto.	Alto.	Bajo.	Muy bajo.
79.	Evolución del número de averías repetitivas.	Está aumentando.	Tendencia a aumentar.	Está estabilizada.	Está disminuyendo.
80.	N.º de horas/hombre invertido en mantenimiento.	Muy alto.	Alto.	Bajo.	Muy bajo.
81.	Evolución de las horas en los últimos 4 años.	Está aumentando.	Tendencia a aumentar.	Está estabilizada.	Está disminuyendo.
82.	Coste del Mantenimiento contratado a fabricantes.	Muy alto.	Alto.	Bajo.	Muy bajo.
83.	Evolución del coste de mantenimiento contratado a fabricantes.	Está aumentando.	Tendencia a aumentar.	Está estabilizada.	Está disminuyendo.
84.	Gasto en repuestos.	Muy alto.	Alto.	Bajo.	Muy bajo.
85.	Evolución del gasto en repuestos.	Está aumentando.	Tendencia a aumentar.	Está estabilizada.	Está disminuyendo.
86.	Coste total de mantenimiento.	Muy alto.	Alto.	Bajo.	Muy bajo.
87.	Evolución del coste.	Está aumentando.	Tendencia a aumentar.	Está estabilizada.	Está disminuyendo.
88.	¿El resto de los indicadores que se usan son adecuados?	No.	Grandes dudas.	Algunos no.	Sí.

(Continuación)

N.º	Criterio	Desf.	1	2	Fav.
		0			3
89.	¿La evolución de todos ellos es positiva?	Todos van mal.	Algunos están empeorando.	Casi todos van bien.	Todos van bien.
SEGURIDAD					
90.	¿Se ha efectuado la evaluación de riesgos?	No.	Sí, pero está mal hecha.	Sí, aunque es mejorable.	Sí.
91.	¿Hay un Plan de Seguridad?	No.	Sí, pero está mal hecha.	Sí, aunque es mejorable.	Sí.
92.	¿El plan resulta adecuado?	No.	Poco adecuado.	Es mejorable.	Sí.
93.	¿La inspección visual de la planta hace pensar que se trata de una instalación segura?	No.	Ofrece dudas.	Es mejorable.	Sí.
94.	¿Los trabajadores reciben de forma periódica formación en seguridad?	No, nunca.	Rara vez.	Hay que aumentar la frecuencia.	Muy a menudo.
95.	¿Los trabajadores usan habitualmente los medios de protección individual?	No, nunca.	A veces.	No siempre.	Siempre.
96.	¿El nivel de accidentalidad es bajo?	Muy alto.	Preocupante.	Mejorable.	Muy bajo.
MEDIO AMBIENTE					
97.	¿Existe un Plan Medioambiental?	No.	Sí, pero está mal hecha.	Sí, aunque es mejorable.	Sí.
98.	¿En este plan se analizan adecuadamente los aspectos medioambientales y su significación?	No.	Sí, pero está mal hecha.	Sí, aunque es mejorable.	Sí.
99.	¿Este plan se lleva a cabo correctamente?	No, nunca.	A veces.	Casi siempre.	Siempre.
100.	El personal está mentalizado y actúa de acuerdo con el Plan Medioambiental?	En absoluto.	Le dan poca importancia.	Sí, aunque a veces no.	Siempre.
	N.º de casillas marcadas con esa puntuación				
	Puntos obtenidos				
CÁLCULOS: Puntuación máxima posible = $100 \times 3 = 300$ Puntos obtenidos = Índice= / 300=					
ÍNDICE DE CONFORMIDAD (IC) = %					
Observaciones:					

7.9.8. *El informe final*

Decíamos que el objetivo principal de la Auditoría de Calidad de Mantenimiento era identificar todos aquellos puntos susceptibles de optimización y proponer cambios organizativos y de gestión que supongan una mejora del sistema de mantenimiento. Por tanto, el informe de la auditoría debe describir la situación en que se encuentra cada uno de los aspectos analizados, haciendo especial mención a aquellos puntos en los que se detectan divergencias sobre el modelo de excelencia descrito anteriormente. Además, debe proponer los cambios necesarios para acercarse a ese modelo, indicando incluso plazos y responsables para llevar a cabo estos cambios.

El índice que podría tener ese informe final podría ser el siguiente:

1. Objeto.
2. Alcance de la auditoría.
3. Documentación de referencia.
4. Datos generales de la planta o instalación.
 - 4.1. Características generales (productos, capacidad de producción, accionistas).
 - 4.2. Grado de automatización.
 - 4.3. Antigüedad de las instalaciones.
 - 4.4. Ubicación geográfica. Problemas derivados de esa ubicación.
 - 4.5. Jornada de trabajo.
5. Análisis de la situación actual.
 - 5.1. Mano de obra directa.
 - 5.1.1. Cantidad.
 - 5.1.2. Cualificación.
 - 5.1.3. Organización.
 - 5.1.4. Rendimiento.
 - 5.2. Mano de obra indirecta.
 - 5.2.1. Cantidad.
 - 5.2.2. Organización.
 - 5.2.3. Cualificación.
 - 5.3. Materiales.
 - 5.3.1. Repuesto mínimo.
 - 5.3.2. Almacenes (situación, inventario, etc.).
 - 5.3.3. Compras.
 - 5.4. Medios técnicos.
 - 5.4.1. Talleres de mantenimiento.
 - 5.4.2. Herramientas.
 - 5.4.3. Plan de calibración.
 - 5.4.4. Sistema informático.
 - 5.5. Métodos de trabajo.

- 5.5.1. Análisis de equipos.
- 5.5.2. Plan de mantenimiento.
- 5.5.3. Plan de Formación.
- 5.5.4. Procedimientos.
- 5.6. Resultados obtenidos en mantenimiento.
 - 5.6.1. Disponibilidad de equipos.
 - 5.6.2. Análisis de indicadores.
 - 5.6.3. Costes. Análisis de partidas.
 - 5.6.4. Estado de las instalaciones.
- 5.7. Seguridad.
 - 5.7.1. Plan de seguridad.
 - 5.7.2. Utilización de Equipos de Protección Individual.
 - 5.7.3. Resultados en seguridad.
 - 5.7.4. Impresiones sobre la seguridad de la planta.
- 5.8. Tratamiento del impacto medioambiental.
 - 5.8.1. Plan medioambiental.
 - 5.8.2. Mentalización del personal sobre el impacto medioambiental.
 - 5.8.3. Tratamiento de residuos.
 - 5.8.4. Otros impactos y su tratamiento.
- 5.9. Índice de conformidad obtenido.
- 6. Resumen de los problemas detectados.
- 7. Plan de Acción. Propuestas de mejora.
- 8. Calendario de realización y responsables.
- 9. Cuestionario de la auditoría.

La parte más importante del informe corresponde a los apartados 6, 7 y 8, donde se identifican problemas y se proponen soluciones. Es la parte del informe que leerá con mayor atención la Dirección de la empresa, y será la base del trabajo de los responsables de mantenimiento durante el periodo posterior a la auditoría.

El informe debe identificar como problemas detectados todos aquellos aspectos cuya valoración sea «0» o «1». Estos serán los puntos que se deben tratar detalladamente en el apartado correspondiente al Análisis de la situación actual.

Es importante que el Plan de Acción contemple, además de las recomendaciones o propuestas, un responsable para su realización y una fecha máxima en la que deberá llevarse a cabo cada una de las acciones propuestas. La ausencia de este apartado destinado a definir plazos y responsabilidades hará que las acciones se diluyan y que no haya un compromiso claro para implantar esas mejoras.

7.9.9 Frecuencia recomendable para realizar Auditorías de Calidad de Mantenimiento

Aunque depende ciertamente del tipo de empresa y de la situación de partida, es recomendable realizar un programa de auditorías en el que se reflejen las fechas de realización. Al principio es recomendable que la frecuencia sea mayor, y a partir de la 3.^a o la 4.^a, en que las posibilidades de optimización son menores, puede rebajarse enormemente la frecuencia.

Como frecuencias de referencia, pueden tomarse las siguientes:

- Las 3 primeras, a intervalos de 3-4 meses.
- A partir de la 4.^a, anuales.

7.9.10. Valores de referencia del Índice de Conformidad

Con el cuestionario anterior, pueden establecerse los siguientes valores de referencia:

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| — < 40% de Índice de conformidad | Sistema muy deficiente. |
| — 40-60% de Índice de conformidad | Aceptable pero mejorable. |
| — 60-75% de Índice de conformidad | Buen sistema de mantenimiento. |
| — 75-85% de Índice de conformidad | El sistema de mantenimiento es muy bueno. |
| — > 85% de Índice de conformidad | El sistema de mantenimiento puede considerarse excelente. |

Gestión de la prevención de riesgos laborales

La preocupación creciente por el aumento de la siniestralidad laboral ha hecho que los gobiernos y las distintas administraciones hayan tomado carta en la prevención de los riesgos laborales. A la presión social para «hacer algo» que reduzca el número y la gravedad de los accidentes se une el alto coste que para el Estado y las empresas tienen los accidentes de trabajo.

Por desgracia, las actuaciones gubernamentales se han dirigido más a derimir responsabilidades y castigar a los culpables que a buscar mecanismos reales para prevenir los riesgos. Un dato clarificador: desde que en España se puso en marcha la nueva normativa sobre prevención de riesgos, que asumía la Directiva Marco de la Unión Europea en esa materia, el número y gravedad de los accidentes laborales no ha disminuido en absoluto (ha aumentado, de hecho).

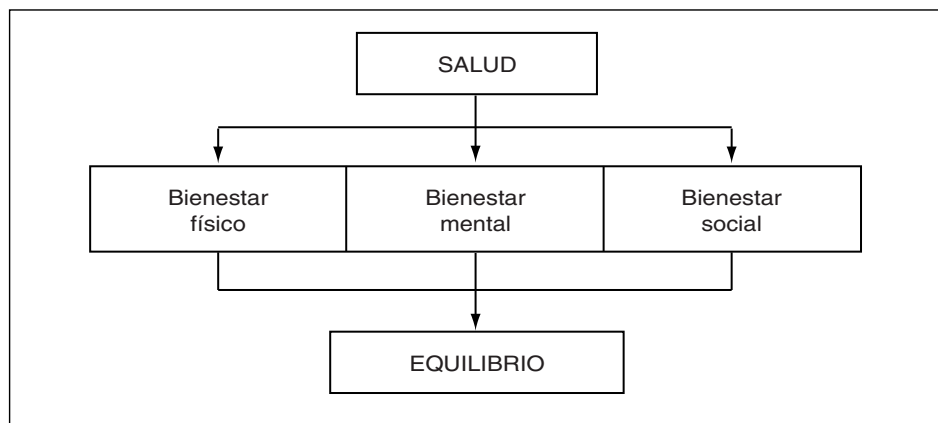
Las responsabilidades que atribuye la nueva normativa al Responsable de Mantenimiento son importantes: junto con sus propios mandos, es el responsable de velar por la seguridad de los trabajadores a su cargo, de garantizar la ausencia de accidentes.

Según la nueva normativa de prevención de riesgos laborales, lo primero que hay que intentar es *evitar los riesgos*, y si no se puede conseguir, *evaluar los riesgos que no se puedan evitar* y tomar las medidas necesarias para *minimizar esos riesgos*. Es preciso analizar los accidentes de trabajo y buscar sus causas, evitando explicarlos por la mala suerte, la casualidad, o achacarlos exclusivamente a la falta de cuidado del operario. Es necesario combatir los riesgos en su origen. Será también necesario descubrir los riesgos de contraer enfermedades profesionales, teniendo en cuenta los contaminantes existentes, su concentración, intensidad y exposición a los mismos.

Además de estos daños, la salud de los trabajadores puede verse agredida como consecuencia de la carga de trabajo, física y mental, y, en general, de los factores psicosociales y organizativos capaces de generar fatiga, estrés, insatisfacción laboral, etc.

Todas estos factores deben ser estudiados y tenidos en cuenta, con el objetivo último de conseguir puestos de trabajo seguros y saludables, buscando

el bienestar de los trabajadores. Según la OMS³⁹, se define Salud como el estado de bienestar físico, mental y social completo.



La gestión de la prevención se asienta en 6 factores clave:

1. *El compromiso de la Dirección.* La Dirección de la empresa ha de dejar clara su voluntad y sus objetivos en cuanto a la seguridad y debe definir funciones y responsabilidades dentro de la organización.
2. *Diagnóstico de situación, evaluación de riesgos y control periódico.* La empresa debe asegurar que se analizan y evalúan los riesgos asociados al trabajo, y que la seguridad se audita periódicamente para comprobar el cumplimiento de las directivas marcadas.
3. *La planificación preventiva.* La empresa debe fijarse objetivos en materia de seguridad, debe aportar los medios para alcanzarlos y debe controlar los resultados periódicamente.
4. *La organización preventiva.* Debe contarse con un Servicio de Prevención, ya sea interno o externo. Deben formarse además los Comités de Seguridad y Salud, y designarse los delegados de prevención.
5. *La recogida y el tratamiento de la información.* Debe asegurarse la recogida de toda la información que genera el programa de prevención, y debe asegurarse de que esa información llega a todos los interesados.
6. *La formación e información.* Deben desarrollarse todas las acciones formativas e informativas para la aplicación del programa preventivo.

Por último, es necesario aclarar que la intención de este capítulo no es realizar un estudio pormenorizado sobre la seguridad en los departamentos de

³⁹ Organización Mundial de la Salud.

Mantenimiento. Existen multitud de libros de tratan el tema en profundidad, y con un nivel de detalle que escapa a los fines de este libro. En este capítulo se pretende tan solo dar una idea a los Responsables de Mantenimiento sobre sus implicaciones en el área de seguridad, y la forma de gestionar este área.

8.1. RIESGOS LABORALES EN MANTENIMIENTO

Se define *riesgo laboral* como la «posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo». La actividad de mantenimiento conlleva mayor riesgo que otras actividades en el mundo de la empresa.

En casi todas las actividades, los riesgos inherentes suelen estar perfectamente identificados. Curiosamente, la lista de riesgos en cualquier actividad no va más allá de 40. En mantenimiento se pueden agrupar en 27 categorías. A continuación se incluye una lista con esas categorías y una breve descripción de cada una de ellas.

8.1.1. Caída de personas a distinto nivel

Incluye tanto las caídas desde alturas (edificios, andamios, árboles, máquinas, vehículos, etc.) como en profundidad (puentes, excavaciones, aperturas en el suelo, etc.).

Ejemplo: caída desde un andamio, caída desde una escalera, caída a una zanja.

Prevención:

- Colocar barandillas, alambreras, rejas, etc., hasta una altura suficiente.
- Señalizar las zanjass de manera eficaz.
- Utilizar únicamente escaleras en perfecto estado.
- Utilizar escaleras de la manera correcta.
- Mover las escaleras o andamios cuantas veces haga falta para trabajar con comodidad.
- Asegurarse de que se dispone de la iluminación adecuada.
- No trabajar en altura si se tienen problemas con la altura (vértigo, etc.) o si uno no se siente mal.
- No hacer movimientos bruscos o arriesgados.

Equipo de protección individual: Arnés de seguridad tipo paracaidista.

8.1.2. Caída de personas al mismo nivel

Incluye caídas en lugares de paso o superficies de trabajo y caídas sobre o contra objetos.

Ejemplo: tropiezo con un objeto caído en el suelo.

Prevención:

- La limpieza y el orden son los mejores mecanismos de prevención.

8.1.3. Caída de objetos por desplome

Comprende las caídas de edificios, muros, andamios, escaleras, pilas de productos, etc., y de masas de tierra, rocas y aludes.

Ejemplo: derrumbe de estructura.

Prevención:

- No realizar trabajos en edificios y estructuras que ofrezcan dudas sobre su estabilidad, ni siquiera cerca de ellas.

Equipo de protección individual: casco.

8.1.4. Caídas de objetos por manipulación

Comprende las caídas de herramientas y materiales sobre un trabajador, siempre que el objeto haya caído sobre la misma persona que lo estaba manipulando.

Ejemplo: caída de un objeto en el pie del operario que estaba realizando un trabajo con ese objeto.

Prevención:

- Orden y limpieza de los bancos de trabajos.
- Trabajar sin más prisa de la necesaria, a la velocidad en que la manipulación de los objetos pueda realizarse con perfecto control de sus movimientos.
- Trabajar con los guantes adecuados para cada trabajo, y trabajar sin ellos cuando exista riesgo de no poder sujetar bien los objetos.

Equipos de protección individual: botas de seguridad, casco.

8.1.5. Caídas de objetos desprendidos

Comprende las caídas de herramientas y materiales sobre un trabajador, siempre que éste no los estuviera manipulando.

Ejemplo: caída de herramienta que se ha dejado olvidado en la parte superior de una máquina.

Prevención:

- Orden y limpieza de las zonas de trabajo.
- Señalización de las zonas de trabajo.
- Aseguramiento de todos los elementos que pueden desprenderse por vibraciones o por la acción del viento.
- Reapriete periódico de tornillos y pernos en partes de equipos que puedan desprenderse.
- Vigilancia periódica de los elementos de sujeción.
- No trabajar debajo de zonas en las que se estén efectuando otros trabajos.

Equipos de protección individual: casco, ropa de trabajo, botas de seguridad.

8.1.6. Pisadas sobre objetos

Incluye los accidentes que dan lugar a lesiones como consecuencia de pisadas sobre objetos cortantes o punzantes.

Ejemplo: pisada sobre una tabla con clavos.

Prevención:

- Orden y limpieza de las zonas de trabajo.
- Asegurarse de que se trabaja con iluminación suficiente.

Equipo de protección individual: botas de seguridad.

8.1.7. Golpes contra objetos inmóviles

Considera al trabajador como parte dinámica, es decir, que interviene de forma directa y activa, golpeándose contra un objeto que no estaba en movimiento.

Ejemplo: golpe en la cabeza con una viga.

Prevención:

- Orden de la zona de trabajo.
- Colocar siempre las mismas cosas en los mismos lugares, marcando el suelo, incluso.
- Proteger los salientes de estructuras o máquinas de manera que nadie pueda golpearse.
- Señalizar adecuadamente los salientes que no se puedan proteger.
- Asegurarse de que se trabaja con la iluminación suficiente.

Equipos de protección individual: casco, gafas de seguridad, ropa de trabajo, botas de seguridad.

8.1.8. Golpes y contactos contra objetos móviles de una máquina

El trabajador sufre golpes, cortes o rasguños ocasionados por elementos móviles de máquinas o instalaciones. No se incluyen los atrapamientos.

Ejemplo: corte en una mano con una sierra circular.

Medidas preventivas:

- Cumplir las normativas existentes en referencia a la protección de las partes móviles de máquinas, para evitar el contacto directo.
- Aislar los equipos de las fuentes de energía (eléctrica, neumática, hidráulica, etc.) antes de manipular sobre ellos, evitando su puesta en marcha accidental mediante candados de llave única, palancas, etiquetas identificativas, etc.
- No retirar nunca las seguridades de las máquinas.
- Cuando sea necesario retirar una seguridad para poder observar una máquina o efectuar una reparación, trabajar con sumo cuidado.

Equipos de protección individual: casco, guantes.

8.1.9. Golpes y cortes por objetos o herramientas

El trabajador es lesionado por objetos o herramientas que se mueven por fuerzas diferentes a la gravedad. Se incluyen martillazos, golpes contra otras herramientas u objetos. No se incluyen los golpes por caídas de objetos.

Ejemplo: martillazo en una mano, al clavar un clavo.

Medidas preventivas:

- No utilizar herramienta en mal estado, no utilizar herramienta para fines para los que no está diseñada.

Equipos de protección individual: casco, guantes, botas de seguridad.

8.1.10. Proyección de fragmentos o partículas

Comprende los accidentes debidos a la proyección sobre el trabajador de partículas o fragmentos voladores procedentes de máquinas o herramientas.

Ejemplo: restos de virutas metálicas en los ojos, provenientes de una radial.

Medidas preventivas:

- Todas las personas que estén efectuando trabajos con herramientas de corte o con soldadura, o las personas que estén cercanas a ellas, deben llevar gafas de seguridad. Situar a una distancia adecuada de equipos y elementos que se prevea puedan proyectar otros objetos.

Equipos de protección individual: gafas de seguridad, casco.

8.1.11. Atrapamientos por o entre objetos

Atrapamientos con elementos de máquinas, distintos materiales, etc.

Ejemplo: atrapamiento de mano en el interior de una máquina que se está reparando.

Medidas preventivas:

- No desconectar las seguridades de las máquinas. Cuando se trabaje en equipos en los que necesariamente ha habido que desconectar seguridades, hacerlo con el máximo de precaución. No trabajar nunca en equipos en movimiento si el operario no se encuentra en buen estado físico.

Equipos de protección individual: guantes.

8.1.12. Atrapamientos por volcado de máquinas

Incluye los atrapamientos debidos al volcado de tractores, vehículos u otras máquinas que dejan al trabajador aprisionado.

Ejemplo: atrapamiento en grúa por volcado, al intentar levantar una carga superior a la de la especificación de la máquina.

Medidas preventivas:

- Determinados equipos (carretillas elevadoras, grúas, tractores) solo deben ser manejados por personal debidamente adiestrado. Respetar siempre las especificaciones de las máquinas. Montar sistemas de seguridad que impidan a las máquinas trabajar por encima de sus especificaciones.

8.1.13. *Sobreesfuerzos*

Accidentes originados por utilización de cargas o por movimientos mal realizados.

Ejemplo: lumbalgias provocadas por levantamientos de cargas de manera inadecuada.

Medidas preventivas:

- Formar al personal en el manejo de cargas. En algunos casos puede ser conveniente realizar ejercicios de calentamiento antes de iniciar la jornada.

8.1.14. *Exposición a temperaturas extremas*

Accidentes causados por alteraciones fisiológicas al encontrarse los trabajadores en un ambiente excesivamente frío o caliente.

Ejemplo: mareos provocados por una bajada de tensión, al trabajar en una nave que supera los 45° de temperatura.

Medidas preventivas:

- Relevar continuamente a trabajadores que deban trabajar en ambientes muy calientes. Acondicionar térmicamente los lugares de trabajo.

8.1.15. *Contactos térmicos*

Accidentes por contacto de cualquier parte del cuerpo con objetos que se encuentran a temperaturas extremas.

Ejemplo: quemaduras al tocar un tubo a una temperatura superior a 60 °C.

Medidas preventivas:

- Aislar todos los puntos calientes que estén al alcance la mano. Señalizar adecuadamente todos los puntos calientes que no puedan ser aislados. Aislar y enfriar determinados equipos antes de trabajar en ellos.

Equipos de protección individual: guantes, gafas de seguridad.

8.1.16. *Contactos eléctricos directos*

Es el contacto de personas con partes activas (fase o neutro) de una instalación, o con partes de la misma que normalmente están bajo tensión.

Ejemplo: tocar con la mano una fase al desembornar un motor.

Medidas preventivas:

- Antes de intervenir en los equipos, deben estar aislados de toda fuente de tensión, y puestos a tierra. Los cuadros o interruptores que ponen en marcha los equipos deben estar bloqueados con candado de llave única, que debe guardar el operario que están trabajando. El operario que va a intervenir debe comprobar personalmente la ausencia de tensión.

Equipos de protección individual: guantes dieléctricos, herramienta aislada, botas dieléctricas.

Equipos de protección colectivos: interruptores diferenciales, puestas a tierra.

8.1.17. Contactos eléctricos indirectos

Es el contacto eléctrico con masas puestas accidentalmente bajo tensión, que en condiciones normales de funcionamiento están sin tensión.

Ejemplo: contacto eléctrico con la carcasa de una máquina que accidentalmente estaba en contacto con una fase en tensión.

Medidas preventivas:

- Las máquinas deben estar conectados a la tensión eléctrica a través de interruptores diferenciales. Realizar trabajos de mantenimiento siempre en equipos sin tensión, tal y como se detalla en el punto anterior. Comprobar periódicamente el aislamiento de los equipos y la puesta a tierra. Mantener apropiadamente los equipos.

Equipos de protección individual: guantes dieléctricos, herramientas aisladas.

Equipos de protección colectivo: interruptores diferenciales, puestas a tierra.

8.1.18. Inhalación o ingestión de sustancias nocivas

Accidentes causados por estar en una atmósfera tóxica, o por ingestión de productos nocivos. Se incluyen las asfixias y los ahogamientos.

Ejemplo: beber ácido clorhídrico de una botella de plástico sin etiquetar, destinada inicialmente a contener agua mineral. Inhalación de gases tóxicos al trabajar con productos químicos.

Medidas preventivas:

- No utilizar nunca envases de bebidas para contener cualquier producto químico. En espacios confinados (depósitos, columnas de des-

tilación, etc.) realizar las pruebas necesarias antes del inicio de los trabajos para asegurar la ausencia de gases tóxicos. Cuando se trabaje con productos químicos que puedan provocar emisiones gaseosas, trabajar siempre con mascarilla o ventilación asistida.

Equipos de protección individual: mascarilla, equipo de respiración autónomo.

8.1.19. Contactos con sustancias caústicas y/o corrosivas

Accidentes por contactos con sustancias y productos de esa naturaleza que dan lugar a lesiones externas.

Ejemplo: quemaduras provocadas por contacto con ácido sulfúrico.

Medidas preventivas:

- Todo el personal que trabaja con productos químicos debe recibir formación específica sobre su manejo, sus riesgos y forma de actuación en caso de contacto accidental.

Equipos de protección individual: guantes, pantallas faciales, gafas de seguridad, ropa de trabajo.

Equipos de protección colectivos: duchas de emergencia, lavaojos.

8.1.20. Exposición a radiaciones

Accidentes causados por exposición a radiaciones, tanto ionizantes como no ionizantes.

Ejemplo: lesiones causadas en los trabajos realizados en la reparación de un reactor nuclear.

Medidas preventivas:

- Todas las zonas expuestas a radiación deben estar señalizadas. El personal que trabaje en esas zonas deberá tener una autorización especial. Deberá seguirse estrictamente la normativa al respecto.

Equipos de protección individual: ropa de trabajo especial.

Protección colectiva: aislamiento de lugares expuestos a radiación

8.1.21. Explosiones

Acciones que dan lugar a lesiones causadas por la onda expansiva o sus efectos secundarios.

Ejemplo: lesiones causadas por la explosión de una estación reguladora de gas.

Medidas preventivas:

- Los trabajos que se realicen en depósitos de combustible y materiales susceptibles de detonaciones, deflagraciones, etc., deberán contar con permisos especiales de trabajos, en los que personal de seguridad específico compruebe las condiciones de trabajo y adopte las medidas necesarias.

8.1.22. Incendios

Accidentes producidos por los efectos del fuego o sus consecuencias.

Ejemplo: asfixia al apagar un incendio en la planta. Quemaduras como consecuencia de un incendio.

Medidas preventivas:

- Seguir estrictamente la normativa específica en materia de incendios. Mantener adecuadamente los equipos de protección contraincendios. Redactar y aplicar un Plan de Emergencia.

Equipos de protección individual: ropa de trabajo ignífuga.

8.1.23. Causados por seres vivos

Se incluyen los accidentes causados directamente por personas y animales, como agresiones, golpes, picaduras o mordeduras.

Ejemplos: mordedura por un perro del personal de seguridad. Picaduras de abejas, procedentes de un abispero situado en un cuadro eléctrico. Mordeduras de rata.

Medidas preventivas:

- Adiestrar adecuadamente los animales de seguridad. Realizar las revisiones y vacunaciones que correspondan. Desinfectar la planta con la frecuencia debida por empresas especializadas.

8.1.24. Atropellos, golpes y choques con o contra vehículos

Comprende los atropellos de personas por vehículos, así como los accidentes de vehículos en que el trabajador lesionado se desplaza sobre el vehículo. No se incluyen los accidentes de tránsito.

Ejemplo: atropello de un operario por una carretilla elevadora.

Medidas preventivas:

- Los vehículos de la planta deben ser conducidos únicamente por personal autorizado, que haya recibido la instrucción necesaria. La ve-

locidad máxima en la planta no debe sobrepasarse. Vehículos y peatones deben tener claramente señalizados sus lugares de circulación.

8.1.25. Causas naturales (infarto, embolia, etc.)

Se incluyen los accidentes sufridos en el centro de trabajo, que no son consecuencia del propio trabajo, sino que se deben a causas naturales.

Ejemplo: infarto sufrido por un operario de mantenimiento durante el desempeño de su puesto de trabajo.

Medidas preventivas:

- Realizar revisiones médicas periódicas.
- Eliminar o reducir al máximo posible los tres factores de riesgo más importantes: tabaquismo, sobrepeso y falta de ejercicio.
- Asegurarse de que los trabajadores disponen del tiempo de descanso necesario.

8.1.26. Agentes físicos

Incluyen accidentes causados por las distintas manifestaciones energéticas, como el ruido, las vibraciones, las radiaciones térmicas, etc.

Ejemplo: daños en el tímpano en operarios que trabajan en ambientes muy ruidosos.

Medidas preventivas:

- No permanecer por espacios prolongados de tiempo en ambientes con presencia de agentes físicos que sobrepasen los límites establecidos. Si se ha de permanecer, adoptar las medidas de protección colectiva (insonorizaciones, etc.) o individuales.

Equipos de protección individual: protectores acústicos.

8.1.27. Agentes biológicos

Incluyen accidentes causados por virus, bacterias, hongos y parásitos.

Ejemplo: infecciones por legionella en personal que trabaja cerca de torres de refrigeración.

Medidas preventivas:

- Mantener las instalaciones debidamente protegidas frente a agentes biológicos nocivos. Respetar las normativas existentes en esa materia, en determinadas instalaciones especiales (torres de refrigeración, embalses de agua, etc.).

Equipos de protección individual: mascarillas.

8.1.28. *Otros*

Cualquier otro riesgo o enfermedad no incluida en los apartados anteriores.

8.2. EVALUACIÓN DE RIESGOS

Según se estipula en la LPRL, todos los riesgos que no puedan ser evitados deben ser evaluados. La definición que hace la Unión Europea de la Evaluación de Riesgos es la siguiente:

Evaluación de Riesgos es el proceso de valoración de los daños que podrían ocasionarse como consecuencia del riesgo que entraña, para la salud y seguridad de los trabajadores, la posibilidad de que se verifique un determinado peligro en el lugar de trabajo.

Existen diferentes métodos para evaluar los riesgos existentes. El método Lest y el método Renault permiten obtener guías de análisis de las condiciones de trabajo, y permiten clasificar los factores que pueden afectar al bienestar de los trabajadores.

En cambio, el método de William T. Fine evalúa los riesgos en función de su grado de peligrosidad, que se define como el producto de tres factores: consecuencia, exposición y probabilidad.

$$\text{Grado de Peligrosidad} = \text{Exposición} \times \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencia}$$

La exposición mide la frecuencia a la que el personal se expone al riesgo que se evalúa. Los valores que se establecen para este parámetro van desde 0,5, para situaciones que suceden muy raramente, hasta 10, si ocurren constantemente.

La probabilidad mide la posibilidad de que un riesgo acabe siendo un accidente real. Los valores que se establecen oscilan entre 0,5, si no ha sucedido nunca pero es remotamente posible que ocurra, hasta 10, si se estima que es seguro que el evento que se analiza ocurra.

Por último, *la consecuencia* trata de reflejar el resultado final de un accidente. Su valoración se halla entre 1, para pérdidas muy pequeñas, y 50, para el caso de una o varias muertes.

La Figura de la página siguiente detalla algunos valores estimados para cada uno de los parámetros anteriores.

Con esta escala, cuando el *Grado de Peligrosidad* supera el valor de 100 hay que tomar acciones correctoras que disminuyan el mismo.

Factor	Descripción	Valoración
Consecuencia	Varias muertes, daños superiores a 50.000 Euros	50
	Una muerte, daños de 10.000 a 50.000 Euros	30
	Lesiones muy graves, daños de 2.000 a 5.000 Euros	20
	Accidente con baja, daños de 500 a 2.000 Euros	10
	Accidente sin baja, daños menores a 500 Euros	2
Exposición	De manera continua	10
	Una vez al día o más	7
	Una vez por semana	4
	Una vez por mes	2
	Una vez al año	1
	Raramente	0,5
Probabilidad	Si la situación ocurre acabará en accidente	10
	La probabilidad de que acabe en accidente es superior al 50%	5
	La probabilidad es menor de 10%	3
	Sería extraño que sucediera (menos del 1%)	1
	Nunca se ha dado, pero teóricamente es posible	0,5

El método Fine define también el *Grado de Justificación* de una medida correctora, adoptada para disminuir el *Grado de Peligrosidad* de un determinado riesgo:

$$Justificación = \frac{Grado\ de\ peligrosidad}{Factor\ de\ Coste \times Grado\ de\ Corrección}$$

El *Factor de Coste* es un factor variable dependiente del coste que tenga la medida que se pretende adoptar.

Factor de coste	
Más de 10.000 euros	10
Entre 5.000 y 10.000 euros	5
Entre 1.000 y 5.000 euros	3
Entre 200 y 1.000 euros	1
Menos de 200 euros	0,5

El *Grado de Corrección* expresa numéricamente la disminución del riesgo con la aplicación de la medida.

Grado de Corrección	
Eliminación del riesgo	1
Disminución en un 75%	2
Disminución en un 50%	3
Disminución en un 25%	4
Disminución menor del 25%	5

Con la aplicación de este método, se entiende que una medida aplicable debe tener una *Justificación* superior a 10.

8.3. PLAN DE SEGURIDAD

El Plan de Seguridad es el documento en el que se recoge la planificación de la actividad preventiva. En este documento se define:

- Qué hay que hacer.
- Quién es el responsable de realizarlo.
- Qué objetivo se pretende.
- Qué medios y recursos necesitamos emplear para llevarlo a cabo.

Es importante entender que el Plan de Seguridad es una consecuencia del Análisis de Riesgos: a partir de este análisis, tendremos que decidir qué vamos a hacer para minimizar los riesgos.

Entre los puntos que debe contemplar un Plan de Seguridad deben estar los siguientes:

1. La política de la empresa en materia de Prevención de Riesgos. Debe ser una declaración de principios de la más alta instancia de la empresa.
2. Los objetivos y metas a alcanzar con la aplicación del plan.
3. Las actuaciones en materia de seguridad y prevención.
4. Las funciones y responsabilidades de cada individuo.
5. Cómo se va a realizar la formación e información de los trabajadores en materia preventiva.
6. Cómo se llevará a cabo la vigilancia de la salud de los trabajadores.

8.4. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)

Según el Real Decreto 773/1997, «se entenderá por EPI cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como

cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin». El artículo 17 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales dice que «el empresario deberá proporcionar EPI adecuados a sus trabajadores para el desempeño de sus funciones, y velar por el uso efectivo de los mismos cuando, por la naturaleza de los trabajos realizados, sea necesario». La citada ley también regula la obligatoriedad de su uso, cuando, en su artículo 29-2.º (Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos) afirma: «utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario, de acuerdo con las instrucciones recibidas de este».

Los equipos de protección individual sirven para proteger al trabajador cuando ya se han adoptado todas las medidas posibles para evitar el riesgo, y además, se han tomado las medidas de protección colectiva, existiendo aún riesgo para el trabajador. Es conveniente recordar que los EPI deben usarse como último recurso, cuando los dos anteriores (evitar el riesgo y adoptar medidas de protección colectiva) no son suficientes.

Como indica el artículo 29-2.º de la LPRL, es obligatorio para el trabajador su uso, una vez determinada la necesidad en la Evaluación de Riesgos⁴⁰. Las zonas en que sea obligatorio su uso deben estar debidamente señalizadas, con carteles en los que se indique el tipo de EPI necesario y la obligatoriedad de su uso.

Las características generales de este tipo de equipos son las siguientes:

- Deben estar homologados, alcanzando las especificaciones aplicables en las normativas que sean de aplicación y con las preceptivas certificaciones.
- Es un equipo de uso individual, no pudiendo ser compartido por varias personas.

Los equipos de protección individual más usuales en mantenimiento, según hemos visto en la descripción de riesgos, son los siguientes:

- Casco.
- Botas de seguridad.
- Guantes:
 - De lana.
 - De tela.
 - De piel.

⁴⁰ El uso de los EPI es obligatorio siempre. En ocasiones se entiende erróneamente que si un EPI molesta, produce heridas o se determina que el uso de un EPI es nocivo para un trabajador, éste está eximido de su uso. Es el caso, por ejemplo, de las botas de seguridad. Algunos trabajadores no pueden llevarlas, por provocarles molestias en los pies. Lo que determina la legislación vigente es que en el caso de que un EPI no pueda ser usado por un trabajador, se le debe destinar a otro puesto de trabajo, pero si trabaja en una zona en la que sea necesario ese equipo de protección individual, debe llevar el EPI correspondiente.

- Dieléctricos.
- De neopreno.
- Protectores acústicos.
- Protector facial.
- Gafas o lentes de seguridad.
- Arnés o cinturón de seguridad.

Otros equipos menos frecuentes pueden ser:

- Equipos de respiración autónomos. Se usan sobre todo en trabajos en espacios confinados en los que existen riesgos de emanaciones.
- Ropas especiales para protección contra la radiación, contra ácidos, contra humedad, ignífuga, etc.

Es muy importante asegurarse de que el personal sabe usar correctamente los EPI. La mejor manera es realizar una acción formativa, tanto teórica como práctica, tanto en el momento de la incorporación del personal a la empresa (para ello, será necesario incluir este punto en la formación básica de acogida) como periódicamente.

8.5. INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES

Siempre que se produce un accidente o un incidente, éste debe investigarse. Es un error pensar que sólo deben investigarse los sucesos que dan lugar a un accidente. En general, y puesto que hay responsabilidades personales en juego, es posible que en caso de accidente la información que se facilite para la investigación no sea todo lo fiable que debiera. En el caso de sucesos que no originan accidentes, la información facilitada suele ser muy exacta y fiable, al no estar en juego ninguna responsabilidad. Por ello, suele ser más interesante investigar los hechos leves que los graves, pues en la mayoría de los casos la única diferencia entre el accidente con consecuencias y sin consecuencias es la casualidad⁴¹.

⁴¹ Imaginemos el caso de una caja pesada que cae al suelo desde una altura considerable. Si no cae sobre nadie, el incidente será leve, y en la mayoría de los casos ni se analizará ni se investigará. Imaginemos el mismo caso, pero la caja cae esta vez sobre un operario que pasaba, causándole la muerte. Las circunstancias son las mismas: la caja estaría apilada de forma inadecuada, se estaba manipulando erróneamente, el soporte era insuficiente, etc. Las consecuencias, en cambio son muy diferentes. La diferencia entre una situación y otra es tan solo la casualidad (un operario estaba debajo en ese momento), pero las causas de ambos son las mismas. Cuando tratemos de investigar el accidente en el segundo caso, pueden derivarse responsabilidades personales, civiles o penales, por lo que la información que recopilamos puede no ser precisa, para tratar de evitar que esas responsabilidades recaigan sobre alguien en concreto. En cambio, al investigar el accidente leve, nadie tendrá problemas para facilitar toda la información necesaria, con todo lujo de detalles. La investigación de accidentes leves suele ser más valiosa que la investigación de accidentes graves.

La investigación de un accidente trata de aportarnos información de dónde, cuándo, cuántos, cómo y por qué suceden los accidentes, y su objetivo último es tratar de que no vuelvan a ocurrir. Por desgracia, otro de los objetivos puede ser derimir responsabilidades, razón por la que una parte de la información obtenida suele ser poco fiable.

La investigación de un accidente tiene una serie de fases:

1. Recopilación de datos.
2. Integración de estos datos.
3. Determinación de las causas que han originado el accidente.
4. Conclusiones y propuestas de soluciones.

Los departamentos de seguridad de las empresas, o las empresas externas encargadas de la prevención de riesgos, suelen tener formatos preparados para facilitar la investigación de accidentes. Estos formularios suelen tener una serie de apartados comunes, como son:

- Datos generales (nombre del accidentado, fecha del accidente, sección, etc.).
- Clase de accidente: caída al mismo nivel, a diferente nivel, golpe contra objeto inmóvil, etc.
- Parte del cuerpo afectada.
- Agente causante (escaleras, producto químico, objeto inmóvil, etc.).
- Consecuencias del accidente.
- Medidas preventivas adoptadas.

Estos datos suelen tratarse estadísticamente, de manera que en un periodo determinado pueda obtenerse información valiosa sobre la hora en la que suceden mayor número de accidentes, los tipos de accidentes más frecuentes, las partes del cuerpo más expuestas, etc., que nos permitirán centrar los esfuerzos preventivos en aquellos factores que más incidencia estén teniendo en la seguridad.

8.6. ÍNDICES DE EVOLUCIÓN DE LA SEGURIDAD

Los índices o indicadores generales que es conveniente calcular y estudiar en una planta para observar la evolución de la accidentabilidad son los siguientes:

- *Índice de frecuencia de accidentes*

$$If = \frac{\text{N.º de accidentes con baja} \times 1.000.000}{\text{Horas trabajadas}}$$

— *Índice de gravedad*

$$Ip = \frac{\text{N.º de jornadas perdidas} \times 1.000}{\text{Horas trabajadas}}$$

Una explicación más detallada acerca de estos y otros índices de gestión se encuentran en el capítulo Gestión de la Información, en el apartado referente a Indicadores.

8.7. ACCIDENTES MÁS FRECUENTES EN MANTENIMIENTO

Veíamos que los riesgos en mantenimiento pueden agruparse en 27 categorías, pero no todas ellas agrupan en la misma proporción los accidentes que se producen en mantenimiento.

Cuatro de los riesgos suponen más del 50% de los accidentes:

1. Los golpes y cortes por objetos o herramientas.
2. Los sobreesfuerzos.
3. La proyección de fragmentos y partículas.
4. Atrapamiento por o entre objetos.

Junto a estos cuatro, figuran también con valores elevados los accidentes producidos por caídas (curiosamente los accidentes por caídas al mismo nivel son muy superiores a los accidentes por caídas a diferente nivel), los choques contra objetos inmóviles (también es curioso que los golpes contra objetos inmóviles sean casi 10 veces superiores a los golpes contra objetos móviles) y las pisadas sobre objetos.

Sorprendentemente bajos son los accidentes causados por contactos eléctricos. Siendo estos accidentes especialmente graves, las medidas preventivas que se han adoptado y la concienciación en los riesgos eléctricos han disminuido estos al rango de «residuales». También son igualmente bajos los accidentes por explosiones e incendios.

Atendiendo al tipo de lesiones, las consecuencias más habituales de un accidente son las contusiones y/o aplastamientos. A continuación, las torceduras, esguinces, distensiones y lumbalgias, todas ellas relacionadas con sobreesfuerzos. Después de ellas, que suponen más del 50% del total, le siguen las fracturas, la introducción de cuerpos extraños en los ojos y las quemaduras.

Si estudiamos la parte del cuerpo más proclive a sufrir lesiones, debemos concluir que son las manos la zona del cuerpo que más se lesiona, seguida a cierta distancia por las piernas. Si sumamos a estos los accidentes cuya consecuencia es una lesión en pies y/o brazos, obtenemos el 60% del total de accidentes.

Los ojos y el tórax son también zonas que acaban sufriendo a menudo (20% de los casos) las consecuencias de un accidente

Clasificando los accidentes por edades y categorías profesionales, es fácil concluir que no son las personas jóvenes y poco experimentadas las que sufren la mayoría de los accidentes. Más del 50% de ellos los sufren los Oficiales de 1.^a, y el rango de edad en el que los accidentes se repiten con más frecuencia es el que va desde los 41 a los 50 años.

Según el día de la semana, el que registra un mayor número de accidentes es el lunes, y el horario de trabajo en el que la accidentabilidad es mayor se concentra entre la tercera, la cuarta y la quinta hora, es decir, en el centro de la jornada.

8.8. FORMACIÓN EN SEGURIDAD

Una de las obligaciones del empresario es formar e informar a sus trabajadores en materia de seguridad. Para cumplir con este precepto, debe redactarse un Plan de Formación en el que se detallen tanto las necesidades de formación como la planificación de su ejecución.

Algunos de los cursos que deben figurar en cualquier Plan de Formación relativos a Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales se recogen en la Tabla adjunta. La forma de documentar el Plan de Formación se detalla en el capítulo 4, Gestión de los Recursos Humanos en Mantenimiento.

FORMACIÓN EN SEGURIDAD

1. *Formación básica de acogida.*
2. *Curso básico de seguridad.*
3. *Seguridad en trabajos en espacios confinados.*
4. *Riesgos eléctricos.*
5. *Manejo de productos químicos.*
6. *Escaleras, andamios y trabajos en altura.*
7. *Capacitación para el manejo de carretillas elevadoras.*
8. *Seguridad en trabajos de corte y soldadura.*
9. *Seguridad en trabajos de torno y fresa.*
10. *Equipos de protección individual.*
11. *Formación en el Plan de Emergencia.*
12. *Manejo de Cargas.*

Es muy conveniente para los responsables de mantenimiento mantener registros de las acciones formativas que se han llevado a cabo. Para ello, es ne-

cesario que operarios y formadores, durante o después de las acciones formativas, firmen las actas correspondientes, y que esas actas se archiven de forma adecuada.

8.9. RESPONSABILIDADES SOCIALES, CIVILES Y PENALES

Las responsabilidades en las que una empresa o un miembro de la organización puede incurrir son de tres tipos: sociales, civiles y penales.

Las responsabilidades sociales se derivan de un incumplimiento sancionable por la administración, independientemente de que el incumplimiento haya dado origen a un accidente o no. La acción de la Administración puede suponer una multa o sanción, la orden de modificación de una situación determinada o de una instalación, apercibimiento del cese de la actividad o incluso el propio cese de esta. La acción de la Administración puede estar motivada por una denuncia o por una inspección realizada por el organismo competente para comprobar que se cumplen todos los requisitos aplicables.

Las responsabilidades civiles tienen como objeto resarcir de un daño causado como consecuencia de una conducta determinada. Para incurrir en esta responsabilidad civil es necesario que se cumplan, pues, dos condiciones: que haya una conducta indebida y que esa conducta haya provocado un daño cuantificable (o al menos, estimable).

Las responsabilidades penales tienen una peculiaridad que las hace diferentes a las anteriores: mientras que las sociales y las civiles pueden aplicarse a una entidad o persona jurídica (una empresa), las responsabilidades penales se dirigen exclusivamente a una persona física, sin que puedan derivarse hacia otra persona, ya sea física o jurídica. Las responsabilidades penales pueden dar origen a multas o a penas de privación de libertad. En España, la nueva Ley de Prevención de Riesgos Laborales (L.P.R.L.) de noviembre de 1995 establece, como novedad, este tipo de responsabilidades, a diferencia de las normativas anteriores, que tan solo fijaban responsabilidades sociales y civiles.

8.10. INCUMPLIMIENTOS SANCIONABLES

Ya que la LPRL establece cuantiosas indemnizaciones, multas y hasta penas de privación de libertad para el Responsable de Mantenimiento de una planta es conveniente asegurarse de que está cumpliendo con sus obligaciones en materia de seguridad.

A fin de poder comprobar si esto es así, la Tabla siguiente detalla una serie de cuestiones que deben comprobarse para asegurarse de que cumple

escrupulosamente con aquellos puntos que pueden derivar en sanciones. En caso de que alguna de las respuestas al cuestionario siguiente sea negativa, deberán adoptarse todas las medidas que se indican para corregir la situación.

ANÁLISIS DE OBLIGACIONES DEL RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO EN MATERIA DE SEGURIDAD

INCUMPLIMIENTOS QUE PUEDEN DERIVAR EN SANCIONES

Cuestión	Sí	No	Solución, en caso de respuesta negativa
1. ¿El centro de trabajo está suficientemente limpio y ordenado?			Limpiar y ordenar las zonas que se hayan detectado con deficiencias.
2. Se ha comunicado a la autoridad competente la apertura del centro de trabajo?			Realizar los tramites necesarios, según la normativa vigente.
3. ¿Se ha realizado la Evaluación de Riesgos?			Realizar la Evaluación de Riesgos.
4. ¿Se ha redactado el Plan de Seguridad?			Redactar el Plan de Seguridad.
5. ¿Ambos documentos se han revisado recientemente?			Revisar los documentos, para adaptarlos a las condiciones actuales.
6. ¿Existe una archivador o carpeta donde se archive, de forma ordenada, toda la documentación referente a seguridad?			Organizar la documentación de seguridad, de manera que sea fácil consultarla.
7. ¿Se han realizado los reconocimientos médicos periódicos del personal?			Contactar con la mutua de accidentes, solicitar fecha y hora para estas revisiones, programarlas y comunicarlo a los trabajadores.
8. ¿Se ha realizado una investigación de cada accidente ocurrido en la planta?			Realizar las investigaciones de los accidentes que no se hayan investigado. Guardar los informes en el lugar correspondiente.
9. ¿Hay un plan de formación específico en materia de seguridad, que efectivamente se esté llevando a cabo y del que se estén aportando evidencias documentales?			Elaborar y poner en marcha un Plan de Formación específico para seguridad. Dejar constancia documental de todo ello. El personal debe firmar cada curso que recibe.
10. ¿Se informa suficientemente a los trabajadores de los riesgos de cada tarea que realizan?			En las O.T deben figurar los riesgos de cada trabajo.

(Continuación)

Cuestión	Sí	No	Solución, en caso de respuesta negativa
11. Se ha medido la exposición de los trabajadores a agentes nocivos (ruidos, sustancias peligrosas, temperaturas, polvo, etc.).			Encargar las medidas de contaminación ambiental y acústica a una empresa especializada (empresa de prevención o similar).
12. ¿Se superan los límites legales de exposición a agentes nocivos sin adoptar las medidas preventivas adecuadas?			Adoptar las medidas pertinentes en aquellos aspectos en que se superen esos límites.
13. ¿Se han adoptado todas las medidas previstas en el artículo 20 de la LPRL en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores?			Preparar un Plan de Emergencias.
14. ¿Se ha designado a los trabajadores que desempeñaran actividades de prevención y a los delegados de prevención?			Designar a los delegados de prevención.
15. ¿Se ha formado específicamente a estos trabajadores y delegados, y se ha dejado evidencia documental de dicha formación?			Formar a los delegados de prevención y documentar dicha formación.
16. ¿Se han adoptado las medidas de coordinación necesarias para la protección y prevención de riesgos con los otros empresarios que desarrollen actividades en el mismo centro de trabajo?			Contactar con los otros empresarios para coordinar la actuación preventiva (consensuar planes de seguridad comunes) y la protección (consensuar y coordinar el plan de emergencia).
17. ¿Se cuenta con un servicio de prevención, ya sea interno o externo?			Contratar un servicio de prevención.
18. ¿Este servicio de prevención tiene un buen acceso a la información?			Ordenar la información adecuadamente, de manera que al servicio de prevención le sea fácil consultarla.
19. ¿La autoridad laboral conoce el empleo de sustancias, agentes físicos, químicos o biológicos, o procesos que deba conocer según normativas?			Poner en conocimiento de la autoridad laboral que corresponda el empleo de aquellas sustancias, agentes físicos, químicos o biológicos, o procesos que deba conocer según normativas
20. ¿Se mantienen adecuadamente los útiles, herramientas y máquinas que se emplean, tanto en el departamento de mantenimiento como en toda la factoría?			Elaborar un Plan de Mantenimiento adecuado

(Continuación)

Cuestión	Sí	No	Solución, en caso de respuesta negativa
21. ¿Se solicitan los permisos de fuego de forma rigurosa para cualquier actividad que genere riesgo de incendio?			Poner en marcha un sistema de solicitudes de permisos de fuego. No permitir que se realice ninguna actividad de riesgo sin ese permiso.
22. Se han tomado todas las medidas de protección colectiva indicadas en el Plan de Seguridad?			Leer el Plan de Seguridad. Adoptar las medidas que se exponen en ese plan.
23. ¿Se han tomado todas las medidas de protección individual indicadas en el Plan de Seguridad?			Adoptar las medidas de protección individual que se indican en el Plan de Seguridad.
24. Se han entregado los equipos de protección individual (EPI's) a cada trabajador y se ha dejado constancia documental de ello?			Entregar los EPI's a los operarios, haciéndoles firmar un recibí. Archivar ese documento en el lugar correspondiente.
25. ¿Todas las sustancias peligrosas están correctamente etiquetadas y contenidas en envases adecuados?			Comprobar que no hay envases sin etiquetar, ni etiquetas erróneas. Comprobar que no se usan botellas de bebidas para contener productos químicos.
26. ¿Se dispone de duchas y lavaojos en los lugares en los que se precise?			Identificar las necesidades e instalar duchas y lavaojos de emergencia donde se precise.
27. Se lleva un registro de niveles de exposición a agentes físicos, químicos y biológicos, listas de trabajadores expuestos y expedientes médicos?			Elaborar la lista de trabajadores expuestos, y poner en marcha el sistema de registro.
28. ¿Se somete el sistema de prevención a auditorías externas (en caso de que se utilice un servicio de prevención propio)?			Contratar una auditoría externa a una empresa de prevención autorizada.
29. ¿Se observan las medidas específicas en materia de protección de la seguridad y salud de las trabajadoras durante los periodos de embarazo y lactancia?			Conocer lo que dicta la normativa aplicable sobre esas medidas. Realizar todo lo que se detalla en esas normativas.
30. ¿Se observan las medidas específicas en materia de protección de la seguridad y salud de los menores?			Conocer lo que dicta la normativa aplicable sobre esas medidas. Realizar todo lo que se detalla en esas normativas.
31. ¿Se están ejecutando tareas que supongan un riesgo inminente?			Paralizar y suspender de forma inmediata los trabajos que impliquen un riesgo grave e inminente, y no iniciarlas sin haber subsanado previamente las causas que motivaron la paralización.

(Continuación)

Cuestión	Sí	No	Solución, en caso de respuesta negativa
32. ¿Hay trabajadores que estén realizando trabajos para los que no reúnan las aptitudes físicas?			Destinar a esos trabajadores a otras tareas.
33. ¿Se cumple con el deber de confidencialidad en el uso de datos provenientes de expedientes médicos del personal?			Adoptar las medidas necesarias para garantizar que solo el personal médico tiene acceso a esos datos.

Gestión de la información

El Departamento de Mantenimiento necesita y genera abundante información, por lo cual es necesario prestar atención al sistema que se empleará para recopilar datos que se conviertan en información.

Empecemos distinguiendo datos, sistema de información e información propiamente dicha.

Los datos son un conjunto de números y anotaciones sobre todos los aspectos relacionados con mantenimiento que se generan o se pueden obtener a partir de la actividad diaria. La información la componen también datos, pero ordenados de tal manera que nos permiten tomar decisiones. El sistema de información es el elemento que relaciona ambos, datos e información, de manera que convierte los primeros en los segundos.

Así, son datos todas las paradas registradas en todos los equipos de la planta. Estos datos formarán un listado, más o menos extenso, que recogerá con precisión cuándo y por qué ha parado cada equipo. Pero esto no es información. Información es un listado de los equipos que más han parado durante un periodo determinado, o aquellos cuya parada está costando más dinero a la empresa. Se convierte en información porque, presentado así, nos permite tomar decisiones: en qué equipos debemos intervenir, o si necesitamos programar reparaciones de gran alcance para conseguir aumentar la disponibilidad de la planta, por ejemplo. La información es, pues, un conjunto de datos agrupados de la manera apropiada. También podemos decir que si una información no es útil para tomar decisiones no es información, sino una forma diferente de presentar datos.

Hecha esta puntualización, podemos decir que mantenimiento genera montones de datos que debemos tratar y ordenar adecuadamente para poder convertirlos en información. Para ayudarnos en este cometido, podemos utilizar sistemas informáticos, que automatizan determinados cálculos y que ordenan los datos de la manera que definamos. Pero como veremos, los sistemas informáticos no son la solución definitiva a los problemas de mantenimiento, sino que en ocasiones incluso se convierten en un lastre burocrático que no ayuda a mejorar los resultados, sino que los empeora.

9.1. ÓRDENES DE TRABAJO (O.T.)

La Orden de Trabajo es el documento en el que el mando de mantenimiento informa al operario o al técnico de mantenimiento sobre la tarea que tiene que realizar. Estas órdenes son una de las fuentes de información más importantes de mantenimiento, pues en ellas se recogen los datos más importantes de cada intervención. En estas órdenes se detallan, al menos:

- N.º de orden correlativo, que permite identificarla de forma única.
- El equipo o instalación en el que debe intervenir.
- El trabajo que debe realizar, o el comportamiento de un equipo que está funcionando incorrectamente.
- Las herramientas y materiales que se necesitarán, si se conocen.
- Los riesgos del trabajo, las precauciones que deben tomarse y los equipos de protección necesarios.
- La prioridad del trabajo.
- La fecha y hora de emisión de la orden.

En una planta industrial es muy importante determinar quién puede generar una orden de trabajo, quién puede autorizar su realización, cómo se determina, cuándo debe ejecutarse y por quién, etc. Para ello, es necesario fijar claramente cómo será el flujo de una orden de trabajo, desde que se origina hasta su cierre, determinando claramente la responsabilidad de cada una de las personas que intervienen. En la Figura adjunta, en la página siguiente, puede verse un ejemplo de diagrama de flujo de una Orden de Trabajo.

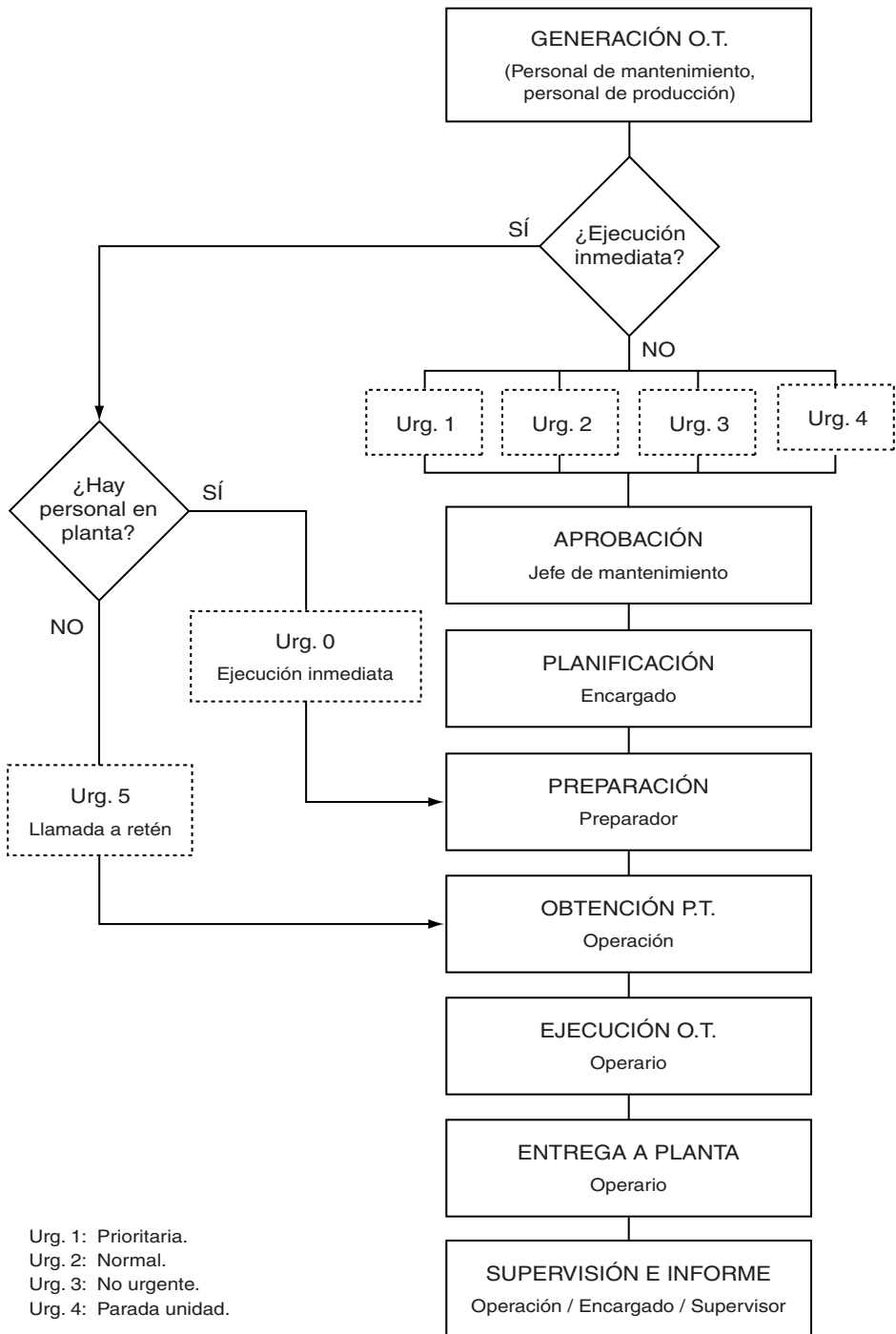
Es conveniente distinguir dos tipos de órdenes: las órdenes correctivas y las órdenes preventivas. Ambas suelen ser diferentes, por lo que es conveniente estudiarlas por separado.

9.1.1. Orden de Trabajo Correctiva

Constituye la comunicación de una intervención cuya finalidad es corregir un problema que se ha detectado en un equipo. Suele denominarse también Parte de Trabajo, Parte de Avería, Solicitud de Trabajo, Demanda de Trabajo, etc.

La Orden de Trabajo Correctiva consta de tres zonas claramente diferenciadas:

- Zona de la orden que cumplimenta el solicitante.
- Zona que cumplimenta el organizador del trabajo de mantenimiento (mando intermedio, preparador, etc.).
- Zona de la orden que cumplimenta el ejecutante.

**DIAGRAMA DE FLUJO DE O.T.**

A menudo, estas partes diferenciadas constituyen documentos diferentes. En la parte que cumplimenta el solicitante deben figurar los siguientes datos:

- *N.º de orden.*
- *Nombre del solicitante.*
- *Fecha y hora de la solicitud.* Es conveniente registrar este dato con cierta exactitud, para poder determinar posteriormente la demora en la intervención, el tiempo de máquina fuera de servicio, etc.
- *Síntomas que presenta el equipo.* Toda la información que se facilite al operario de mantenimiento la supondrá una disminución en el tiempo necesario para el diagnóstico, por lo que convendría detallar todos los datos que se pudiera sobre cómo se ha producido la avería, cuáles eran las condiciones exteriores al propio equipo, si se han observado ruidos o comportamientos anormales con anterioridad, etc.
- *Nivel de prioridad.* Deben establecerse diferentes niveles de prioridad para que el responsable de mantenimiento o el encargado de organizar el trabajo conozca la importancia que tiene la reparación. En el Apartado 4.2. *Asignación de prioridades* se detalla cómo puede realizarse esta asignación.

La zona que cumplimenta el organizador del trabajo de mantenimiento debe contener, al menos:

- *Análisis de riesgos.* En cada orden de trabajo debería informarse al trabajador de los riesgos de la tarea.
- *Precauciones a tener en cuenta en materia de seguridad.*
- *Equipo de protección individual* que debe usarse.
- *Materiales y herramientas* que debe preparar para realizar la intervención.
- *Fecha y hora* en que se ha programado la intervención, en caso de ser una intervención programada.

La zona de la O.T. que cumplimenta el ejecutante debería contener, al menos, estos datos:

- *Fecha y hora del inicio* de la intervención.
- *Personas que han intervenido.*
- *Fecha y hora del final* de la intervención.
- *Repuesto consumido.*
- *Descripción* de los trabajos realizados.

- *El estado en que queda la O.T.* (finalizada totalmente, finalizada provisionalmente, o no finalizada).
- *Observaciones.* Este es el espacio dedicado a sugerencias, comentarios, etc.

La Figura de la página siguiente contiene un ejemplo de Orden de Trabajo que se ajusta a lo indicado anteriormente.

En plantas en las que la seguridad es extremadamente importante⁴², el apartado dedicado a seguridad (análisis de riesgos, precauciones y equipos de protección individual) es objeto de un documento diferente, que suele denominarse Permiso de Trabajo. Este permiso debe cumplimentarlo la persona encargada de verificar que el sitio donde va a realizarse el trabajo reúne las condiciones de seguridad necesarias.

9.1.2. Órdenes de Trabajo Preventivas. Gamas de Mantenimiento

Las Órdenes de Trabajo Preventivas son ligeramente diferentes. En estas órdenes se conoce con precisión el trabajo que debe realizarse y, en general, se ha realizado muchas veces antes, por lo que la planificación que se puede hacer de ella es mucho más exacta.

La Orden de Trabajo Preventiva también se denomina Gama o Ruta de Mantenimiento. Suele tener las siguientes partes:

- *Código de la Gama.*
- *Periodicidad.*
- *Fecha de realización.*
- *Tiempo estimado de realización.*
- *Fecha de inicio y fecha final.*
- *Nombre de los operarios que intervienen.*
- *Análisis de riesgos*, precauciones a tener en cuenta y equipos de protección individual necesarios.
- *Lista de herramientas y materiales necesarios.*
- *Lista de tareas a realizar.* Es el punto más importante de la Orden de Trabajo Preventiva.
- *Valores de referencia.* Algunas de las actividades serán tomas de datos y mediciones, por lo que es necesario que en la Orden de Trabajo figuren los rangos normales, fuera de los cuales se entenderá que hay un problema.

⁴² En todas las plantas la seguridad es extremadamente importante. Se hace referencia a las plantas industriales en las que el riesgo y las consecuencias de un accidente son muy graves. Es el caso de la industria química, por ejemplo.

ANAGRAMA	ORDEN DE TRABAJO	N.º Orden:
Datos generales		
Equipo:		Fecha de emisión:
Solicitante:		
Nivel de prioridad: URGENTE <input type="checkbox"/> IMPORTANTE <input type="checkbox"/> A REALIZAR EL DÍA: <input type="checkbox"/>		
Descripción		
Síntomas:		
Riesgos del trabajo (Precauciones a tener en cuenta)		
<input type="checkbox"/> Alto nivel de ruido. Aconsejable el uso de protectores acústicos. <input type="checkbox"/> Excesivo ruido. Absolutamente obligatorio el uso de protectores acústicos. <input type="checkbox"/> Golpes en la cabeza (muchas vigas y salientes a la altura de la cabeza). Obligatorio el uso de casco. <input type="checkbox"/> Algunas zonas calientes. Tomar precauciones para no tocar zonas marcadas como calientes. <input type="checkbox"/> Partes móviles. Precaución para no tocar partes en movimiento. Controlar buen estado de las protecciones. <input type="checkbox"/> Riesgos eléctricos. No tocar cables, ni manipular los equipos bajo tensión. <input type="checkbox"/> Productos químicos abrasivos. Evitar el contacto con la piel. <input type="checkbox"/> Otros:		
		Firma del operario
EQUIPOS DE PROTECCIÓN: <input type="checkbox"/> Casco. <input type="checkbox"/> Gafas segur. <input type="checkbox"/> Guantes. <input type="checkbox"/> Cinturón segur. <input type="checkbox"/> Protec. acústicos. <input type="checkbox"/> Botas segur. <input type="checkbox"/> Otros:		
Herramientas y medios a preparar		
Trabajo realizado		
Situación de la orden: <input type="checkbox"/> Finalizada. <input type="checkbox"/> Finalizada provisionalmente. <input type="checkbox"/> Pendiente.		
<i>Operario</i>	<i>Fecha</i>	<i>Hora inicio</i>
<i>Hora final</i>		
TOTAL HORAS		
Repuesto consumido		
<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>P. unitario</i>
<i>Total</i>		
TOTAL REPUESTOS		
Observaciones:		

ORDEN DE TRABAJO CORRECTIVA

- *Resultados.* Debe detallarse con mucha brevedad (por ejemplo, OK-KO, Bien-Mal, Realizado, etc.) el resultado de la realización de la tarea.
- *Observaciones.* Deben anotarse todas las observaciones que puedan ser de interés, tras la realización de la orden.

El ejemplo siguiente es una Orden de Trabajo Preventiva, que contempla todos los requisitos anteriores.

9.2. INDICADORES

Decíamos al principio que un sistema de procesamiento es aquel que convierte datos en información útil para tomar decisiones. Para conocer la marcha del departamento de mantenimiento, decidir si debemos realizar cambios o determinar algún aspecto concreto, debemos definir una serie de parámetros que nos permitan evaluar los resultados que se están obteniendo en el área de mantenimiento. Es decir: a partir de una serie de datos, nuestro sistema de procesamiento debe devolvernos una información, una serie de indicadores en los que nos basaremos para tomar decisiones sobre la evolución del mantenimiento.

Una de las cosas que debemos definir es, pues, cuáles serán esos indicadores. Hay que tener cuidado en la elección, pues corremos el riesgo de utilizar como tales una serie de números que no nos aporten ninguna información útil. Corremos el riesgo de tomar datos, procesarlos y obtener a cambio otros datos.

Imaginemos el caso de elegir la disponibilidad de equipos como un indicador. Si listamos todas las paradas de cada uno de los equipos de la planta, la fecha y hora en que han ocurrido y su duración, la lista resultante serán datos, pues tal y como se nos presenta no podemos tomar decisiones basándonos en ella.

Si ahora procesamos esta lista, sumando los tiempos de parada de cada equipo y calculando el tiempo que han estado en disposición de producir, obtenemos una lista con la disponibilidad de cada equipo. En una planta industrial con, por ejemplo, 500 equipos, esta lista contendrá de nuevo datos, no información. Como mucho, contendrá algo de información mezclada con muchos datos.

Si en esa lista agrupamos los equipos por líneas, áreas, zonas, etc., y procesamos los datos de manera que obtengamos la disponibilidad de una de las líneas, áreas o zonas en su conjunto⁴³, el nuevo listado ahora sí contendrá información. Esta información nos permitirá, tras un análisis más o menos rá-

⁴³ Habrá equipos cuya parada no afecte a la disponibilidad global, por estar duplicados, tener capacidad de reserva, no estar directamente involucrados en el proceso productivo, etc.

Anagrama

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Frecuencia:

Diaria

Código Gama

DCO. 1

INSPECCIÓN GENERAL DIARIA

Edición: 3

Fecha: 28/4/00

Esp: MEC

HOJA: 1/ 3

instalación a inspeccionar o revisar: COMPRESORES

Operario:

Fecha:

Hora inicio:

Hora final:

T. normal:

minutos

Herramientas

Termómetro infrarrojos.

Equipo de Protección

 Casco.
Gafas de seguridad.
Botas de seguridad.
Protectores acústicos.

Riesgos del trabajo (precauciones a tener en cuenta)

- 1.-Excesivo ruido. Absolutamente obligatorio el uso de protectores acústicos.
- 2.-Golpes en la cabeza (muchas vigas y salientes a la altura de la cabeza). Obligatorio el uso de casco.
- 3.-Algunas zonas calientes. Tomar precauciones para no tocar zonas marcadas como calientes.
- 4.-Partes móviles. Precaución para no tocar partes en movimiento. Controlar buen estado de las protecciones.
- 5.-Riesgos eléctricos. No tocar cables, ni manipular los equipos bajo tensión.

Materiales

Código materiales

Equipo	Descripción	Resultado	Rango normal
Compr. 1	Comprobar ausencia de fugas, ruidos y vibraciones.		
	Temperatura de entrada de aire.		< 30 °C
	Temperatura de etapas: $T_2 =$ °C; $T_3 =$ °C; $T_4 =$ °C.		30-50 °C
	Presión de salida de aire.		6,8-7,5 Kg/cm ²
	Vibraciones de etapas: $E_1 =$; $E_2 =$; $E_3 =$; $E_4 =$.		< 15
	Presión de aceite: P. antes ref. = ; P. despues ref. = .		ddp < 1,5
	Nivel de aceite compresor y del motor.		
	Temperatura de aceite.		40-60 °C
	Estado aparente del filtro de admisión.		
	Estado aparente del filtro de aceite.		
	Temperatura bomba de lubricación (medir con termómetro infrarrojos): $T =$.		
	Consumo del motor: $A =$.		
	Purgar condensados.		
	Comprobar que todas las alarmas están apagadas.		
Compr. 1	Temperatura cojinetes motor: T. del = ; T tras = .		30-60 °C
	Comprobar ausencia de fugas, ruidos y vibraciones.		
	Temperatura de entrada de aire.		< 30 °C
	Temperatura de etapas: $T_2 =$ °C; $T_3 =$ °C; $T_4 =$ °C.		30-50 °C
	Presión de salida de aire.		6,8-7,5 Kg/cm ²
	Vibraciones de etapas: $E_1 =$; $E_2 =$; $E_3 =$; $E_4 =$.		< 15
	Presión de aceite: P. antes ref. = ; P. despues ref. = .		ddp < 1,5
	Nivel de aceite compresor y del motor.		
	Temperatura de aceite.		40-60 °C
	Estado aparente del filtro de admisión.		
	Estado aparente del filtro de aceite.		
	Temperatura bomba de lubricación (medir con termómetro infrarrojos): $T =$.		
	Consumo del motor: $A =$.		
	Purgar condensados.		
	Comprobar que todas las alarmas están apagadas.		
	Temperatura cojinetes motor: T. del = ; T tras = .		30-60 °C

pido, tomar decisiones acertadas sobre las actuaciones que debemos realizar para mejorar los resultados.

A continuación describiremos los indicadores más usuales que se emplean en un departamento de mantenimiento. Insistimos en el hecho de que no todos son necesarios: entre todos ellos habrá que elegir aquellos que sean realmente útiles, aquellos que aporten información, para evitar convertirlos en una larga lista de datos.

Cuando se dispone de un sistema GMAO⁴⁴, el cálculo de estos indicadores suele ser bastante más rápido. Debemos tener la precaución de automatizar su cálculo, generando un informe que los contenga todos. Una ventaja adicional es que, una vez automatizado, podemos generar informes con la periodicidad que queramos, con un esfuerzo mínimo.

En caso de que el sistema de información sea el soporte papel, para el cálculo de estos indicadores es conveniente desarrollar pequeñas aplicaciones (una hoja de cálculo puede ser suficiente) para obtener estos índices. En este caso hay que seleccionar mucho más cuidadosamente los indicadores, pues es más costoso calcularlos. Además, la frecuencia con que los obtengamos deberá ser menor.

Es importante tener en cuenta que no sólo es valioso conocer el valor de un indicador o índice, sino también su evolución. Por ello, en el documento en el que expongamos los valores obtenidos en cada uno de los índices que se elijan deberíamos reflejar su evolución, mostrando junto al valor actual los valores de periodos anteriores (meses o años anteriores) para conocer si la situación mejora o empeora. También es importante fijar un objetivo para cada uno de estos índices, de manera que la persona que lea el documento donde se exponen los valores alcanzados en el periodo que se analiza comprenda fácilmente si el resultado obtenido es bueno o malo. En resumen, junto al valor del índice, deberían figurar dos informaciones más:

- Valor de índice en periodos anteriores.
- Objetivo marcado.

9.2.1. Índices de Disponibilidad

DISPONIBILIDAD TOTAL

Es uno de los indicadores más importantes de la planta. Es el cociente de dividir el n.º de horas que un equipo ha estado disponible para producir y el n.º de horas totales de un periodo:

⁴⁴ Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

En plantas que estén dispuestas por líneas de producción en las que la parada de una máquina supone la paralización de toda la línea, es interesante calcular la disponibilidad de cada una de las líneas, y después calcular la media aritmética.

En plantas en las que los equipos no estén dispuestos por líneas, es interesante definir una serie de equipos significativos, pues es seguro que calcular la disponibilidad de absolutamente todos los equipos será largo, laborioso y no nos aportará ninguna información valiosa⁴⁵. Del total de equipos de la planta, debemos seleccionar aquellos que tengan alguna entidad o importancia dentro del sistema productivo.

Una vez obtenida la disponibilidad de cada uno de los equipos significativos, debe calcularse la media aritmética, para obtener la disponibilidad total de la planta.

$$\text{Disponibilidad total} = \frac{\sum \text{Disponibilidad de equipos significativos}}{\text{N.º de equipos significativos}}$$

DISPONIBILIDAD POR AVERÍAS

Es el mismo índice anterior pero teniendo en cuenta tan solo las paradas por averías, las intervenciones no programadas:

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de parada por avería}}{\text{Horas totales}}$$

La disponibilidad por avería no tiene en cuenta, pues, las paradas programadas de los equipos.

Igual que en el caso anterior, es conveniente calcular la media aritmética de la disponibilidad por avería para poder ofrecer un dato único.

MTBF (MID TIME BETWEEN FAILURE, TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS)

Nos permite conocer la frecuencia con que suceden las averías:

$$MTBF = \frac{\text{N.º de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{N.º de averías}}$$

⁴⁵ Si calculamos la disponibilidad de cada válvula, pequeña o grande, cada motor, etc., el documento donde reflejemos esa disponibilidad tan pormenorizada no será más que una larga lista de datos, sin ninguna información relevante.

MTTR (MID TIME TO REPAIR, TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN)

Nos permite conocer la importancia de las averías que se producen en un equipo considerando el tiempo medio hasta su solución:

$$MTBF = \frac{\text{N.º de horas de paro por averías}}{\text{N.º de averías}}$$

Por simple cálculo matemático es sencillo deducir que:

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF}$$

9.2.2. Indicadores de Gestión de Órdenes de Trabajo

N.º DE ÓRDENES DE TRABAJO GENERADAS EN UN PERIODO DETERMINADO

Es discutible si el número de Órdenes de Trabajo es un indicador muy fiable sobre la carga de trabajo en un periodo, ya que 100 Órdenes de Trabajo de una hora pueden agruparse en una sola Orden de Trabajo con un concepto más amplio. No obstante, dada la sencillez con que se obtiene este dato, suele ser un indicador muy usado. La información que facilita este indicador es más representativa cuanto mayor sea la cantidad media de O.T que genera la planta. Así, es fácil que en una planta que genera menos de 100 O.T. de mantenimiento mensuales la validez de este indicador sea menor que una planta que genera 1000 O.T.

Además, y como se ha visto en el Capítulo 7.9 *Auditorías de Calidad*, es posible estimar el rendimiento de la plantilla a partir del número de Órdenes de Trabajo.

N.º DE ÓRDENES DE TRABAJO GENERADAS POR SECTORES O ZONAS

Igual que en el caso anterior, solo la sencillez de su cálculo justifica emplear esta indicador.

N.º DE ÓRDENES DE TRABAJO ACABADAS

Suele ser útil conocer cuál es el número de Ordenes de Trabajo acabadas, sobre todo en relación al número de órdenes generadas. Es muy importante, como siempre, seguir la evolución en el tiempo de este indicador.

N.º DE ÓRDENES DE TRABAJO PENDIENTES

Este indicador nos da una idea de la eficacia en la resolución de problemas. Es conveniente distinguir entre las O.T que están pendientes por causas ajenas a mantenimiento (pendientes por la recepción de un repuesto, pendientes porque producción no da su autorización para intervenir en el equipo, etc.) de las debidas a la acumulación de tareas o a la mala organización de mantenimiento.

Por ello, es conveniente dividir este indicador en otros tres:

- Pendientes de repuesto.
- Pendientes de parada de un equipo.
- Pendientes por otras causas.

N.º DE ÓRDENES DE TRABAJO DE EMERGENCIA (PRIORIDAD MÁXIMA)

Una referencia muy importante del estado de la planta es el número de O.T de emergencia que se han generado en un periodo determinado. Si ha habido pocas o ninguna, tendremos la seguridad de que el estado de la planta es fiable. Si, por el contrario, las ordenes de prioridad máxima que se generan son muchas, se podrá pensar que el estado de la planta es malo. Como siempre, es igualmente importante observar la evolución de este indicador respecto a periodos anteriores.

HORAS ESTIMADAS DE TRABAJO PENDIENTE

Es la suma de las horas estimadas en cada uno de los trabajos pendientes de realización. Es un parámetro más importante que el n.º de órdenes pendientes, pues nos permite conocer la carga de trabajo estimada por realizar.

ÍNDICE DE CUMPLIMIENTO DE LA PLANIFICACIÓN

Es la proporción de órdenes que se acabaron en la fecha programada o con anterioridad, sobre el total de órdenes totales. Mide el grado de acierto de la planificación.

$$\text{Índice de cumplimiento de la planificación} = \frac{\text{N.º Órdenes acabadas en la fecha planificada}}{\text{N.º de Órdenes totales}}$$

DESVIACIÓN MEDIA DEL TIEMPO PLANIFICADO

Es el cociente de dividir la suma de horas de desviación sobre el tiempo planificado entre el n.º total de órdenes de trabajo.

Puede haber dos versiones:

- a) Desviación media sobre el momento de finalización. Cociente de dividir la suma del n.º de horas en que se ha rebasado cada una de las órdenes sobre el momento estimado de finalización:

$$\text{Retraso medio} = \frac{\sum \text{Retrasos de cada Orden de Trabajo}}{\text{N.º de Órdenes de Trabajo}}$$

- b) Desviación media de las horas/hombre empleadas en un O.T. sobre las horas/hombre previstas:

$$\text{Desviación media} = \frac{\frac{\sum \text{Incremento de horas}}{\text{Hombres en todas las Órdenes de Trabajo}}}{\text{N.º de Órdenes de Trabajo}}$$

TIEMPO MEDIO DE RESOLUCIÓN DE UNA O.T.

Es el cociente de dividir el n.º de O.T. resueltas entre el n.º de horas que se han dedicado a mantenimiento:

$$\text{Tiempo medio} = \frac{\text{N.º de O.T. resueltas}}{\text{N.º de horas dedicadas a mantenimiento}}$$

9.2.3. Índices de coste

La cantidad de índices que hacen referencia a los costes del departamento de mantenimiento es inmensa. Aquí se exponen algunos que pueden resultar prácticos.

COSTE DE LA MANO DE OBRA POR SECCIONES

Si la empresa se divide en zonas o secciones, es conveniente desglosar este coste para cada una de las zonas o secciones. Si éstas tienen personal de

mantenimiento permanente, el coste será el del personal adscrito a cada una de ellas. Si se trata de un departamento central, el coste por secciones se calculará a partir de las horas empleadas en cada una de las intervenciones.

PROPORCIÓN DE COSTE DE LA MANO DE OBRA DE MANTENIMIENTO

Es el cociente de dividir el n.º total de horas empleadas en mantenimiento entre el coste total de la mano de obra:

$$\text{Coste de hora medio} = \frac{\text{N.º de horas de mantenimiento}}{\text{Coste total de la mano de obra de mantenimiento}}$$

COSTE DE MATERIALES

Se pueden hacer tantas subdivisiones como se crea conveniente: por secciones, por tipo (eléctrico, mecánico, consumibles, repuestos genéricos, repuestos específicos, etc.).

COSTE DE SUBCONTRATOS

También pueden hacerse las subdivisiones que se considere oportunas. Algunas subdivisiones comunes suelen ser:

- Subcontratos a fabricantes y especialistas.
- Subcontratos de inspecciones de carácter legal.
- Subcontratos a empresas de mantenimiento genéricas.

COSTE DE MEDIOS AUXILIARES

Es la suma de todos los medios auxiliares que ha sido necesario alquilar o contratar: grúas, carretillas elevadoras, alquiler de herramientas especiales, etc.

Con todos los índices referentes a costes puede prepararse una Tabla de Costes, como la que se muestra en la Figura de la página siguiente. En ella pueden visualizarse con rapidez todos gastos de mantenimiento de la planta, divididos en conceptos y en secciones. Presentarlos de esta manera facilitará su lectura y la toma de decisiones consecuente.

EJEMPLO DE TABLA DE COSTES**Año XXXX**

Secciones	Mano de obra	N.º horas	Materiales	Subcontratos	Medios auxiliares	Totales
A						
B						
C						
D						
TOTALES						

9.2.4. Índices de proporción de tipo de mantenimiento**ÍNDICE DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO**

Porcentaje de horas invertidas en realización de mantenimiento programado sobre horas totales.

$$IMP = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento programado}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$$

ÍNDICE DE CORRECTIVO

Porcentaje de horas invertidas en realización de mantenimiento correctivo sobre horas totales.

$$IMC = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento correctivo}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$$

ÍNDICE DE EMERGENCIAS

Porcentaje de horas invertidas en realización de O.T. de prioridad máxima.

$$IME = \frac{\text{Horas O.T. prioridad máxima}}{\text{Horas totales de mantenimiento}}$$

9.2.5. *Índices de Gestión de Almacenes y Compras*

CONSUMO DE MATERIALES

Consumo de materiales en actividades propias de mantenimiento en relación con el consumo total de materiales. Este dato puede ser importante cuando la planta tiene consumo de materiales del almacén de repuesto adicionales a la actividad de mantenimiento (mejoras, nuevas instalaciones, etc.).

Es un índice relativamente poco usual. Es útil cuando se está tratando de optimizar el coste de materiales y se desea identificar claramente las partidas referentes a mantenimiento, a modificaciones y a nuevas instalaciones.

$$\% \text{ consumo materiales en mantenimiento} = \frac{\text{Valor de materiales consumidos para mantenimiento}}{\text{Valor total del material consumido}}$$

ROTACIÓN DEL ALMACÉN

Es el cociente de dividir el valor de los repuestos consumidos totales y el valor del material que se mantiene en stock(valor del inventario de repuestos).

$$\text{Rotación} = \frac{\text{Valor repuesto consumido}}{\text{Valor del stock de repuestos}}$$

Hay una variación interesante de este índice, cuando se pretende determinar si el stock de repuestos y consumibles está bien elegido. Si es así, la mayor parte del material que consume mantenimiento lo toma del almacén, y solo una pequeña parte de lo comprado es de uso inmediato. Para determinarlo, es más útil dividir este índice en dos:

$$\text{Origen de materiales} = \frac{\text{Valor del material consumido del almacén}}{\text{Valor total del material consumido}}$$

$$\text{Rotación de almacen} = \frac{\text{Valor de materiales consumidos del almacén}}{\text{Valor del almacén}}$$

Otra forma de conocer si el almacén de mantenimiento está bien dimensionado es determinando la proporción de piezas con movimientos de entra-

das y salidas. Una utilidad de este índice es determinar qué porcentaje de piezas tienen escaso movimiento, para tratar de eliminarlas, desclasificarlas, destruirlas, venderlas, etc.:

$$\text{Porcentaje de piezas con movimiento} = \frac{\text{Piezas que han tenido movimientos en un período fijado}}{\text{N.º de piezas totales}}$$

EFICIENCIA EN LA CUMPLIMENTACIÓN DE PEDIDOS

Proporción entre las peticiones de materiales a compras no atendidas con una antigüedad superior a tres meses y el total de pedidos cursados a compras.

$$\text{Eficiencias de compras} = 100 - \frac{\text{Peticiones de materiales no atendidos en un plazo determinado}}{\text{N.º de pedidos cursados}} \times 100$$

TIEMPO MEDIO DE RECEPCIÓN DE PEDIDOS

Es la media de demora desde que se efectúa un pedido hasta que se recibe. Este índice se puede calcular por muestreo (tomar al azar un número determinado de pedidos cursados y realizar la media aritmética del tiempo transcurrido desde su petición hasta su recepción en cada uno de ellos) o a partir del total de pedidos realizados.

$$\text{Tiempo medio de demora} = \frac{\sum \text{Demora de cada pedido}}{\text{N.º de pedidos total}}$$

9.2.6. *Índices de Seguridad y Medio Ambiente*

ÍNDICE DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES

Proporción entre el número de accidentes con baja y el total de horas trabajadas.

$$If = \frac{\text{N.º de accidentes con baja} \times 1.000.000}{\text{Horas trabajadas}}$$

ÍNDICE DE JORNADAS PERDIDAS

Proporción entre las horas perdidas por bajas laborales y las horas trabajadas.

$$I_p = \frac{\text{N.º de jornadas perdidas} \times 1.000}{\text{Horas trabajadas}}$$

ÍNDICE DE TIEMPO MEDIO DE PERMANENCIA DE RESIDUOS EN PLANTA

Es el tiempo medio que transcurre desde que se genera un residuo hasta que lo retira de la planta un gestor de residuos autorizado.

ÍNDICE DE FRECUENCIA DE INCIDENTES AMBIENTALES

Es el cociente entre el n.º de incidentes ambientales graves y el número de horas trabajadas.

$$I_i = \frac{\text{N.º incidentes ambientales graves} \times 10^6}{\text{Horas trabajadas}}$$

9.2.7. Índices de formación

PROPORCIÓN DE HORAS DEDICADAS A FORMACIÓN

Porcentaje de horas anuales dedicadas a formación, sobre el número de horas de trabajo total.

$$\% \text{ horas de formación} = \frac{\text{Horas dedicadas a formación}}{\text{Horas totales de mantenimiento}}$$

PROPORCIÓN DE DESARROLLO DEL PROGRAMA

Porcentaje de horas de formación realizadas sobre el total de horas de formación programadas.

$$\% \text{ desarrollo} = \frac{\text{Horas de formación realizadas}}{\text{Horas de formación programadas}}$$

RESUMEN DE ÍNDICES USUALES

1. ÍNDICES DE DISPONIBILIDAD

- Disponibilidad total.
- Disponibilidad por averías.
- MTBF.
- MTTR.

2. ÍNDICES DE GESTIÓN DE O.T.

- N.º de O.T. generadas.
- N.º de O.T. generadas por secciones.
- N.º de O.T. acabadas.
- N.º de O.T. pendientes:
 - Pendientes de repuesto.
 - Pendientes en espera de parada de un equipo.
 - Pendientes por otras causas.
- N.º de O.T. de emergencia.
- Horas estimadas de trabajo pendiente.
- Índice de cumplimiento de la planificación.
- Desviación media del tiempo planificado.
- Tiempo medio de resolución de una O.T.

3. ÍNDICES DE COSTE

- Coste de la mano de obra por secciones.
- Proporción de coste de la mano de obra de mantenimiento.
- Coste de materiales.
- Coste de subcontratos.
- Coste de medios auxiliares.

4. ÍNDICES DE PROPORCIÓN DE TIPO DE MANTENIMIENTO

- Índice de Mantenimiento Programado.
- Índice de Mantenimiento Correctivo.
- Índice de Emergencias.

5. ÍNDICES DE GESTIÓN DE ALMACENES Y COMPRAS

- Consumo de materiales en mantenimiento.
- Rotación de almacén:
 - Origen de materiales.
 - Rotación de pieza de almacén.
 - Porcentaje de piezas con movimiento.
- Eficiencia en la cumplimentación de pedidos.
- Tiempo medio en la recepción de pedidos.

6. ÍNDICES DE SEGURIDAD y MEDIOAMBIENTE

- Índice de frecuencia de accidentes.
- Índice de jornadas perdidas.
- Índice de tiempo medio de permanencia de residuos.
- Índice de incidentes medioambientales.

7. ÍNDICES DE FORMACIÓN

- Proporción de horas dedicadas a formación.
- Proporción de desarrollo del programa de formación.

9.3. INFORMES PERIÓDICOS

Los informes periódicos de mantenimiento son los documentos en los que se refleja la evolución del departamento. Contienen la información más relevante sobre el mantenimiento de una planta en un periodo determinado. El informe periódico es el documento que se distribuye entre las personas y departamentos interesados (producción, calidad) para que conozcan el estado técnico de los equipos, las intervenciones que han tenido lugar en el periodo a que se refiere el informe y los resultados obtenidos.

Entre los apartados que debe contener un informe periódico de mantenimiento estarían los siguientes:

1. *Aspectos generales*

1.1. Personal.

1.2. Medios técnicos.

1.3. Plan de Formación (evolución).

1.4. Seguridad.

- Relato de los accidentes ocurridos.
- Relato de incidentes.
- Actuaciones realizadas para mejorar la seguridad de la planta.

2. *Disponibilidad de la planta*

- Indicadores de disponibilidad (MTBF, MTTR, niveles de disponibilidad por áreas, zonas, equipos y disponibilidad media).
- Comentarios sobre la evolución de la disponibilidad.

3. *Costes*

Cálculos y comentarios referentes a los costes de mantenimiento del periodo, desglosados por partidas. Al menos, deberían desglosarse las siguientes partidas:

- Mano de obra.
- Materiales.
- Subcontratos.
- Medios auxiliares.

Puede ser conveniente dividir el importe de cada una de esas partidas por secciones, áreas o zonas que compongan la planta, de manera que sea más fácil identificar los puntos en los que puedan estar produciéndose desviaciones.

Será conveniente hacer un seguimiento de la evolución de los costes en los periodos precedentes y marcarse objetivos.

4. *Otros indicadores*

Los indicadores más importantes serán los que hagan referencia a disponibilidad y a costes, pero hay otros indicadores que deben reflejarse:

- Indicadores relativos a la Gestión de Ordenes de Trabajo.
- Indicadores relativos a la Gestión de Almacenes y compras.
- Indicadores relativos a Seguridad.
- Indicadores relativos a Formación.

5. *Principales incidentes*

El informe debe detallar las principales averías, problemas e incidencias que se hayan producido en la planta en el periodo analizado.

6. *Mejoras propuestas y realizadas*

Este apartado debe dedicarse a todas las propuestas de mejora que se hayan realizado en el periodo, indicando el estado en que se encuentran (en estudio, aprobadas, desechadas).

7. *Programación de trabajos para el periodo siguiente*

Es conveniente reseñar en el informe la programación de trabajos importantes que se realizaran en el periodo inmediatamente posterior.

Es importante destacar que los informes deben tener comentarios. En muchas ocasiones, los informes de mantenimiento no son más que cifras. Los informes deben contener, de manera breve, las conclusiones sobre la evolución de cada uno de los parámetros analizados, así como de las medidas adoptadas a partir de ese análisis.

9.4. ARCHIVO DE MANTENIMIENTO

El archivo de mantenimiento es el lugar donde se almacena, de manera más o menos ordenada, toda la información que genera mantenimiento. Puede ser un archivo informático, un archivo convencional en soporte papel o una mezcla de ambos. En la práctica, el archivo de la mayor parte de los departamentos de mantenimiento es una mezcla de ambos.

La información que genera mantenimiento y que es conveniente archivar es la siguiente:

- Órdenes y Permisos de Trabajo.
- Valores de referencia de determinados parámetros de funcionamiento de equipos (temperatura, nivel de vibración, presiones de trabajo, etc.).

- Informes de intervención.
- Propuestas de mejora.
- Procedimientos de trabajo e instrucciones técnicas.
- Diagnóstico de averías (o histórico de averías).
- Información económica diversa.
- Informes periódicos.
- Fichas de personal.
- Inventario de herramientas y medios que se emplean.
- Planes de calibración y listas de útiles calibrados.

9.4.1. Archivo en formato papel

En el caso de que no utilicemos un sistema informático o apoyemos éste con un archivo convencional para almacenar la información que no soporta el programa de gestión, es conveniente definir la estructura adecuada de dicho archivo. Esto nos ayudará encontrar fácilmente lo que busquemos, y nos permitirá colocar rápidamente cada documento donde corresponda⁴⁶.

En primer lugar, es conveniente diferenciar entre la documentación genérica que afecta a toda la planta y la información que afecta tan solo a un equipo o un conjunto de instalaciones.

Una estructura que podría utilizarse para el archivo general podría ser la siguiente:

CARPETA⁴⁷ N.º 1: PERSONAL

- Curriculum.
- Fichas de personal.
- Retribuciones.
- Plan de Formación.
- Convenio.

CARPETA N.º 2: HERRAMIENTAS Y MEDIOS

- Inventario de herramientas.
- Lista de útiles calibrados.
- Plan de Calibración.

CARPETA N.º 3: PLAN DE CALIDAD DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO

⁴⁶ El lema que hay que seguir cuando queremos ordenar y mantener ordenado algo es: un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio.

⁴⁷ Pueden ser carpetas, grupos de carpetas, archivadores, etc., dependiendo del volumen de información que se genere.

CARPETA N.º 4: PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO*— Procedimientos de organización*

- Flujo de una orden de trabajo.
- Planificación del mantenimiento programado.
- Planificación de paradas.
- Aislamiento de equipos con anterioridad a una intervención.
- Etc.

— Procedimientos técnicos

- Revisión de bombas centrífugas.
- Reapriete de bridas.
- Revisión de grupos hidráulicos.
- Colocación de discos ciegos.
- Alineación por láser.
- Etc.

CARPETA N.º 5: INFORMACIÓN ECONÓMICA DEL DEPARTAMENTO**CARPETA N.º 6: INFORMES PERIÓDICOS DE MANTENIMIENTO****CARPETA N.º 7: PLAN DE MANTENIMIENTO**

Para crear el archivo que recoge información sobre los equipos, es conveniente dividir la planta en sectores o zonas que engloben conjuntos de equipos. Un sector o zona puede ser un centro de coste, un conjunto de equipos que producen un bien determinado, un conjunto de equipos similares, etc.

Para cada una de estas zonas es conveniente utilizar carpetas o archivadores distintos. Cada una de esas carpetas o archivadores puede tener una estructura similar, parecida a la que se detalla en este ejemplo:

CARPETA N.º X: ZONA A*— Mantenimiento programado*

- Gamas de mantenimiento realizadas.
 - Gamas diarias⁴⁸.
 - Gamas semanales.
 - Gamas mensuales.
 - Gamas anuales.

⁴⁸ En plantas donde se estructura el archivo de esta manera, se observa que las gamas realizadas diarias llegan a ocupar mucho espacio. Esta circunstancia hay que tenerla prevista.

- *Mantenimiento correctivo*
 - O.T realizadas ⁴⁹.
 - O.T. pendientes.
 - Pendientes por falta de repuesto.
 - Pendiente en espera de parada del equipo.
 - Otras causas.
- *Lista de averías usuales y su solución*
- *Informes de intervención (histórico de averías)*
- *Propuestas de mejora*
- *Valores de referencia*

9.5. ARCHIVO TÉCNICO

Es conveniente distinguir el archivo técnico de la planta del archivo en el que se guarda y ordena la información que genera mantenimiento. El primero se refiere a la documentación entregada por los suministradores de equipos o los montadores de instalaciones, mientras que el segundo se refiere a la documentación que la actividad de mantenimiento genera.

El archivo técnico debe contener, adecuadamente ordenados, los diversos proyectos de las instalaciones y los manuales de todos los equipos. En ocasiones también contiene libros, documentación de cursos, catálogos de proveedores e información de carácter general que puede interesar a mantenimiento.

El manual que se entrega con un equipo suele estar formado por:

- Descripción del equipo.
- Manual de instalación, en el que se detalla toda la información referente a la descarga, montaje y puesta en marcha inicial del equipo.
- Manual de operación. Aquí se detalla cómo manejar el equipo (puesta en marcha, parada, funciones, etc.).
- Manual de mantenimiento. En este apartado están contenidas todas las instrucciones para llevar a cabo el mantenimiento del equipo.
- Esquemas mecánicos y eléctricos.
- Diagnostico de averías, en el que se indica cómo resolver los principales incidentes conocidos que puede presentar el equipo.
- Despiece y lista de piezas de repuesto.

⁴⁹ Igual que en el caso de las Gamas Diarias, las O.T realizadas llegan a ocupar mucho espacio, y habrá que tener en cuenta que habrá que archivarlas en un archivo definitivo aparte.

El proveedor del equipo suele entregar tres copias de esta documentación, cuyo destino es:

1. Una copia para el Archivo Técnico de Mantenimiento.
2. Una copia para el Departamento de Producción.
3. Una copia para el Archivo General de la Planta.

Las instalaciones (redes de aire comprimido, instalación eléctrica, redes de tuberías) suelen estar detallados en proyectos, en los que se detalla la información más relevante de cada una de estas instalaciones. Suelen estar constituidos por las siguientes partes:

- Memoria técnica, en el que se detallan las especificaciones de la instalación, forma de operarlas y su mantenimiento.
- Todos los planos necesarios (diagramas de tuberías, esquemas de instrumentación y control⁵⁰, planos de cimentaciones y obra civil, diagramas de flujo, planos de distribución de equipos⁵¹, etc.).
- Pruebas funcionales. Detalle de todas las pruebas realizadas para comprobar que la instalación alcanza sus especificaciones, junto con todos los certificados que acreditan los resultados obtenidos.

Estos proyectos suelen ir visados por el colegio profesional competente, y muchos de ellos deben pasar una serie de pruebas para poder legalizar la instalación. La ingeniería responsable del diseño y/o la instalación suele entregar también tres copias de esta documentación.

Algunas grandes empresas están informatizando sus archivos técnicos, de manera que a través de la red informática de la empresa puedan obtenerse copias de planos, información técnica de los equipos, etc. Suele conllevar una gran inversión, justificable tan solo en el caso de dichos planos deban ser consultados continuamente por muchas personas⁵².

9.6. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR ORDENADOR (GMAO)

9.6.1. *Ventajas y desventajas de un sistema informático*

La tendencia general de los departamentos de mantenimiento de las grandes industrias es hacia la informatización. Esta informatización, no obstante,

⁵⁰ Suelen denominarse P&I.

⁵¹ Suelen denominarse Lay-out.

⁵² En la industria química suele darse este caso.

presenta ventajas e inconvenientes que hacen que sea necesario analizar cuando es interesante esta informatización y cuándo la herramienta informática se convierte en un obstáculo que ralentiza y encarece la función mantenimiento.

Entre las ventajas más sobresalientes de un sistema informático cabría citar las siguientes:

- Control sobre la actividad de mantenimiento.
- Control sobre el gasto.
- Facilidad para la consulta de históricos.
- Facilidad para la obtención de ratios e indicadores.

Entre los inconvenientes, estarían:

- Alta inversión inicial, tanto en equipos como en programas y en mano de obra para la implantación.
- Burocratización del sistema.
- En muchos casos, aumento del personal indirecto dedicado a tareas improductivas.
- La información facilitada a menudo no es suficientemente fiable.

9.6.2. Justificación de la necesidad

Algo que se olvida a menudo cuando se estudia la implantación de un programa informático de gestión de mantenimiento *es que este programa no se ocupa del mantenimiento de la empresa*, no mantiene la empresa ni desde el punto de vista correctivo ni desde el punto de vista preventivo. El sistema informático es tan solo una herramienta, que en algunos casos puede convertirse más en un obstáculo que una ayuda. Como todo sistema de gestión de información, su función es, exclusivamente, tratar los datos que introducimos para convertirlos en información útil para la toma de decisiones. Por tanto, es necesario definir cuándo el sistema informático supondrá una mejora para el departamento, y cuándo, en cambio, se convertirá en una pesada carga.

Como norma general, podemos decir que aquellos entornos que manejan poco personal, pocas ordenes de trabajo y un número reducido de equipos no es necesario informatizarlos. La razón es que se manejan pocos datos, y no es necesario tener un sistema poderoso para tratarla y obtener a cambio información. Es más sencillo manejarse con soporte papel y con archivos formados por carpetas. Como mucho, será interesante desarrollar pequeñas aplicaciones con una hoja de cálculo o con una base de datos, que se pueden crear con conocimientos informáticos a nivel usuario.

De manera cuantitativa, podemos decir que en una empresa con un equipo de mantenimiento inferior a 10 personas, difícilmente las ventajas superaran a las desventajas de la informatización.

Con un equipo de mantenimiento superior a 25 personas, la informatización realizada de la manera adecuada traería beneficios indudables a la empresa. En el margen comprendido entre 10 y 25 personas cada caso particular tendrá una respuesta diferente. Hay que tener en cuenta en estos casos, el número de equipos que posee la planta, la información que deseamos obtener y la cantidad de datos que se generan.

9.6.3. *Objetivos que se pretenden con la informatización*

Recordemos que cuando se adquiere un Sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador estamos comprando un programa vacío que tendremos que personalizar. Debemos decirle, por ejemplo, qué equipos tenemos, cómo queremos funcionar para la apertura y cierre de Órdenes de Trabajo, qué mantenimiento programado queremos realizar en la planta, cómo queremos hacer la gestión de almacenes de repuestos, gestión de compras, etc. Es muy normal acometer el proceso de implantación sin tener una idea clara de lo que se quiere, sin tener experiencia en este tipo de trabajo, y comenzar a introducir datos en el ordenador que después será muy difícil cambiar.

Para que el proceso de implantación sea el correcto y obtengamos el máximo partido de nuestro sistema es conveniente definir en primer lugar qué objetivos queremos alcanzar, definir de manera precisa qué es lo que queremos conseguir con la implantación.

Los objetivos principales que debemos marcarnos son los siguientes:

1. Ahorrar dinero.
2. Poder disponer de información de manera rápida que nos ayude a tomar decisiones.

Ahorrar dinero

Ya que el primer objetivo de toda empresa es ganar dinero, y el segundo es ganar cada día más, cualquier nueva actividad que emprendamos debe suponer, o bien un ahorro en los costes o bien un aumento de los ingresos. Por tanto, el nuevo *software* debe proporcionarnos, a corto-medio plazo, un ahorro en los costes (puesto que el aumento en los ingresos no parece que se pueda conseguir por esta vía). Por ejemplo, debe suponer una disminución del personal indirecto, un ahorro en el consumo de repuesto al saber en todo mo-

mento lo que tenemos (evitando así comprar materiales que tenemos en stock), aumento de la disponibilidad de los equipos (facilidad para localizar el repuesto que tenemos en stock, posibilidad de incorporar un fichero con diagnósticos de averías que nos permita localizar rápidamente un problema), etc.

Para conseguir ahorrar dinero, debemos pues:

- No aumentar la carga de trabajo indirecto no productivo.
- Conseguir un sistema ágil para abrir y cerrar Órdenes de Trabajo.
- Conocer en todo momento el stock de materiales de que disponemos.
- Poder agilizar al máximo la reparación de un equipo (disminuyendo el tiempo de intervención al disponer inmediatamente del procedimiento de trabajo y de un diagnóstico de averías).
- Generar la menor cantidad posible de papel. El soporte papel tiene el inconveniente de que cuesta dinero (hojas, *tonner* de impresora, carpetas), y necesita ser archivado (estanterías, mano de obra indirecta para manejar el archivo).

Poder disponer de información de manera rápida

El segundo gran objetivo que podemos marcarnos es el de disponer de información de manera rápida y sencilla que nos permita una más acertada toma de decisiones. Es muy importante definir qué información es valiosa, qué informaciones debemos tener disponibles.

Una lista de las informaciones que debe proporcionarnos el sistema informático puede ser la siguiente:

- Medida de los diferentes indicadores de gestión.
- Stock de repuestos.
- Valor del stock de repuesto, tanto de almacenes centrales como de almacenes de zona.
- Histórico de averías de todos los equipos. Este histórico puede estar dividido por sistemas, áreas, equipos individuales, etc.
- Planificación del mantenimiento. Todas las órdenes de trabajo periódicas deben generarse, además, automáticamente. Debe ser posible consultar la carga de trabajo programado en un periodo determinado.
- Órdenes de trabajo pendientes, tanto de mantenimiento correctivo como de mantenimiento programado.
- Pedidos de material pendiente de recibir.
- Coste total de mantenimiento, que incluya las partidas de mano de obra, materiales, subcontratos y reparaciones efectuadas en talleres exteriores.
- Coste de una O.T.

- Coste del mantenimiento de un equipo, un área determinada, una factoría, etc. en un periodo de tiempo concreto.
- Repuesto consumido en una O.T.
- Repuesto consumido en un equipo, un área, etc., en un periodo de tiempo.
- Trabajos realizados por cada operario en un periodo de tiempo determinado.
- Trabajos realizados por un equipo de operarios determinados (por ejemplo un turno, una especialidad —mecánicos, eléctricos, etc.—).

Si los objetivos que nos marcamos son esos, en esa dirección debe apuntar el proceso de implantación. Es muy habitual no definir objetivos al comenzar el proceso de implantación de un Sistema de Gestión de Mantenimiento, y ponerse a realizarlo sin más. Es muy habitual, en este caso, encontrarse que los resultados sean estos:

- *Aumento del personal indirecto.* Al no haber tenido en cuenta la carga de trabajo adicional que tiene una determinada forma de operar (para abrir y cerrar O.T., para dar de alta o baja materiales en el almacén, para realizar las compras a través del sistema, etc.), el resultado final es que necesitamos incrementar el número de administrativos encargados de introducir datos, cuando antes no había nadie encargado de esta función improductiva.
- *Aumento del volumen de información en soporte papel.* El sistema nos proporciona montones de informes, a veces voluminosos, donde antes no se generaba ninguna documentación. Gastamos más en papel, en *tonner*, planteamos la posibilidad de adquirir nuevas impresoras más rápidas, necesitamos más espacio para estanterías, generamos un volumen mayor de residuos (papel) que tenemos que gestionar, etc.
- *El sistema proporciona datos, pero no proporciona información.* O al menos no proporciona toda la información que precisamos. Una buena parte de esa información debemos generarla después con otras aplicaciones informáticas de desarrollo propio, como hojas de cálculo, pequeñas bases de datos o, incluso, hay que seguir calculándolas de forma manual.
- *La información no es fiable.* Los sistemas de trabajo son tan engorrosos que los operarios no son rigurosos y se los saltan habitualmente, con lo que perdemos información y fiabilidad. Por ejemplo, si no se anotan *todos* los movimientos de almacén, cuando realicemos un inventario no coincidirá lo que hay realmente en el almacén con lo que hay registrado en el sistema informático. Consecuentemente, al solicitar un inventario a través del sistema éste no será reflejará la realidad, no será fiable.

9.6.4. *Proceso de implantación*

Las etapas del proceso de implantación son las siguientes:

1. *Codificación de los equipos. Creación de la estructura arbórea.*
2. *Introducción de los equipos en el sistema.* Carga de los equipos en el sistema.
3. *Introducción del personal en el sistema.* Carga de las fichas de personal, incluyendo todos los datos interesantes, en el sistema.
4. *Codificación de tareas.* Las tareas, sobre todo las tareas de mantenimiento programado de carácter periódico deben estar codificadas para facilitar (en algunos casos posibilitar) su programación. Debe diseñarse en esta fase el código que deben tener.
5. *Introducción de las tareas en el sistema.*
6. *Codificación del repuesto.* Debemos definir códigos para los tres tipos de materiales que encontraremos en el almacén (consumibles, repuesto específico y repuesto genérico).
7. *Introducción del inventario de repuesto en el sistema.*
8. *Definición del Plan de Mantenimiento Programado.*
9. *Introducción del Plan en el Sistema.*
10. *Definición de las formas de operación:*
 - Apertura y cierre de órdenes de trabajo.
 - Entradas y salidas del almacén.
 - Gestión de compras.
11. *Creación de documentos personalizados:*
 - Orden de trabajo.
 - Formato de Gama de Mantenimiento Programado.
 - Informe de intervención.
 - Formato de propuesta de mejora.
 - Informes que contengan toda la información que precisamos.

La lista de tareas que es conveniente preparar en paralelo a la implantación del programa sería la siguiente:

1. Definir el Plan de Mantenimiento Preventivo.
2. Tener inventariado el repuesto.
3. Lista del personal y su organigrama.
4. Definir el flujo de una orden de trabajo.
5. Definir el sistema de entradas y salidas del almacén.
6. Definir el sistema a seguir para realizar las compras.
7. Definir los informes que se necesitarán.

Gestión del cambio

Cuando proponemos un cambio, lo primero que nos cuestionamos es por qué queremos cambiar. Entre las razones habituales para proponer un cambio en Mantenimiento pueden estar las siguientes:

- La disponibilidad de los equipos no es la adecuada. Algunos equipos pasan demasiado tiempo no disponibles, afectando el Plan de Producción. La Dirección o el Departamento de Mantenimiento se plantean un cambio que mejore esa situación.
- Se desea rebajar el coste de mantenimiento. Los resultados, a nivel de disponibilidad, pueden o no ser los esperados, pero la competencia, la situación del mercado, los costes unitarios del producto o la situación de la empresa pueden requerir una disminución del coste.
- Se desea una modernización del Sistema de Gestión de Mantenimiento, ya que independientemente de que se alcancen o no los objetivos fundamentales de coste y disponibilidad, puede haber otras razones estratégicas que estén promoviendo cambios en toda la empresa: implantación de sistemas de aseguramiento de la calidad, gestión de la información generada a través de un *software* que permita compartir datos a los diferentes departamentos, cambios organizativos, necesidad de fiabilizar la instalación, etc.

En segundo lugar, debemos plantearnos hacia dónde queremos cambiar. Los objetivos que se plantee cada organización pueden ser diferentes, pero algunas metas comunes pueden ser las siguientes:

- El sistema de mantenimiento que se desarrolle debe utilizar la mano de obra estrictamente necesaria para garantizar los niveles de disponibilidad necesarios, ni más ni menos. Este personal debe tener los conocimientos que se requieran, y debe haber un sistema de formación que garantice su reciclaje continuo.
- El sistema debe permitir identificar qué tareas de mantenimiento son

las más interesantes en cada uno de los equipos, no debiéndose realizar más trabajo del necesario, pues eso elevaría los costes.

- La información generada en mantenimiento debe recogerse, de manera que pueda analizarse y puedan tomarse decisiones basándose en esa información.
- La gestión de los materiales (repuestos, consumibles, etc.) debe asegurar que se cumplirán los niveles de disponibilidad de los equipos al mínimo coste posible. Para ello, el almacén debe contener lo estrictamente necesario, y debe asegurarse que el sistema de gestión de materiales es eficaz y económico.
- Los trabajos en mantenimiento se realizan de manera segura y sin afectar al medio ambiente.

La tercera cuestión a resolver es, por último, cómo llevar a cabo el proceso de cambio, una vez aclarados los dos puntos anteriores. En este capítulo estudiaremos cómo hacer el cambio hacia el sistema propuesto en este libro de manera ordenada, de forma que se asegure el éxito del proceso.

10.1. RECURSOS NECESARIOS

Para dirigir el proceso de cambio de Sistema de Gestión de Mantenimiento que alcance las metas descritas en el punto anterior, es necesaria la implicación de las siguientes personas:

- Director Industrial, General, o el máximo cargo de la planta.
- Director Técnico y/o de Producción.
- Jefe de Mantenimiento y/o Director de Mantenimiento.
- Auditor Externo, que se encargue de la realización de la Auditoría de Organización, tanto al principio como al final del proceso de cambio.
- Coordinador del proyecto, que puede ser interno o externo. Tiene que ser una persona que conozca todo el proyecto, bien porque haya recibido una formación especial para ello o porque tenga experiencia pilotando procesos de cambio en departamentos de mantenimiento.
- Opcionalmente, un técnico de apoyo, que participará en las tres primeras fases del proceso de cambio. Debe ser una persona joven, dinámica, con gran formación técnica (un ingeniero que haya terminado sus estudios recientemente, por ejemplo).
- Personal del Departamento de Mantenimiento, que se encargue de la realización de la Auditoría Técnica de la Instalación, para determinar el estado de los equipos.
- Responsable de Almacén de repuestos.
- Responsable de Taller.

- Personal adicional para la puesta en marcha del Mantenimiento Preventivo. Es necesario tener en cuenta que, en empresas con poca tradición en Preventivo, puede ser complicado habituar al personal dedicado normalmente a tareas correctivas a realizar otro tipo de trabajos. En estos casos, para asegurar que el proyecto se llevará a cabo, puede ser necesario contratar nuevo personal para poner en marcha el Mantenimiento Preventivo que se diseñe. El nuevo personal tiene la característica fundamental de que viene «fresco», sin hábitos adquiridos.

Por tanto, el personal adicional con el que tendremos que contar para llevar adelante el proyecto de cambio será:

- Coordinador del proyecto, que puede ser un asesor externo o alguien de la empresa que haya recibido formación especial.
- Opcionalmente, un técnico de apoyo, que puede ser un becario, un ingeniero joven, etc., durante las primeras fases del proyecto.
- Auditor de mantenimiento, para que haga una valoración de la situación actual. Puede ser el Coordinador del proyecto.
- Operario/os de mantenimiento adicionales para poner en marcha el Mantenimiento Preventivo.

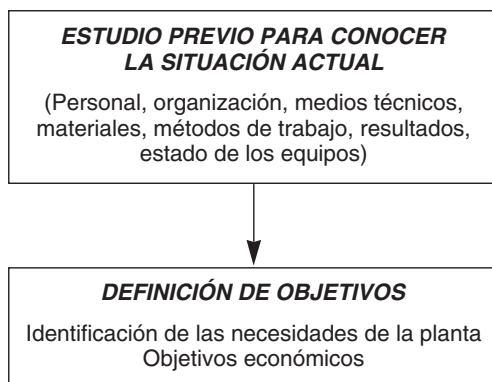
10.2. FASE PREVIA

Lo primero que debemos definir es la situación inicial. Debemos definir una serie de indicadores, y saber dónde se encuentra la empresa en el momento de partida.

Junto a esta medida de indicadores básicos, es aconsejable realizar una Auditoría de Mantenimiento, tanto de la instalación (para saber en que estado se encuentra) como de la Organización. Estas dos Auditorías se convertirán en documentos esenciales de partida.

Una vez conocemos dónde estamos, cuál es la situación de la empresa en el momento actual, hay que definir una serie de objetivos. El conjunto de esos objetivos nos definirán dónde queremos estar, hacia dónde nos queremos dirigir.

Es necesario documentar suficientemente estos dos extremos. La definición de objetivos, concretados en un Plan de Actuación, y la definición de la situación de partida, expuesta en la Auditoría de Mantenimiento, se convertirán así en dos documentos de partida a los que habrá que recurrir en el futuro para saber si se están cumpliendo los objetivos iniciales, y si hay desviaciones sobre lo estimado inicialmente.



FASE PREVIA

Objetivo general de esta fase: Saber dónde estamos y dónde queremos ir.

Duración máxima de esta fase: 1-2 meses.

1. **Determinación de la situación actual.** Realización de Auditoría de Calidad de Mantenimiento para conocer la situación de los aspectos más importantes y determinar oportunidades de mejora (mano de obra, materiales, métodos de trabajo, medios técnicos, resultados).

Responsables: Jefe de Mantenimiento, para la preparación de la documentación y la información necesaria; Auditor, para llevar a cabo la auditoría.

Duración: 2 semanas.

Documentación: Auditoría de Mantenimiento.

2. **Fijación de los objetivos:** Necesidades de producción y objetivos económicos del Departamento de Mantenimiento.

Responsables: Jefe de Mantenimiento, Coordinador del Proyecto, Director General, Director Técnico.

Documentación: Plan de Actuación.

3. **Presentación de las conclusiones y resultados obtenidos,** tanto en la Auditoría como en el Plan de Actuación.

Responsables: Jefe de Mantenimiento, Coordinador Técnico, Director General, Director Técnico.

10.3. IMPLANTACIÓN

Definida la situación actual y los objetivos que queremos conseguir, debemos comenzar el proceso de cambio.

Son necesarias una serie de acciones rápidas de resultados inmediatos para que tanto la dirección como los propios operarios de mantenimiento

crean en el proceso de cambio que se acaba de iniciar. Por ello, las acciones deben centrarse en aquellos puntos en los que se puede obtener un resultado inmediato, tanto visualmente como a nivel de resultados.

Las áreas en las que se debe trabajar son las siguientes:

- Puesta en marcha de un sistema de mantenimiento preventivo.
- Puesta a punto de la instalación.
- Organización del almacén de repuestos.
- Organización de talleres.
- Reestructuración de la plantilla.

10.3.1. Reorganización de los recursos humanos del departamento

La primera preocupación en el proceso de cambio debe ser saber si contamos con el personal adecuado, tanto en número como en formación, y si está correctamente organizado.

Los aspectos que debemos verificar son los siguientes:

- Si la organización central o descentralizada que exista es la más adecuada. Hemos visto que existen plantas en las que es más conveniente un único departamento central, mientras que en otras plantas es más conveniente un departamento central más una serie de departamentos autónomos.
- Si el horario de trabajo del departamento de mantenimiento es el que mejor responde a las necesidades. También hemos visto en el capítulo dedicado a Recursos Humanos cómo decidir el horario y los turnos más adecuados para una planta, dependiendo de una serie de factores (horario de producción, coste de una parada, capacidad de reserva de la planta, estado de los equipos, etc.).
- Si la organización funcional (organigrama) es capaz de responder convenientemente a las necesidades de la planta. Es necesario estudiar las necesidades, establecer qué puestos son necesarios y reorganizar el departamento.
- Si el personal tiene la cualificación necesaria. Debemos conocer cuáles son las habilidades y formación de cada uno de los integrantes del departamento, y a la vez, conocer qué conocimientos necesitamos que se posean.
- Si la cantidad de personal es la correcta.

Una vez comprobados todos estos aspectos, debemos proceder a corregir todos los desajustes, contratando el personal que necesitemos, eliminando el personal sobrante y reorganizando los recursos de manera que se adapten a las necesidades.

10.3.2. Puesta a punto de la instalación

Tras la auditoría técnica de la planta, en la que habremos determinado todas las anomalías de la misma, debemos proceder a la puesta a punto de la instalación. Debemos determinar todos los trabajos a efectuar, determinar los recursos necesarios (personal y materiales), y programar las intervenciones, encontrando los momentos más adecuados para realizarlas.

No todas las anomalías que se encuentren deben ser reparadas: solo aquellas cuya intervención sea rentable. El responsable de la determinación de los trabajos de puesta a punto debería ser el Coordinador Técnico, con la ayuda del Jefe de Mantenimiento y el visto bueno de la Dirección.

10.3.3. Puesta en marcha de un Plan de Mantenimiento Preventivo inicial

En primer lugar, cabe la posibilidad de que no haya en la planta ningún sistema de mantenimiento preventivo en funcionamiento. En este caso, la acción a tomar es diseñar un Plan Preventivo, que contenga una serie de gamas de mantenimiento agrupadas según su periodicidad: gamas diarias, gamas semanales, gamas mensuales, y gamas anuales. Estas gamas contendrán una serie de tareas preventivas a realizar en los diversos equipos. La forma de armar este plan puede ser la siguiente:

- Descomponer la planta en áreas o zonas, agrupadas por centros de coste, por proximidad geográfica, por similitud de equipos, por productos, etc.
- Listar cada uno de los equipos significativos⁵³ que componen la planta.
- Aplicar a esos equipos significativos unas gamas estándar, que contengan una serie de *tareas tipo* de acuerdo a la clase de equipo de que se trate. Es conveniente recurrir al manual del equipo para determinar las tareas que hay que llevar a cabo. No se valora, de momento, su importancia dentro del sistema productivo, su criticidad, el coste de una parada, etc.

Este Plan de Mantenimiento provisional no es el óptimo, pero es un plan inicial, una versión 0. Lo importante en esta fase es desarrollar un plan que

⁵³ Equipos significativos son aquellos que tienen cierta entidad dentro de la planta, que son trascendentes. No confundir equipos significativos con equipos críticos: puede haber equipos de cierta entidad (un compresor, un equipo de producción, una bomba) que no sean críticos, pero que sí son significativos.

pueda ponerse en práctica con rapidez, ya que siempre será mejor un plan imperfecto que de verdad se esté llevando a cabo que un plan perfecto que no se realice.

A continuación, debemos designar las personas encargadas de ponerlo en marcha. Es conveniente asignar a un operario (o a un grupo de ellos) la responsabilidad de este mantenimiento, evitando diluirla entre un grupo grande de personas. Elegidos los operarios, se les debe formar. Debe explicárseles el alcance de cada tarea, el modo de llevarla a cabo, los valores de referencia, etc. Se debe procurar que una persona experta, quizás la persona que ha elaborado el plan, se ocupe de esta tarea formativa.

La segunda posibilidad es que exista un Plan de Mantenimiento. En ese caso es más sencillo: solo tendremos que preocuparnos porque se lleve a cabo. Debemos revisar en primer lugar el plan, por si contuviera errores que hicieran imposible su puesta en práctica. Una vez corregido, debemos asegurarnos de que se dispone de todos los medios que se necesiten para llevarlo a cabo, ya sean medios técnicos o personas. Si no es así, deben asignarse esos recursos necesarios.

Es importante, en ambos casos, comprobar que efectivamente se está realizando el plan. Esta labor corresponde al Coordinador Técnico.

10.3.4. Organización del Almacén de Repuestos

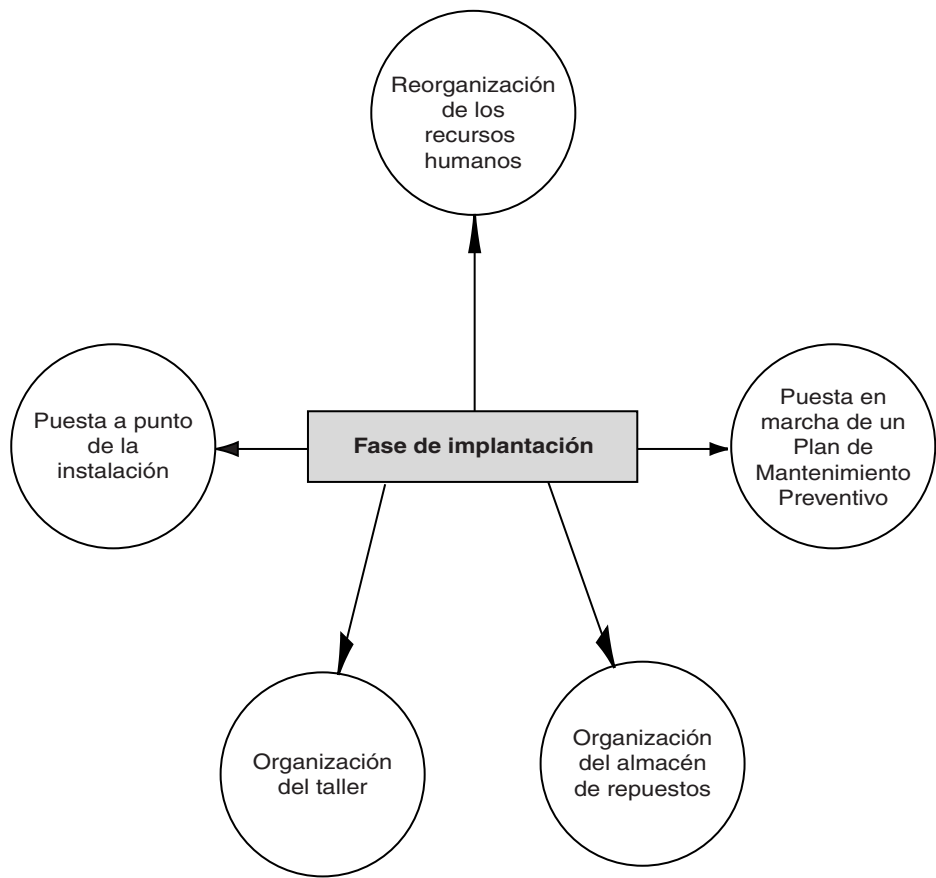
Tras la Auditoría de Mantenimiento, veremos si el sistema de Gestión de Materiales es el que mejor se adapta a las necesidades de la planta. Las actividades a realizar son las siguientes: la realización de un inventario del material existente, la colocación de repuestos y consumibles, ordenándolos bien por equipos o por tipo de repuesto, y el establecimiento de un sistema de registro de entradas y salidas del almacén.

10.3.5. Organización de talleres

Una de las principales preguntas que debemos responder es si el taller o talleres están ubicados en el sitio adecuado. El lugar más conveniente para colocar un taller de mantenimiento es el centro de la planta, de manera que las distancias de éste a los equipos sean mínimas. A veces no es posible esta ubicación, pero siempre debemos estudiar cuál es la ubicación posible más conveniente.

Además de preguntarnos por su ubicación, debemos estudiar la colocación de la maquinaria, el orden y limpieza del taller, las indicaciones, etc. En lo referente a orden y limpieza, uno de los puntos generalmente conflictivo en

estas instalaciones, es conveniente aplicar el sistema 5S , por su sencillez y demostrada eficacia ⁵⁴.



⁵⁴ El sistema 5S debe su nombre a 5 palabras japonesas que empiezan por el sonido «s». En español pueden traducirse como *Organización, Orden, Limpieza, Limpieza Estandarizada y Disciplina*. La aplicación de 5S se lleva a cabo en 5 fases, a saber:

Organización	Separar lo útil de lo inútil. Tirar lo inútil.
Orden	Ordenar lo útil.
Limpieza	Tirar lo inútil.
Limpieza Estandarizada	Crear un estándar de orden y limpieza.
Disciplina	Esforzarse por mantener el orden y la limpieza.

FASE IMPLANTACIÓN

Objetivo general de esta fase: Iniciar el proceso de cambio con acciones de efecto rápido, que empiecen a mostrar tanto al personal de mantenimiento como al resto de personal de la planta que se están produciendo cambios en el Sistema de Gestión de Mantenimiento. Las acciones deben ser sencillas, lógicas de entender y que den un resultado positivo en el muy corto plazo, para que generen confianza.

Duración máxima de esta fase: De 3 a 6 meses.

1. **Reorganizar Recursos Humanos.** Estudiar cantidad de personal, turnos necesarios, y adaptarlos a la nueva situación. Contratar al personal necesario y eliminar al personal del que se haya decidido prescindir. Responsables: Jefe de Mantenimiento, con el Coordinador Técnico.

Lugar: Obra.
Duración: 2 meses.

2. **Organizar Almacén de Repuesto:** Inventariar el material que haya en stock, colocar adecuadamente el material en estanterías perfectamente señalizadas, crear un sistema de registro de entradas y salidas.

Responsables: Responsable de Almacén.
Lugar: Almacén de Repuesto.
Duración: 1-2 meses.

3. **Poner en marcha un Plan de Mantenimiento inicial.** Redactar el plan, basándose en lo existente o en gamas estándar. Decidir los operarios que se encargarán de llevarlo a cabo. Ponerlo en marcha.

Responsables: Jefe de Mantenimiento, para facilitar toda la documentación técnica existente, antiguos planes, etc.
Técnico de apoyo, para redactar el plan.
Coordinador Técnico, para impulsar y verificar el plan propuesto.
Lugar: Obra.
Duración: 15-60 días, según la complejidad de la planta.

4. **Puesta a punto inicial de la planta (en marcha).** Definir las tareas a realizar, estimar recursos necesarios (mano de obra y materiales), conseguir los recursos, ejecutar, verificar.

Responsables: Técnico de apoyo, para realizar el diagnóstico inicial de la planta, y definir las tareas a realizar.
Jefe de Mantenimiento, para verificar las tareas propuestas por el Técnico de apoyo, estimar los recursos necesarios, conseguir los recursos.
Coordinador Técnico, para verificar la validez de las tareas propuestas, planificación y ejecución de los trabajos, y verificar el estado final.
Documentación: Informe de puesta a punto inicial, previo a la realización de los trabajos (técnico de apoyo).
Planificación de la ejecución (técnico de apoyo, Jefe de Obra).
Duración: 15-60 días, según complejidad de la planta.

5. **Organización del taller.** Separar lo útil de lo inútil, tirar lo inútil, ordenar el resto, crear un estándar de orden, dotar al taller con los medios técnicos necesarios.

Responsables: Jefe de taller, para realizar las acciones, con la ayuda del personal del taller. Coordinador, para explicar al responsable del taller lo que se pretende, y para dirigir y verificar resultados.
Documentación: Fotografías de antes y después.
Duración: 15-20 días, según complejidad de la planta.

10.4. DESARROLLO

Una vez puesto en marcha el nuevo sistema, tras la fase de implantación, es el momento de desarrollar un sistema con mucha más base técnica. Si en la fase de implantación eran importantes los resultados rápidos, en la fase de desarrollo es necesario realizar un estudio minucioso de cada uno de los equipos que componen la planta.

En algunas ocasiones no tendremos ni siquiera una lista de los equipos que componen la planta. Por curioso que parezca, esto es más habitual de lo que pudiera pensarse. En estos casos, lo primero será, pues, elaborar una lista con los equipos que componen la planta, buscando además un sistema de codificación que permita identificar con una referencia única cada equipo.

Una vez con este listado debemos recoger los datos más importantes de cada uno de ellos, y analizar tanto la importancia del equipo en la instalación como el modelo de mantenimiento más adecuado, elaborando una *ficha* por cada uno de los equipos. En estas fichas, como veíamos, es conveniente indicar los siguientes datos:

- Datos generales del equipo.
- Valores de referencia.
- Criticidad del equipo (crítico, importante, prescindible).
- Modelo de mantenimiento más adecuado.
- Repuesto que es conveniente mantener en stock.
- Consumibles necesarios en este equipo.
- Formación que es necesaria para hacerse cargo del equipo.
- Subcontratos necesarios.
- Normativas legales que afecten al mantenimiento de los equipos.

Con los datos aportados por este estudio pormenorizado de cada equipo, estamos en condiciones de desarrollar, de desplegar todas las consecuencias que se derivan de este estudio.

10.4.1. Reelaboración del Plan de Mantenimiento

Cada equipo tiene ahora asociado un modelo de mantenimiento. Se está en disposición de elaborar un nuevo Plan de Mantenimiento que se ajuste al modelo seleccionado para cada equipo. De esta forma, si antes habíamos determinado un mantenimiento estándar para una bomba, después del análisis de equipos podremos determinar si en la bomba es conveniente aplicar un mantenimiento básicamente correctivo, o si es más interesante intervenir durante una parada anual, etc.

Este nuevo plan será mucho más fácil de poner en marcha, pues ya hay una «cultura» de mantenimiento programado: tan solo se trata de realizar tareas diferentes.

Es conveniente, en esta fase de reelaboración, tener en cuenta otras cosas:

1. Es conveniente consultar a los operarios del equipo sobre sus fallos más frecuentes.
2. Igualmente, es conveniente consultar a los operarios de mantenimiento que normalmente intervienen en el equipo sobre sus intervenciones más frecuentes.
3. Otra fuente de información es el Histórico de Averías, o cualquier documento o base de datos en la que encontremos el historial de intervenciones en un equipo.
4. Por último, haremos una lectura detallada del capítulo dedicado a mantenimiento en el Manual del Equipo, por si hubiera alguna tarea que no hubiéramos considerado.

Junto al Plan de Mantenimiento, debemos elaborar una serie de procedimientos en los que se explique el alcance y el modo de realización de cada una de las tareas que se detallan en el Plan de Mantenimiento. Es importante, igual que con cualquier procedimiento, que antes de poner en marcha el nuevo plan realicemos una acción formativa en la que se explique a los operarios implicados como llevar a cabo cada una de las gamas, usando los procedimientos redactados, y asegurando que el personal dispone de este procedimiento.

10.4.2. Determinación de tareas de parada

Algunos de los equipos de la planta no pueden ser atendidos en cualquier momento, por necesitarse en ellos una muy alta disponibilidad. Son equipos que deben ser atendidos en épocas especiales, muy determinadas. Este tipo de mantenimiento, en el que en un periodo de tiempo reducido y muy determinado se acometen una serie de intervenciones en equipos determinados, se suele denominar «Parada», «Mantenimiento de Campaña» o «Puesta a Cero».

No todos los equipos de una planta industrial son susceptibles de este tipo de mantenimiento. Solo unos pocos, aquellos cuyo modelo de mantenimiento corresponde con el de Alta Disponibilidad, son los únicos que deben programarse en estas fechas. Este tipo de mantenimiento es caro, supone incorporar cierta cantidad de personal no habitual en la planta, cuyo rendimiento es menor, y con el que aumenta la probabilidad de sufrir acci-

dentes. Por estas razones, las actividades a realizar en «Parada» deben ser las mínimas posibles.

Con los datos obtenidos en el análisis de equipos es posible determinar:

- Los equipos que deben ser atendidos durante la parada.
- Las tareas a realizar en cada uno de esos equipos en esos periodos.

En determinadas tareas y equipos es necesario estimar los recursos necesarios y programar de manera minuciosa cómo irán sucediendo cada una de las tareas, de manera que la programación de la parada se convierte en una tarea crucial de la que depende el éxito de ésta.

10.4.3. *Elaboración de la lista de repuesto mínima*

Veámos anteriormente que es necesario organizar el almacén de repuesto realizando un inventario, colocándolo adecuadamente y estableciendo un sistema de registro de movimientos en el almacén. Pero eso no garantiza que el almacén contenga el material necesario para asegurar la disponibilidad de equipos que queremos.

Eso sólo puede hacerse determinando los equipos críticos, determinando el repuesto crítico de esos equipos, los materiales con alto nivel de rotación y los consumibles habituales de la planta.

10.4.4. *Subcontratos*

No todas las tareas que hay que realizar en los equipos pueden ser abordadas por el departamento de mantenimiento propio o por el personal habitual. Una parte de estas tareas han de ser contratadas a especialistas en los equipos, que pueden ser el fabricante, el importador, o un contratista especialmente preparado en ese tipo de equipos.

Las razones que impiden realizar todas las tareas propias de una planta pueden ser dos: no disponer de los conocimientos necesarios para intervenir en los equipos o no disponer de los medios técnicos que se precisan para realizar la intervención.

Los tipos de subcontratos posibles son varios:

- Subcontratar completamente el mantenimiento del equipo al especialista.
- Subcontratar exclusivamente la reparación de averías, dejando el mantenimiento rutinario en manos del departamento propio.
- Subcontratar el mantenimiento rutinario exclusivamente.

- Subcontratar tan solo una serie de inspecciones periódicas que determinarán el estado del equipo y que servirán de base para decidir si es necesario realizar alguna tarea adicional.

10.4.5. Plan de Formación

La última consecuencia que se deriva del estudio y análisis de cada uno de los equipos que componen la planta es el Plan de Formación. Este Plan contendrá cuatro tipos de acciones:

- *Cursos genéricos.* Son cursos que tienen como finalidad que el personal de mantenimiento aumente sus conocimientos generales en mantenimiento. Algunos de estos cursos son:
 - Mecánica para electricistas.
 - Electricidad para mecánicos.
 - Alineación.
 - Neumática.
 - Hidráulica.
 - Programación de PLC's.
 - Etc.
- *Cursos específicos.* Estos cursos tienen como finalidad la formación en los equipos específicos de la planta. Son los que más relación tienen con el análisis de equipos.
- *Sesiones formativas.* En estas sesiones, de corta duración (1-3 horas) se repasan planos de instalaciones, algún tema específico (por ejemplo, alarmas de una caldera) o formación previa a la implantación de procedimientos de trabajo
- *Formación específica en Seguridad.* Las actuales normativas en materia de Prevención de Riesgos Laborales contemplan la formación e información de riesgos a los trabajadores. Por esta razón, tras un análisis de los equipos y las tareas que deben realizarse en ellos, deben prepararse las acciones formativas que hay que abordar en materia de seguridad.

El conjunto de estas acciones, adecuadamente documentadas, compondrán el Plan de Formación.

FASE DESARROLLO

Objetivo general de esta fase: Tras las acciones iniciales, es necesario realizar un conjunto de actuaciones basadas en un estudio profundo de cada uno de los equipos que componen el sistema productivo.

Duración: 6 meses.

1. **Análisis de Equipos.** Elaboración de la lista de equipos, análisis de criticidad, determinación del modelo de mantenimiento más adaptado a cada equipo, recogida de datos (valores de referencia, repuesto crítico, formación necesaria, subcontratos, mantenimiento de carácter legal).

Responsables: Técnico de apoyo, para la realización de la Fichas de Equipo.
Coordinador Técnico, para dirigir y validar el trabajo.
Jefe de Mantenimiento, para facilitar información.

Duración: De 1 a tres semanas.

Documentación: Fichas de equipo, Hoja Resumen.

2. **Elaboración del Plan de Mantenimiento, revisado.** Elaboración de un nuevo Plan de Mantenimiento, basado en los datos recogidos en las fichas de equipo, sobre criticidad y modelo de mantenimiento aplicable.

Responsable: Técnico de apoyo para realizar el nuevo plan.
Coordinador técnico y Jefe de Mantenimiento, para validar el trabajo.

Duración: De 2 a 5 semanas, según la complejidad de la planta.

Documentación: Plan de Mantenimiento, versión avanzada.

3. **Determinación de tareas de Parada.** El mantenimiento de equipos con Alta Disponibilidad debe estar basado en una Parada Programada periódica (anual, semestral, bimensual, etc.). A partir de los datos recogidos en las fichas de equipo, puede determinarse qué equipos son y preparar las actividades de parada. Deben definirse tareas a realizar, recursos necesarios, planificación de la parada, etc.

Responsable: Técnico de apoyo, Jefe de Mantenimiento, apoyo puntual de personal con experiencia en la planificación de paradas.

Duración: Variable, tanto en duración como en el momento de inicio.

Documentación: Planificación de la parada.

4. **Elaboración de la lista de repuesto mínimo.** A partir de los datos de repuesto contenidos en las fichas de equipo, debe elaborarse la lista de repuesto mínimo a permanecer en stock en la planta. A partir de ella, hay que adaptar el almacén de repuesto a esa lista, adquiriendo el que falta y reclasificando el que sobra.

Responsable: Técnico de apoyo, Coordinador Técnico, Responsable de Almacén.

Duración: De 1 a 3 meses para elaborar lista, variable para adquirir el material.

Documentación: Lista de repuesto mínimo recomendado.

5. **Plan de Formación.** A partir de las Fichas de Equipo, en las que se determina la formación que es necesaria para poder hacerse cargo del mantenimiento de los equipos, se realiza el Plan de Formación, se planifica y se pone en marcha.

Responsable: Jefe de Mantenimiento, Técnico de apoyo, Departamento de Personal de MASA (área de formación para la coordinación de los cursos).

Duración: 1-2 días.

Documentación: Plan de Formación.

6. **Subcontratos.** A partir de las Fichas de Equipo, en las que se detallan los subcontratos necesarios, se estiman estos, se piden oferta y se acuerda con los subcontratistas alcance, presupuestos, etc.

Responsable: Jefe de Mantenimiento.

Duración: A lo largo de los 6 meses que dura esta fase.

Documentación: Contratos con subcontratistas.

10.5. OPTIMIZACIÓN

Una vez se han llevado a cabo todas las acciones anteriores, es el momento de analizar los resultados obtenidos. Debemos analizar:

- Los niveles de disponibilidad de la planta.
- Las averías e incidencias que se han producido.
- El coste económico del sistema implantado.

Del análisis se deducirán una serie de acciones:

- *Mejoras técnicas.* Tras el análisis de las incidencias y averías, pueden derivarse cuatro tipo de acciones: propuestas de mejora de las instalaciones, revisiones del Plan de Mantenimiento (para incluir tareas, retirarlas o cambiar su frecuencia), o propuestas de cambios en las instrucciones de manejo de los equipos.



- *Mejoras Organizativas*, con redistribución de funciones en el departamento, y redacción o modificación de procedimientos de trabajo para hacerlos más efectivos
- *Mejoras económicas*: optimización de la plantilla, disminución de la contratación a especialistas, disminución del consumo e inmovilizado de materiales para mantenimiento.

FASE OPTIMIZACIÓN

Objetivo general de esta fase: Cuando todos los cambios están consolidados, es el momento de optimizar, de buscar oportunidades de mejora. Las mejoras siempre deben tener dos objetivos: la optimización económica, buscando reducir costes o aumentar ingresos, y el aumento de la calidad del servicio. Esta fase está basada en el análisis continuo de resultados, tanto a nivel técnico (análisis y evolución de averías e incidencias) como a nivel económico.

Duración: Continua.

1. **Mejoras técnicas.** El análisis de averías e incidencias dará lugar a propuestas de mejora, a cambios en el Plan de Mantenimiento, o a propuestas de cambio de pautas de producción.

Responsables: Jefe de Mantenimiento, con sus mandos.
Coordinador Técnico, para la puesta en marcha de la recogida de propuesta, y su documentación.

Documentación: Propuestas de mejora, Plan de Mantenimiento.

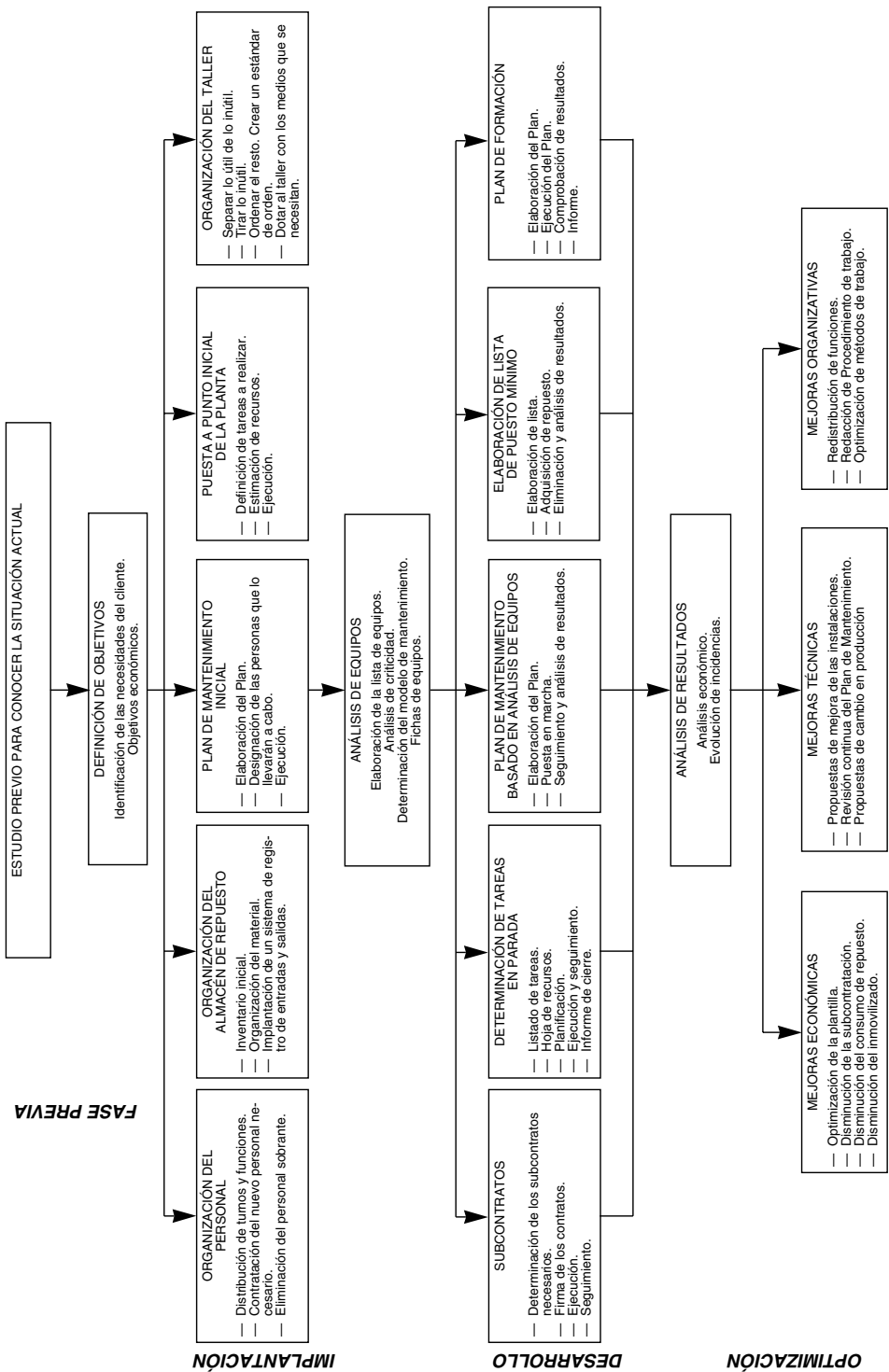
2. **Mejoras Organizativas.** Redistribución de funciones, nuevos organigramas que mejoren la eficiencia de la organización, redacción de procedimientos de trabajo, optimización de métodos de trabajo.

Responsables: Jefe Mantenimiento, sus mandos y su personal.

Documentación: Nuevo organigrama.
Procedimientos de trabajo.

3. **Mejoras Económicas.** Optimización de la plantilla, redistribución de turnos, disminución de la subcontratación en base a los conocimientos adquiridos según el Plan de Formación, disminución del consumo de repuesto.

Responsables: Jefe de Mantenimiento, sus mandos y su personal.



Bibliografía

- L. NAVARRO, A. C. PASTOR, J. M. MUGABURU, *Gestión Integral de Mantenimiento*, ed. Marcombo, 1997.
- A. KELLY, M. J. HARRIS, *Gestión del Mantenimiento Integral*, Fundación Repsol Publicaciones, 1998.
- ALAN KARDEC, JULIO NASCIF, *Manutenção, função estratégica*, ed. Quality Market, 1999.
- ROBERT C. ROSALER, *Manual del Ingeniero de Planta*, ed. Mc Graw-Hill, 1997.
- A. PORRAS CRIADO, A. GUERRERO, *Seguridad en instalaciones eléctricas*, ed. Mc Graw-Hill, 2000.
- KUNIO SHIROSE, *TPM para mandos intermedios de fábrica*, ed. Productivity, 2000.
- DONALD R. ASKELAND, *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, International Thompson Editores, 1998.

Índice analítico

- Accidentes,
 - más frecuentes en mantenimiento, 241
 - investigación en, 239
- Activos de una planta, codificación, 14
- Administrativo, 137
- Almacenes, 125
 - central, 127
 - de repuestos, 128
 - inventarios, 128
 - de zona, 127
- Análisis de criticidad, 24, 25, 30
 - equipos,
 - críticos, 24
 - importantes, 24
 - prescindibles, 24
- Analista de averías, 136
- Archivo,
 - de mantenimiento, 269
 - en formato papel, 270
 - técnico, 272
- Auditor, el perfil del, 206
- Auditorías,
 - cuestionario de, 212
 - cuestionario de como llevar a cabo la, 211
 - de calidad de mantenimiento, 202
 - documentación a preparar, 206, 207
 - frecuencia para realizar las, 221
 - informe final, el, 219
- Averías,
 - análisis en un compresor centrífugo, 115
 - diagnóstico de, 40
 - causa de fallos, 109
 - distribución del tiempo en la reparación de, 100
 - histórico de, 40
- Caldera,
 - acuatubular, 83
 - averías, defectos o anomalías, 93
 - de recuperación, 53
 - plan de mantenimiento de, 48
- Calidad en mantenimiento, 189
 - auditorías de, 202
 - ISO 9000, 194
 - mano de obra, 190
 - materiales, 191
 - medios técnicos, 192
 - métodos de trabajo, 193
 - resultados, 193
- Cambio, gestión del, 279
 - desarrollo, 287
 - fase previa, 281
 - implantación, 282
 - optimización, 292
 - recursos necesarios, 280
- Cerrajero, 140
- Cliente interno de producción, 2
- Códigos para elementos, 16
- Compresor centrífugo, análisis de averías en un, 115
- Contratación de personal, 161
 - el período de adaptación, 167
 - el reclutamiento, 161
 - empresas especializadas en, 166
 - la selección,
 - la entrevista final, 164
 - prueba, 162
 - proceso de selección, 169
 - tipos de contratos, 165
 - valoración del candidato, 172
- Criticidad, análisis de, 24, 25, 30
- Cuestionario de auditoría, 212

- Departamento de compras, formas de evaluar la eficacia del, 210
- Diagramas de flujo, 105
- Electricista,
 de alta tensión, 139
 de baja tensión, 139
- Electrónico, 140
- Encargados y Jefes de Equipo, 134
- Engrasador, 140
- Equipo,
 consulta al manual del, 48
 documentación del, 41
- Equipo(s),
 análisis de, 7, 50, 51
 modelos programados, 28
 criticidad, 50
 modelo de mantenimiento, 50
 codificación de, 13
 código para, 14
 de una planta,
 hoja-resumen de los, 35
 ficha de, 29
 lista de, 8, 10
- Equipos de protección individual, 237
- Errores,
 condiciones externas anómalas, 111, 115
 del personal de producción, 114
 del personal de mantenimiento, 110, 114
 del personal de producción, 110
- Especialidades relacionadas con la herramienta que utilizan, 141
- Especialista en válvulas, 141
- Especialización, 153
- Excelencia, el estándar de la, 202
- Fallos,
 análisis de, 66, 111
 clasificación de los, 41
 determinación de los modos de, 42
 determinación de medidas preventivas, 43
 tareas de mantenimiento, 43
 en el material, 113
 formas de actuación ante un, 42
 funcionales, 39
 técnicos, 39
 histórico de averías, 40
 personal de mantenimiento, 40
 personal de producción, 41
- Flexibilidad, 156
- Gamas y rutas, realización de, 79
- Gestión,
 de la información, 249
 de la prevención de los riesgos laborales, 223
 de los repuestos, 119
 de los recursos humanos en mantenimiento, 131
 definición de los puestos de trabajo, 132
 especialización, 153
 flexibilidad, 156
 motivación, 158
 polivalencia, 153
 de mantenimiento asistido por ordenador, 273
 del cambio, 279
 del mantenimiento, 3
 correctivo, 99
- Grabador de datos, 137
- Grupos oleohidráulicos, revisión anual de, 196
- Hidraulista, 140
- Hojas-resumen,
 datos de mantenimiento, 36
 de los equipos de planta, 35
- Indicadores, 255
 de gestión de órdenes de trabajo, 259
 índices,
 de coste, 261
 de disponibilidad, 257
 de gestión de almacenes y compras, 264
 de seguridad y medio ambiente, 265
 usuales, 267
- Índices,
 de coste, 261
 de disponibilidad, 251
 de gestión de almacenes y compras, 264
 de seguridad y medio ambiente, 265
 usuales, 267
- Información,
 gestión de la, 249

- archivo de mantenimiento, 269
- archivo técnico, 272
- diagrama de flujo de las órdenes de trabajo, 251
- indicadores, 255
- informes periódicos, 268
- mantenimiento asistido por ordenador, 273
- órdenes de trabajo, 250
- Informes periódicos, 268
- Instrumentista, 140
- Inventarios,
 - de consumibles, 129
 - de repuesto genérico y específico, 129
 - generales, 130
 - repuesto específico, 129, 130
- Inventarios, procedimiento para la realización de, 128
- ISO 9000, 194
 - como forma de aseguramiento de la calidad, 201
- Jefe de Mantenimiento, 134
- Jefe de Taller, 136
- Lista de averías, 106
- Listados de cursos, ejemplo, 181
- Listados de formación de operarios, ejemplo de, 182
- Mano de obra, calidad, 190
- Mantenimiento,
 - a turnos rotativos, 147
 - agrupación de las tareas, 75
 - archivo de, 269
 - asistido por ordenador, 273
 - cambios en los procedimientos de, 47
 - cambios en los procedimientos de operación de, 47
 - centralizado y distribuido, 146
 - director de, 145
 - encargados y Jefes de Equipo, 134
 - errores del personal de, 110
 - estructuración de un plan, 75
 - gestión de los recursos humanos, 131
 - jefe de, 134
 - mejora y/o modificaciones de la instalación, 46
 - modelos de, 34
 - modelos posibles de, 19
 - condicional, 20
 - correctivo, 19, 20
 - de alta disponibilidad, 21, 22
 - sistemático, 20, 21
 - organigramas, 142
 - básico, 142
 - complejo, 144
 - estructura avanzada, 142
 - personal de, 40
 - plan basado en RCM, 37
 - plan de, 64, 67
 - responsable de la Oficina Técnica de, 133
 - selección del modelo de, 26
 - tipo de tareas, 45
 - modelos de aplicación, 45
 - tipos de, 17, 18
 - división clásica, 17
- Mantenimiento, plan de, 76
 - gama preventiva, 77
 - gamas anuales, 79
 - procedimientos de realización de gamas y rutas, 83
 - puesta en marcha, 82
 - rutas diarias, 76, 79
 - rutas semanales, 79
- Mantenimiento,
 - mejora continua del, 97
 - plan de, 97
 - planificación del, 94
 - organización de paradas, 95
- Mantenimiento correctivo,
 - asignación de prioridades, 103
 - diagramas de flujo, 105
 - ayudas al diagnóstico, 106
 - gestión del, 99
 - distribución del tiempo en reparación avería, 100
 - lista de averías, 106
- Manual del equipo, 48
- Material(es), 204
 - calidad, 191
 - fallos en el, 113
- Matricero, 141
- Mecánico ajustador, 139
- Mediciones de rendimiento, 208
- Medio ambiente, 206
- Medios técnicos, 204
 - calidad, 192

- Métodos de trabajo, 193, 203
- Motivación, 158
- Obligaciones, análisis de, en materia de seguridad, 244
- Oficina Técnica de Mantenimiento, 133
 - responsable de la, 133
- Optimización, formas de, 183
- Órdenes de trabajo, 250
 - correctivas, 250
 - diagrama de flujos de, 251
 - preventivas, 253
- Organigramas en mantenimiento, 142
- Personal,
 - analista de avería, 136
 - base de datos del, 176
 - de mantenimiento, 41
 - de producción, 41
 - jefe de taller, 136
 - planes de formación, 176
 - cursos específicos, 178
 - cursos genéricos, 178
 - documentado el, 179
 - formación de procedimientos de trabajo, 179
 - necesidades de establecer, 177
 - planificador, 135
 - preparador, 135
 - puestos directivos,
 - especialidades relacionadas con la herramienta que utilizan, 141
 - especialistas en válvulas, 141
 - matricero, 141
 - puestos directivos, 138
 - cerrajero, 138
 - electrónico, 140
 - electricista de baja tensión, 139
 - electricista de alta tensión, 139
 - engrasador, 140
 - hidraulista, 140
 - instrumentista, 140
 - mecánico ajustador, 139
 - responsable,
 - de almacén de repuesto, 137
 - de compras, 138
 - del depósito de herramientas, 138
 - verificador, 135
- Plan de calibración, 198
 - formato de, 199
- Plan de calidad, 199
 - índice típico de un, 200
- Plan de mantenimiento, 76, 97
 - basado en RCM, 37
 - elaboración inicial de un, 67
 - estructuración de un, 75
 - mejora continua del, 94
- Plan de seguridad, 237
- Planes de formación, 176
- Planificador, 135
- Planificación del mantenimiento, 94
- Planta de servicios generales,
 - plan de mantenimiento de una caldera en una, 48
 - descripción de la planta, 48
- Plantas,
 - con un solo turno de trabajo, 151
 - de proceso continuo, 148
 - plantas que trabajan a dos o tres turnos, 152
- Plantilla, reducción de la, 173
 - bajas incentivadas, 174
 - cambio de departamentos, 175
 - despido, 173
 - expediente de regulación de empleo, 175
 - jubilación anticipada, 175
 - solicitud de baja voluntaria, 174
- Polivalencia, 153
- Preparador, 135
- Procedimiento técnico, ejemplo de, 195
- Producción,
 - cliente interno de, 2
 - error humano del personal de, 110
 - personal de, 41
- Puestos de trabajo,
 - definición de, 132
 - indirectos, 132
 - director de mantenimiento, 132
 - responsable de Oficina Técnica de Mantenimiento, 133
- RCM (Reliability Centered Maintenance), 37
- Recursos humanos, reorganización en el departamento, 283
- Reliability Centered Maintenance (RCM), 37

- Rendimiento, mediciones de, 208
- Repuestos,
 clasificación de los, 119
 determinación de lo que debe permanecer en stock, 123
 estimación de la cantidad, 123
 fallo analizado, 124
 específico, 130
 gestión de, 119
 clasificación por tipo de aprovisionamiento, 121
 necesidad de stock en planta, 121
 responsabilidad dentro del equipo, 120
 identificación de los, 125
 selección del, 121
 consumo, 122
 coste de la pieza, 122
 criticidad del equipo, 122
 plazo de aprovisionamiento, 122
- Responsabilidades sociales, civiles y penales, 243
- Responsable de almacén de repuesto, 137
- Responsable de compras, 138
- Responsable de mantenimiento,
 en materia de seguridad, 244
- Responsable del depósito de herramientas, 138
- Resultados, 205
 calidad y, 193
- Riesgos laborales,
 accidentes más frecuentes en mantenimiento, 241
 en mantenimiento, 225
 agentes biológicos, 234
 agentes físicos, 234
 atrapamientos por o entre objetos, 229
 atrapamientos por volcado de máquinas, 229
 atropellos, golpes y choques con o contra vehículos, 233
 caída de objetos por desplome, 226
 caída de objetos por manipulación, 226
 caída de objetos desprendidos, 227
 caída de personas a distinto nivel, 225
 caída de personas al mismo nivel, 226
 causados por seres vivos, 233
 causas naturales, 234
 contactos térmicos, 230
 contactos eléctricos directos, 230
 contactos eléctricos indirectos, 231
 contactos con sustancias caústicas y/o corrosivas, 232
 explosiones, 232
 exposición a temperaturas extremas, 230
 exposiciones a radiaciones, 232
 golpes contra objetos inmóviles, 227
 golpes y contactos contra objetos móviles de una máquina, 228
 golpes y cortes por objetos o herramientas, 228
 incendios, 233
 inhalación o ingestión de sustancias nocivas, 231
 pisadas sobre objetos, 227
 proyección de fragmentos o partículas, 229
 sobreesfuerzos, 230
 equipos de protección individual, 237
 evaluación, 235
 formación en seguridad, 242
 gestión de la prevención, 223
 incumplimientos sancionables, 243
 índices de evaluación en la seguridad, 240
 investigación en accidentes, 239
 plan de seguridad, 237
 responsabilidades sociales, civiles y penales, 243
- Rutas diarias, 76
- Seguridad, 205
 formación en, 242
 índices de evaluación en la, 240
 responsable de mantenimiento en materia de, 244
 sistemas de, 70
- Sistema,
 de seguridad, 70
 eléctrico y electrónico, 74
 hidráulico, 73
 mecánico, 70
 neumático, 72

Sistemas de seguridad, 70	con un solo turno de trabajo, 151
administrativo, 137	de proceso continuo, 148
técnico en seguridad, 136	plantas que trabajan a dos o tres turnos, 152
Tabla de tiempos, 209	
Técnico en seguridad, 136	Verificador, 135
Turnos rotativos, mantenimiento a, 147	Zonas/equipos,
plantas,	análisis de, 33

