



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**ING. JOSÉ PAPPATERRA C.**

G-601619

---

**MANTENIMIENTO**

---

**INDUSTRIAL**

---

ING. JOSE PAPPATERRA C.

INTRODUCCION

Considerando que el tema "Mantenimiento Industrial" no ha sido tratado -  
en nuestras clases de acuerdo con la importancia que tiene en la práctica  
profesional, la Sección de Ingeniería Industrial presenta estos apuntes de -  
desarrollados por el Ing. José Pappaterra C., persona de amplia experiencia  
en el campo.

Si bien el tema forma parte del programa de estudios de la materia Inge -  
niería Industrial II, consideramos que cualquier estudiante de la carrera de  
Ingeniería Mecánica y Eléctrica debería conocer este tema.

Recibiremos con mucho agrado cualquier comentario que se nos haga llegar.

Ing. Juan José DiMatteo Camoirano  
Enero/79

FAC. DE INGENIERIA  
DOCUMENTACION  
CONSULTA

## INTRODUCCION

- 1.1 - NECESIDAD DE MANTENIMIENTO.
- 1.1.1 - NATURALEZA.
- 1.1.2 - TENDENCIAS.
- 1.1.3 - CONCLUSIONES.
- 1.1.4 - PREGUNTAS CONTROL.

## 1.1 NECESIDAD DE MANTENIMIENTO

### 1.1.1. NATURALEZA

Debido a la relativa precariedad de los medios que el hombre utiliza en la industria (máquinas, equipos, etc.) hace que el tiempo que puedan prestar servicios (durabilidad) y la seguridad de funcionamiento (confiabilidad) en los mismos, constituya uno de los problemas fundamentales de la Ingeniería.

Por la naturaleza misma de estos medios, se requiere inevitablemente prestar cuidados para conservar y mantener en condiciones adecuadas a las instalaciones, maquinarias, equipos, etc., pues su mal estado significa:

- Riesgo constante en cuanto a la seguridad e higiene del personal y el del equipo mismo.
- Disminución de la eficiencia del conjunto.
- Emergencias, tiempos muertos y desperdicios en la producción, imputables a detenciones y averías por mal estado del equipo.
- Depreciación acelerada del equipamiento y edificios.
- Inversiones en mano de obra, materiales y servicios para efectuar reparaciones.

Con notable incidencia en los costos reales, en la productividad y en la rentabilidad de la empresa.

Los cuidados pueden depender de circunstancias como:

- Grado de utilización.
- Factores estacionales (temperatura ambiental, vientos, etc.)
- Ubicación.
- Accidentes fortuitos, descuidos.

El mantenimiento industrial es la prestación de los cuidados necesarios para tener en correctas condiciones de utilización y funcionamiento los medios de la empresa. Comprende los siguientes conceptos:

- "Reparar", eliminar averías, volver a su estado de origen.
- "Conservar", evitar averías o disminución de propiedades, capacidad, calidad.
- "Realizar modificaciones", introducir las variantes necesarias para obtener mejoras.

El mantenimiento requerido puede consistir:

Para las maquinarias y equipos; operaciones y trabajos tales como

- Reposición de las partes de desgaste.
- Alineaciones.
- Ajustes.
- Etcétera.

Para los hornos, calderas, etc.: operaciones y trabajos tales como

- Renovación de refractarios (parcial o total).
- Ajustes de cierres de puertas.
- Reparación de quemadores.
- Reparación de conductos de gases.
- Reparación de la estructura.
- Reparación de válvulas.
- Refrigeración.
- Calefacción.
- Tratamiento de agua.
- Limpieza.
- Etcétera.

Para los edificios: operaciones y trabajos tales como

- Limpieza.
- Pintura.
- Conservación.
- Sanitarios.
- Pequeñas reparaciones de albañilería, etc.

### 1.1.2. TENDENCIAS

A medida que se efectúa el desarrollo industrial y tecnológico, por necesidad de un sustancial aumento de productividad y de realizar trabajos más difíciles, se utilizan cada vez más máquinas, equipos, que fundamentalmente tienden a:

1. Ser más complejos: los aparatos modernos incluyen hasta cientos de miles de piezas.
2. Poder y tener que trabajar o funcionar a regímenes o ritmos de trabajo y condiciones muy intensos: a altas o bajas temperaturas, a alta presión, humedad, vibraciones, velocidades, aceleraciones, radiaciones, etc.

3. Requerir mayores exigencias en cuanto a: la calidad del trabajo, gran precisión, sensibilidad, eficiencia, etc.
4. Un gran aumento de responsabilidad en las funciones por el alto valor técnico y económico que cumple, por medio de la automatización total o parcial y aún la exclusión de la participación directa del hombre, por cumplir, en algunos casos, el sistema técnico sus funciones, sin la observación continua y el control de parte del hombre. La responsabilidad de las funciones a cumplir por los sistemas técnicos modernos, está relacionada con el grado en que una rotura o perturbación puede dar lugar a grandes pérdidas técnicas o económicas. En algunos casos esto puede provocar efectos catastróficos, como en el caso en que la perturbación de elementos o aparatos pueden hacer fracasar la protección en un sistema energético (eléctrico) o el mando automático de procesos de una industria química, ocasionando grandes pérdidas económicas, como por ejemplo: el apagón de Nueva York y el desastre de Svevo (Italia).
5. Diseñar teniendo en cuenta los siguientes lineamientos técnicos:

- Mayor empleo de mecanismos con movimiento uniforme de rotación en reemplazo de los mecanismos con movimientos alternativos, ganando en velocidad y disminuyendo las cargas dinámicas.
- Mayor empleo de distintos tipos de accionamiento; de la casi exclusiva utilización del seccionamiento mecánico se pasa, en las máquinas modernas a un amplio empleo de accionamientos eléctricos, hidráulicos y neumáticos.
- Reducir el peso de las máquinas, con un menor consumo de materiales.
- Construir por conjuntos. El seccionamiento de las máquinas en partes, facilita la fabricación, montaje, transporte y mantenimiento.

### 1.1.3 CONCLUSIONES

1. Los medios utilizados en la industria deben prestar servicio eficiente durante un cierto tiempo y con un suficiente grado de seguridad acorde con su función; o sea, con la durabilidad y la confiabilidad adecuadas.
2. Para mantener en servicio el equipo es imprescindible, dado la vulnerabilidad del mismo, prestarle los cuidados necesarios.
3. Existe una marcada corriente en acentuar las exigencias al equipo lo que obliga a efectuar un mantenimiento acorde con las mismas.
4. La evolución de las máquinas y equipos tienden a:
  - Ser más complejos.
  - Trabajar a ritmos, regímenes y condiciones más intensas.
  - Requerir mayores exigencias en calidad.
  - Diseños con mecanismos con movimientos rotativos, con distintos tipos de accionamiento, más livianos, agrupados en conjuntos.

1.1.4 PREGUNTAS CONTROL

- ¿qué es durabilidad?
- ¿qué es confiabilidad?
- ¿porqué se requiere inevitablemente prestar cuidados a los medios utilizados en la industria; y qué se evita con los mismos?
- ¿cuáles son las circunstancias de las cuales dependen los cuidados?
- ¿qué es el mantenimiento industrial?
- ¿qué conceptos comprende y en qué puede consistir?
- ¿qué necesidad hace que se utilicen más máquinas con mejores características; y cuáles son estas características?
- ¿cuáles son las tendencias?

---

## FUNDAMENTOS TECNICOS

- 2.1 - SERVICIO DEFECTUOSO DE UN EQUIPO O MAQUINA.
- 2.1.1 - ORIGEN.
- 2.1.1 - CLASIFICACION DE LAS AVERIAS.
  - A. Según el grado o caracter de la influencia en la capacidad de trabajo.
  - B. Según la forma de aparición.
  - C. Según la permanencia de la avería.
- 2.1.3 - TIPOS DE AVERIAS.
- 2.1.4 - CONCLUSIONES.
- 2.1.5 - PREGUNTAS CONTROL.



**2.1 SERVICIO DEFECTUOSO DE UN EQUIPO O MAQUINA**

**2.1.1 ORIGEN**

Un equipo o máquina puede quedar fuera de servicio o prestar un servicio ineficiente debido a:

- Desperfectos por averías y defectos
- No utilización

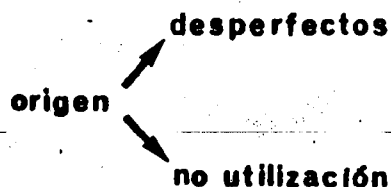


Fig. 1. Origen

El mal funcionamiento, la disparidad o incompatibilidad del equipo con respecto a uno o varios requisitos que deben satisfacer en cuanto a los parámetros y características fundamentales de trabajo, aún en el aspecto exterior o comodidad de explotación, se consideran como manifestaciones de un desperfecto. Los desperfectos que no motivan necesariamente un daño en el equipo, aunque sí en el producto, en el trabajo, al medio ambiente, se denominan defectos. Los defectos se corrigen con las puestas a punto, reglajes, limpiezas, etc. Los defectos pueden originar repercusiones en los operadores, en el ambiente, en los mecanismos o aparatos pudiendo producir averías en el equipo y en el producto.

La avería es una alteración de la capacidad de trabajo o modificación de las propiedades de las máquinas o equipos o en alguna de sus partes, por la cual deja de cumplir total o parcialmente sus funciones.

Cuadro 1 : Clasificación de las averías

FUNDAMENTOS	DESIGNACION
Según el grado de influencia en la capacidad de trabajo	Avería total (o completa) Avería parcial (o incompleta)
Según el carácter de la influencia en la capacidad de trabajo	Avería catastrófica Avería paramétrica
Según la relación con otras averías	Avería independiente Avería dependiente
Según la forma de aparición	Avería repentina Avería gradual
Según la permanencia de la avería	Avería estable Avería temporaria Avería repetitiva

**2.1.2 CLASIFICACION DE LAS AVERIAS**

Las averías se corrigen por medio de las reparaciones y se clasifican según:

- A - El grado o carácter de la influencia en la capacidad de trabajo.
- B - La forma de aparición.
- C - La relación con otras averías.
- D - La permanencia.

**A - SEGUN EL GRADO O CARACTER DE LA INFLUENCIA EN LA CAPACIDAD DE TRABAJO:**

Son averías totales, completas o catastróficas, cuando el equipo o parte, queda totalmente fuera de servicio, con alteración completa de sus cualidades de utilización o capacidad de trabajo y no puede trabajar sin previa reparación, a veces, requiere cambios y en ciertos casos son irreparables.

Le corresponden las: roturas, explosiones, corto-circuitos, fracturas, deformaciones, atascamientos, engranamientos de las piezas mecánicas, el fundido o combustión de las piezas de construcción o componentes del circuito, o simplemente el desgaste natural, como en instrumentos de medidas muy precisas: calas y por envejecimiento de ciertos materiales.

Son averías parciales, incompletas o paramétricas, cuando se manifiestan en el trabajo u operación o se efectúa de un modo distinto al requerido por las condiciones tecnológicas o se manifiesta en un empeoramiento del funcionamiento, ruidos, vibraciones, etc. Este empeoramiento puede ser estable o temporal. También se les suelen llamar incompletas, graduales, temporales, convencionales, etc., tratando de discriminar con cierta exactitud el carácter y motivos de la aparición del defecto o avería. Pero con el fin de evitar confusiones se las engloba llamándolas averías paramétricas.

#### B. SEGUN LA FORMA DE APARICION

Son averías repentinas y por lo tanto inesperadas si producen una variación brusca, a salto de las propiedades o parámetros fundamentales y si se destruyen catastróficas. Estas averías pueden deberse a:

- Desperfectos internos o externos de los elementos.
- Errores en la utilización, como regímenes y condiciones de trabajo inadecuados o a los derivados de las equivocaciones del personal.

Son averías graduales si se observa variación suave y progresiva de las propiedades o parámetros; pueden deberse al envejecimiento y al desgaste o fallas de los elementos en particular o de todo el sistema.

Esta división es convencional, pues generalmente las averías repentinas se deben a variaciones latentes o no detectadas a tiempo.

#### C. SEGUN LA RELACION CON OTRAS AVERIAS:

La avería es un hecho dependiente si la aparición o probabilidad de aparición de la avería en un elemento, se debe a la de otros.

Por el contrario, es un hecho o acontecimiento independiente, cuando la avería de un elemento cualquiera del sistema, no motiva la de otros elementos.

#### D. SEGUN LA PERMANENCIA DE LA AVERIA

Las averías estables, solo se eliminan con la reparación, regulación, reglaje o bien sustituyendo el equipo o parte correspondiente. Las averías temporarias pueden desaparecer espontáneamente, sin ninguna intervención, debido a que las causas que las motivaron dejaron de actuar. Pueden ser causas de averías temporarias: regímenes y condiciones de trabajo anormales, tales como grandes desviaciones de temperatura o humedad o presión, la aceleración, vibraciones en magnitudes anormales, resonancias, etc.

Las averías o defectos temporales y que se repiten muchas veces, se denominan alternantes o intermitentes. Por lo general, suelen ser difícil de detectar las causas que producen estas averías, ya que atestiguan la existencia de anomalías en la calidad del equipo, en sus regímenes o en sus condiciones de trabajo.

También existen defectos o averías de corta duración y que se autoeliminan y que pueden estar causadas por variaciones efímeras de acciones de entrada aplicadas al equipo, por acción de perturbaciones externas o bien originadas a consecuencia: de variaciones efímeras de los parámetros internos, de las propiedades del equipo o parte, etc.

#### 2.1.3 TIPOS DE AVERIAS

Teniendo en cuenta la clasificación anterior, se pueden establecer en relación a la complejidad de las averías en los siguientes tipos:

- Averías importantes.
- Averías sencillas.

Las averías importantes se presentan preferentemente en piezas también importantes y tienen carácter:

- Total o parcial.
- Destructivo, catastrófico.
- Dependiente.
- Repentino.
- Estable, permanente.

Mientras que las averías sencillas, preferentemente tienen carácter:

- Parcial, incompleto.
- Paramétrico.
- Independiente.
- Temporario.

#### 2.1.4. CONCLUSIONES

1. La "fuera de servicio" de una máquina o equipo puede deberse o no a desperfectos de la misma o a obsolescencia, cambios de procesos, etc., respectivamente.
2. La alteración de la capacidad de trabajo o modificación de las propiedades de las máquinas o equipos o partes de ella, cuando deja de cumplir totalmente o parcialmente sus funciones, significa una avería.
3. Las averías tienen distintas características y se clasifican según: su importancia, la relación con otras averías, la forma de aparición y la permanencia.
4. Las averías se pueden agrupar en dos tipos: importantes y sencillas.

### 2.1.5 PREGUNTAS CONTROL

- Un servicio defectuoso o nulo de un equipo o máquina ¿a qué se debe?
- ¿Qué es un defecto?
- ¿Qué es una avería?
- ¿En base a qué se clasifican las averías?
- Cada clase de avería ¿cómo se manifiesta?
- En relación a su complejidad ¿cómo se tipifican las averías?

## 2.2 CAUSAS DE AVERIAS

Las averías y defectos que se producen, de acuerdo a un estudio realizado en los aparatos radioeléctricos, indica que del total provienen:

- El 40% al 45% de los errores cometidos al diseñar.
- El 20% de los errores cometidos en la fabricación de los aparatos.
- El 30% de las condiciones de explotación y regímenes incorrectos de utilización o del servicio incorrecto.
- El 5% del desgaste natural o envejecimiento.

Si bien estos porcentajes son distintos para los otros rubros (automóviles, rodamientos, etc) las causas de las averías y defectos son siempre las mismas: diseño, fabricación, explotación, desgaste natural y envejecimiento (ver Fig. 2).

### 2.2.1 DISEÑO Y FABRICACION DEL SISTEMA TECNICO

Al diseñarse el sistema técnico se deben tomar en cuenta, los principios relativos a la calidad y a la construcción, especialmente en los sistemas complejos, para asegurar y conservar su capacidad de trabajo.

La fabricación de un sistema técnico está ligada al concepto de calidad, abarcando tanto a las fallas de fabricación como a las de inspección, aunque en rigor, los dos tipos de fallas son de inspección.

Para evitarlas hay que cumplir rigurosamente con los procesos y las correspondientes inspecciones. Estas fallas disminuyen sistemáticamente en las grandes series y son más difíciles de evitar en las pequeñas.

El diseño debe reunir los requisitos de: calidad y estructuración correctas a fin de asegurar la integrabilidad, confiabilidad y duración necesarias.

2.2.1.1 LA CALIDAD

La calidad de los elementos empleados está vinculada con todas las etapas desde la concepción, el diseño, la fabricación, comprendiendo aún todo el período de empleo.

La adecuada calidad

- Se determina: con el diseño
- Se concreta: mediante el empleo de materiales y tecnología de elaboración correcta.
- Se asegura: Aplicando acertados controles de la calidad de los materiales, materias primas, productos semiacabados y producto terminado, como también control a los regímenes y a las condiciones de elaboración.
- Se conserva: Utilizando métodos a propósito de almacenaje; instalación, ubicación, lubricación, regulación, reglaje, reparación, etc.
- Se mantiene: Con su correcta explotación, el mantenimiento sistemático preventivo y correctivo.

En la elección de la calidad de los elementos y componentes a utilizar debe tenerse en cuenta:

- Las condiciones de trabajo (climáticas, de producción, etc.).
- Los requisitos deben satisfacer, según sus propiedades funcionales y características.
- Las resistencias mecánicas y térmicas; la rigidez eléctrica y la precisión necesarias, así como responder en condiciones dadas las necesidades de explotación.
- La experiencia, previendo el empleo de aquellos elementos componentes que han demostrado en casos análogos los mejores resultados. Esto es especialmente importante en los casos que cumplen funciones de responsabilidad y en ciertos casos muy exigidos.

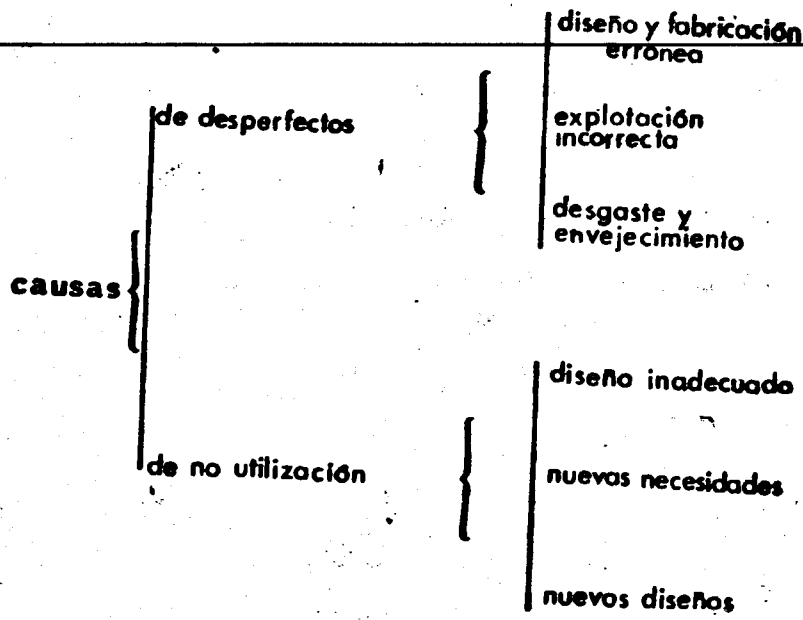


Fig. 2 - Causas de fuera o mal servicio.

### 2.2.1.2 LA ESTRUCTURA

Toda máquina o equipo grande, pequeño, complejo, consta de varios grupos, aparatos, conjuntos, órganos, mecanismos, piezas y elementos.

La pieza es: la unidad estructural elemental de la máquina o equipo.

El conjunto o bloque es: la unidad de montaje y comprende la unión de varias piezas vinculadas, que pueden ser inseparables (fijas) o separables (desmontables).

El grupo es: una de las partes principales e integrante de las máquinas o equipos; se compone de la reunión de conjuntos u órganos y piezas acopladas para desempeñar funciones comunes de trabajo.

Los elementos que componen una máquina se dividen en:

- Elementos o partes de aplicación especial, que sólo se acoplan a unos tipos determinados de máquinas: máquinas agrícolas, máquinas de cortar metales, etc. Estos elementos son, por ejemplo, los émbolos, las válvulas, los husillos porta herramientas, las rejas de arado, etc.
- Elementos o partes de aplicación general que comprenden en los elementos de las uniones inseparables y separables; partes de las transmisiones de fricción y embrague; árboles y ejes, acoplamientos, cojinetes, resortes, piezas de armazón. Comprende también una infinidad de elementos de máquina que siendo de un mismo tipo, van acoplados a una gran diversidad de máquinas o equipos y desempeñan iguales funciones.
- Piezas propiamente dichas, los elementos de unión, así como los grupos o conjuntos que desempeñan simples funciones en la máquina o equipo.

En el diseño se debe estructurar el sistema, máquina o equipo, teniendo en cuenta el siguiente principio constructivo:

La máquina debe estar dividida en partes definidas, según un determinado seccionamiento, para reunirlos o agruparlos para que formen una unidad integral, que reúna las condiciones óptimas, para cumplir con el fin a que está destinada.

Las condiciones son pues:

- Seccionamiento.
- Agrupamiento.
- Integralidad.

### A - SECCIONAMIENTO

El seccionamiento de las máquinas por partes, se realiza con el fin de facilitar e incluso posibilitar en ciertos casos, su fabricación, montaje, transporte y manutención.

La construcción de máquinas constituidas por conjuntos, se les suele denominar construcción por grupos, por ejemplo: construcción de máquinas herramientas o de aviones o construcción por bloques, por ejemplo: construcción de grúas.

El seccionamiento de las máquinas en conjuntos (grupos, bloques) tiene las siguientes ventajas:

- La división en conjuntos reduce el ciclo de los trabajos de montaje, ya que todos los conjuntos se pueden montar y ensayar al mismo tiempo, como unidad separada y una vez terminados, ejecutar su montaje general.
- La construcción por conjuntos hace más fácil la reparación de las máquinas, la cual puede consistir en cambiar unos conjuntos por otros nuevos o reparados.
- La máquina al estar compuesta por conjuntos independientes, facilita la creación de máquinas de distintas aplicaciones, si se agrupan de distintas maneras, también facilita el proceso de su modernización, pues es más fácil remozar por partes.
- Permite el empleo preferente de elementos de aplicación general, como: tornillos, etc.
- Permite realizar construcciones basadas en el principio de unidad, en las que es posible el cambio independiente de los elementos desgastables, para lo cual es necesario crear bases indeseables de los elementos desgastables.

### B - AGRUPAMIENTO

Se debe realizar reuniendo en partes, claramente definidas para constituir los órganos, grupos y subgrupos. Cuando es posible y aconsejable, es conveniente, formar conjuntos, grupos, etc., según módulos bloques, sustituyibles, para constituir elementos individuales, fácilmente reemplazables en caso necesario. Además el agrupamiento debe realizarse de modo que contribuya a la adecuada accesibilidad de todos los componentes. Los aparatos, a las piezas, unidades, partes y elementos que integran el conjunto, con el fin de examinarlo inspeccionar o controlar, reparar, reglar o sustituir. Esta cualidad constituye una condición muy importante para la operación durante la explotación. El fácil acceso facilita la explotación, el mantenimiento y asegura y simplifica la restitución de su capacidad de trabajo después de una avería.

### C - INTEGRABILIDAD

La máquina o equipo o sistema, debe constituir como dijimos, una unidad integral, que debe posibilitar el funcionamiento y debe ser completa en sí, para lo cual, además de las partes fundamentales a la máquina, se debe dotar de los dispositivos necesarios de control, protección y de las partes de reserva correspondientes.

Los dispositivos de control, por lo general, son aparatos de medida que se utilizan para verificar el buen estado del sistema, a la iniciación o durante el trabajo, que actúan en forma automática o simplemente dan indicaciones que facultan el juzgamiento de la capacidad de trabajo del sistema y en otros casos dan avisos que permiten evitar descuidos groseros que pueden llevar al equipo a una catástrofe.

Los dispositivos de protección o de seguridad, son elementos o partes que sirven para evitar que la avería de uno de los elementos o descuidos en la operación del equipo, den lugar a una avería mayor en toda la instalación o también para salvaguardar la seguridad de las personas. Tales por ejemplo, el freno automático de los ascensores, para el caso de descuelgue del mismo; los fusibles de protección para corto-circuitos en las instalaciones eléctricas; tapones fusibles para calderas, etc. Las partes de reserva aunque participan del sistema de protección del equipo, se dirigen más bien a asegurar la continuidad de la marcha que a evitar una avería mayor. Consiste por ejemplo: en dotar al cubilote un motor de explosión de reserva y un ventilador, para reemplazar a un motor eléctrico en caso de corte de electricidad; o dotar de un motor y bomba en paralelo a otros, para permitir la sustitución inmediata en caso de avería de uno de ellos.

### 2.2.2 LA EXPLOTACION DEL EQUIPO

Para obtener en una empresa, el funcionamiento rítmico y productivo, además de un buen equipamiento, se requiere la organización necesaria para la explotación de las instalaciones. La explotación correcta, está basada, en la obtención del equipo de mayor rendimiento y productividad, asegurando a la vez su: duración, conservación y calidad. Así por ejemplo, en la explotación de máquinas herramientas, se obtiene el mayor efecto económico, con correctos reglajes y puesta a punto empleando herramientas de calidad y regímenes de corte más ventajosos. Además se debe asegurar que durante todo el tiempo de explotación (duración del equipo) el funcionamiento, sea estable y de alto rendimiento. Comprendiendo medidas para limpieza y engrase; la elección de líquidos lubricantes enfriadores (de corte) restablecimiento de los materiales de engrase, iluminación, protectores, etc. Las máquinas anticuadas deben ser modernizadas, a fin de aumentar su tiempo de explotación, hasta su obsolescencia. Siendo una de las condiciones más importantes para el efecto económico, el conservar el nivel adecuado de la calidad de la máquina en base al mantimientto correcto y a las reparaciones oportunas.

Luego, la correcta explotación significa utilización racional, cumpliendo los siguientes pasos:

- Embalaje con la calidad correspondiente.
- Transporte cuidadoso.
- Emplazamiento y sujeción correctos.
- Ensayo de comprobación iniciales.
- Puesta a punto, regulación y reglaje.
- Régimen de trabajo adecuado (utilización racional).
- Mantenimiento: conservación, reparación y conservaciones parciales del equipo.
- Si es necesario y conveniente: modernización del equipo hasta su obsolescencia.

Por otra parte el factor humano es de trascendental importancia y requiere utilizar:

- Personal operador con adecuada capacitación.
- Personal técnico que sistematice los procedimientos.

Además durante la producción se deben cumplir con ciertas condiciones vinculadas a la disciplina tecnológica que consiste fundamentalmente en la constancia de los procesos en base a:

- Adecuado control de calidad: de los materiales, de los productos semi-acabados, partes, piezas, etc. que integran el conjunto.
- Control por operaciones, del producto.
- Mantener el equipo en óptimas condiciones de trabajo.
- Cuidado metódico de la limpieza; de la instalación; del lugar de trabajo y de la aplicación de las normas sanitarias necesarias.
- Sustentar y evitar la alteración de los pasos y regímenes de los procesos.
- Sustentar y evitar la alteración de los ensamblajes y las reglas del montaje.
- Control del producto final acabado.

### 2.2.2.1 LOS REGIMENES DE TRABAJO

El empleo de componentes y piezas o aparatos en regímenes no previstos para su uso, es una de las fuentes más comunes de las averías, por lo tanto no se debe permitir los regímenes más pesados que los indicados en la documentación técnica correspondiente.

La elección incorrecta de los regímenes de funcionamiento se debe por lo general a causas circunstanciales en algunos casos inevitables. En otros, se debe al desconocimiento del constructor o del usuario de las propiedades de los elementos o equipos, sus características y así como la acción de los distintos factores y su repercusión en las particularidades del funcionamiento.

En cuanto a la producción es necesario aplicar controles adecuados y estrictos en:

- Calidad de materiales.
- Calidad del producto.
- Uso del método tecnológico establecido.
- Operación tecnológica aplicada.
- Orden, limpieza y confort en los locales.
- Correcto almacenaje y transporte.

En cuanto a la explotación es necesario:

- El empleo de instrucciones y método de explotación minuciosamente elaborados y fundamentados.
- Correcto mantenimiento del equipo.
- Preparar (instruir) adecuadamente al personal.
- Revisar permanentemente datos, métodos, recomendaciones, perfeccionamiento y tecnología.
- Organizar estableciendo claramente las atribuciones, obligaciones y responsabilidades del personal.

### 2.2.3 RESISTENCIA AL DESGASTE

La duración de servicio de muchas piezas está limitada por el desgaste de sus superficies útiles. El desgaste es el resultado de un proceso producido por el rozamiento o por la corrosión, el cual destruye gradualmente las superficies útiles de la pieza (deterioro) y modifica las dimensiones y la forma de ésta. A consecuencia del desgaste varía el carácter de la conjugación de las piezas en el conjunto debido a que disminuye la exactitud (la transmisión por engranajes, trabaja irregularmente, se altera la exactitud del movimiento de las piezas); baja la resistencia mecánica de las piezas, debido a la disminución de la sección de éstas y al aumento de las cargas dinámicas; disminuye el rendimiento de la máquina a consecuencia de empeorar las condiciones de lubricación en los cojinetes, de alterar la hermeticidad de los acoplamientos y de aumentar las fugas; la máquina hace más ruido al trabajar, etc.

El rozamiento que causa el desgaste, puede ser ocasionado por la superficie de la pieza acoplada, la cual con esto se desgasta o bien por las partículas duras (abrasivas) que componen el medio en el cual funcionan las piezas. En este último caso el desgaste se llama abrasivo.

El desgaste abrasivo acompaña al trabajo de la mayoría de las piezas de las máquinas de la construcción, de perforación, agrícolas: las vertederos de los arados, las piezas de las niveladoras, empujadoras, bulldozer, los cucharones de las excavadoras, los trépanos de las perforadoras, las boquillas de las arenadoras, etc.

La naturaleza del razonamiento recíproco y del desgaste por escoriación de dos superficies acopladas, se distingue algo de la del rozamiento y del desgaste de una superficie por abrasión. En el primer caso actúan dos causas: la adherencia mecánica de la rugosidad de las crestas (irregularidades o asperezas microscópicas en las superficies) y la molecular de las partículas de las superficies conjugadas. En el caso del desgaste abrasivo, la adherencia molecular y el desgaste se pueden representar como resultado de múltiples rasguños y cortes de metal ocasionados por las partículas más duras del abrasivo. Si el abrasivo entra en la holgura entre las piezas flotantes, por ejemplo: junto con el aceite sucio. El desgaste recíproco de las superficies conjugadas se complementa con el desgaste abrasivo.

### 2.2.3.1 DETERMINACION DEL DESGASTE

Una máquina o equipo no representa solamente un juego simple de piezas, sino un juego de piezas racionalmente montadas, de conjugaciones respectivamente reguladas, de conjuntos y grupos lubricados, con terminaciones adecuadas y en interacción. En la máquina en funcionamiento se desgastan no sólo todas las piezas que físicamente existen por separado, sino también los elementos que no se separan y que están esparcidos por toda la máquina, como la lubricación, pintura, regulación, etc. Por consiguiente, para juzgar sobre el desgaste de toda la máquina, hay que investigar el desgaste de todas sus piezas, saber las leyes del empeoramiento de la lubricación y acabados, de la alteración de todas las regulaciones y saber sumar todos estos datos de todos los elementos de la máquina con el fin de obtener un índice único.

Se recomiendan varios métodos para la determinación del desgaste de las máquinas y de otros elementos complejos; los principales son:

- Método de apreciación del desgaste de la máquina, por su estado técnico en conjunto.
- Método de apreciación del desgaste de la máquina por el estado técnico de los elementos constructivos más importantes.
- Método de apreciación del desgaste de una máquina por el plazo de servicio (o volumen de trabajo ejecutado).

Por principio se puede aceptar como método de apreciación de desgaste de la máquina por su estado técnico en conjunto, ya que existe cierta probabilidad de que los inspectores al revisar la máquina y al conocer prácticamente las leyes de la variación de la utilidad de ésta y de sus elementos, puedan apreciar correctamente su desgaste.

Pero esta probabilidad es extremadamente pequeña, al determinar el desgaste de la mayoría de las máquinas complejas modernas, debido a la comprensión subjetiva y arbitraria de su estado técnico que se toma en consideración aplicando este método. El método de apreciación del desgaste de las máquinas por su plazo de servicio (o volumen de trabajo ejecutado) también puede hallar aplicación limitada debido a la gran inexactitud que acompaña frecuentemente a la determinación de los plazos mencionados. Sin embargo este método es, en principio, correcto también si se emplea para determinar el desgaste de las máquinas con carga uniforme en el tiempo y en condiciones estables de funcionamiento. El método de determinación de desgaste de máquinas y de otros objetos complejos por el estado técnico de los elementos constructivos, se considera fundamental y se recomienda generalmente, para apreciar el desgaste de las máquinas complejas, equipos, material móvil, construcciones, así como también los edificios que tienen un plazo prolongado de explotación, etc.

## 2.2.4 CONCLUSIONES

1. Los defectos y averías de las máquinas o equipos son originados por las mismas causas: diseño, fabricación errónea, explotación incorrecta, desgaste y envejecimiento.
2. El diseño debe ajustarse a un seccionamiento, agrupamiento e integralidad correcto.
3. La explotación debe ajustarse a la disciplina tecnológica correspondiente.
4. Se debe apreciar el desgaste por el método más adecuado.

## 2.2.5 PREGUNTAS CONTROL

- ¿Cuáles son las causas de averías?
- ¿Cuáles son las causas más frecuentes?
- ¿Qué principios deben tomarse en cuenta al diseñar un sistema técnico?
- La fabricación de un sistema técnico ¿a qué está ligada?
- ¿Qué requisitos debe reunir el diseño?
- La calidad: se determina, se concreta, se asegura, se conserva, se mantiene.
- ¿Qué se debe tener en cuenta en la elección de la calidad de los elementos y qué componentes se deben utilizar?
- ¿Cuál es la unidad estructural de una máquina?
- ¿Cuál es la unidad de montaje?
- ¿Qué es el grupo y de qué se compone?
- ¿Cómo se dividen los elementos que componen una máquina?
- Enunciar el principio constructivo de seccionamiento, agrupamiento, e integrabilidad.
- ¿Con qué fin y qué ventajas se obtienen del agrupamiento?
- ¿Por qué el equipo debe constituir un conjunto integral?
- Una buena explotación: ¿con qué fin se realiza?, ¿qué requiere?, ¿en qué se basa?, ¿qué se asegura?, ¿qué se obtiene?, ¿qué significa?
- La disciplina tecnológica ¿en qué consiste?
- ¿Cuál es una de las fuentes más comunes de averías?
- ¿A qué se debe la elección incorrecta de los regímenes de funcionamiento?
- El desgaste ¿de qué es resultado?, ¿cómo se origina?, ¿qué origina?
- ¿Cuáles son los métodos de determinación del desgaste?
- ¿Cuándo conviene emplear cada método?



### 2.3 CAUSAS DE INUTILIZACION.

Las máquinas y equipos no se utilizan a veces por algunas de las siguientes causas: (ver Fig. 2).

- Diseño inadecuado
- Nuevas necesidades
- Nuevos diseños

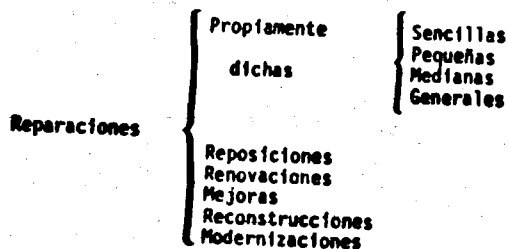
Las máquinas o equipos de diseño inadecuado para las necesidades o empleo puede deberse a tamaño inadecuado para el uso previsto, por demasiado grande, sin la suficiente maniobrabilidad o por demasiado pequeño, sin la suficiente robustez.

Las nuevas necesidades de los planes de producción, pueden hacer que ciertas máquinas queden sin utilización.

Los nuevos diseños y el progreso pueden crear posibilidades y mejoras en el rendimiento, haciendo que máquinas y equipos existentes queden obsoletos y no rentable su utilización. Puede convenir, por otra parte, la modernización de los mismos.

#### 2.3.1 LA REPARACION

Cuando una máquina o equipo no es apto para cumplir con sus funciones, o no las cumple dentro de las tolerancias o de las condiciones requeridas o cuando los costos de mantenimiento son prohibitivos, es necesario efectuar una reparación. Según su importancia y objeto las reparaciones se pueden dividir en:



La reparación sencilla consiste en: cambiar elementos accesorios, tales como: lámparas, bujías, correas, etc.

La reparación pequeña consiste en: cambiar o reparar piezas por separado, sin efectuar su desmontaje total.

La reparación media consiste en: efectuar trabajos similares a los que comprende la reparación pequeña, más la reparación de todas o ciertas piezas básicas y el restablecimiento total de las coordenadas principales.

La reparación general, consiste en: efectuar el cambio total o reparación de todas las piezas básicas y el restablecimiento total de las coordenadas y precisión requerida de la máquina.

La reposición consiste en: cambiar en bloque las partes de mayor desgaste.

Las renovaciones consisten en: cambiar las partes que se envejecen por otras nuevas, tales como el cableado, partes de hule, etc.

Las mejoras consisten en: introducir modificaciones con el objeto de producir un efecto económico más elevado del que ya se tiene, efectuando cambios favorables en cuanto al rendimiento, precisión, claridad, confiabilidad, posibilidades de explotación, seguridad, etc., en ciertos casos consiste en universalizar o en especializar las máquinas para mejorar sus posibilidades o facilitar su operación.

La reconstrucción tiene por objeto: dejar al equipo en condiciones similares al estado original, con sensible aumento de vida útil y se puede realizar cuando significa un ahorro sustancial respecto a la adquisición de una máquina nueva equivalente.

Cuando la reconstrucción entraña una modificación tal en el diseño que permita "modernizarla técnicamente", la reconstrucción en este caso se llama modernización.

#### 2.3.2 MODERNIZACION

El medio más importante del aumento de la productividad del trabajo es el progreso técnico, con la implantación de las novedades tecnológicas en cuanto a: la mecanización y la automatización, para lo cual se requiere efectuar la modernización permanente de las instalaciones utilizadas.

Por otra parte, el objeto de la modernización es evitar la obsolescencia de la máquina introduciendo mejoramientos en el empleo como:

- Aceleración de las operaciones: carga, reglaje, etc.
- Automatización parcial, o incluso total.
- Conseguir que varias máquinas sean operadas por un sólo individuo.
- Tendencia al aumento del rendimiento, la precisión, la calidad, etc.

Las mejoras pueden consistir en:

- Mejoras en el diseño.
- Mejoras en las condiciones de explotación.

De acuerdo a las siguientes modificaciones básicas:

- Elevar la velocidad y/o la potencia.
- Reforzar los elementos débiles.
- Automatizar y simplificar.
- Agregar dispositivos.

La elevación de la velocidad y/o potencia, puede presentarse según los siguientes casos:

- Aumento de velocidad, quedando invariable la potencia. La modificación consiste esencialmente, en un simple cambio de poleas y en comprobar si los rodamientos y lubricación, permiten la realización de la modificación, en caso contrario tomar las medidas adecuadas a tal fin.
- Aumento de la potencia, manteniendo velocidades; en tal caso las piezas de la cadena cinemática deben calcularse de nuevo y en caso de necesidad, reforzar las partes débiles.
- Aumento de la velocidad y potencia: se elevan dejando invariables los momentos de torsión. En este caso el aumento de velocidad de rotación (del husillo) se realiza con un incremento proporcional de la potencia. Primero se determina el aumento tolerable de la velocidad con respecto a la estructura de la máquina y los elementos de la cadena cinemática. Luego se calcula el aumento tolerable de la potencia del motor.

El refuerzo de los elementos débiles con el fin de satisfacer la necesidad de mejorar los elementos que no cumplen con las condiciones de resistencia, dureza, etc., necesarias. Se suele proceder adoptando cualquiera o varias de las siguientes medidas, en las piezas de reposición.

- Cambiar el material.
- Cambiar el tratamiento térmico.
- Variar las dimensiones.
- Variar la forma.

Según el siguiente cuadro 2:

ELEMENTO	MEDIDAS POSIBLES
Transmisiones por correa	Aumentar anchura de polea y correa. Aumentar ángulo de contacto. Aumentar coeficiente de fricción: cambiando correas planas por trapeciales o dentadas, etc.
Transmisiones por cadena	Aumentar el número de cadenas. Aumentar el paso, etc.
Embragues a fricción	Aumentar superficie de rozamiento. Aumentar el coeficiente de fricción. Aumentar el número de láminas.
Engranajes	Sustituyendo material acero al C por acero al cromo-níquel tratado. Sustituyendo engranajes de dientes rectos por los de dientes oblicuos. Aumentar anchura.
Cojinetes, rodamientos	Sustituyendo materiales, mejorando lubricación, reemplazando por rodamientos más resistentes o aumentándolos, etc.
Piezas en general	Aumentando diámetros, superficies de roce, etc., sustituyendo materiales y/o tratamientos térmicos.

Cuadro 2 : Refuerzo de los elementos débiles.

La automatización y simplificación, consiste principalmente en introducir las siguientes modificaciones, según el tipo de máquina y aplicación que se le dará:

- Disminuir los tiempos de aproximación.
- Disminuir los tiempos de toma de la pieza.
- Disminuir los tiempos de marcha en vacío.
- Elevar la precisión.
- Mejorar las condiciones de trabajo del operador.

El agregado de dispositivos:

- De seguridad.
- De alimentación automática.
- De extracción de piezas.
- Copiadoras (de perfiles, de roscas, etc.).

2.3.3 CONCLUSIONES

1. El equipo puede inutilizarse o quedar fuera de uso aún estando en buenas condiciones de utilización.
2. Se suelen "mantener" las máquinas en condiciones de uso por medio:
  - de la reparación, las averías.
  - de las modificaciones básicas, las que necesitan una modernización técnica.
3. Las reparaciones se clasifican según la importancia y el objeto.
4. Se introducen modificaciones con el objeto de:
  - Mejorar las características.
  - Reforzar los elementos débiles (aumentando la durabilidad).
  - Automatizar y/o amplificar.
  - Ampliar posibilidades, etc.

2.3.4 PREGUNTAS CONTROL

- ¿Cuáles son las causas de inutilización de una máquina o equipo?
- ¿Cómo se dividen las reparaciones?
- ¿En qué consiste cada tipo de reparación?
- ¿Cuál es el objeto de la modernización y en qué consiste?
- ¿Cuáles son las modificaciones básicas y en qué consisten?
- ¿En qué consisten la automatización y la simplificación?
- ¿Qué dispositivos se agregan generalmente?

## 2.4 LOS PROCEDIMIENTOS

### 2.4.1 GENERALIDADES

Constituye uno de los factores determinantes de la actividad industrial producir en calidad, oportunidad, cantidad, regularidad y puntualidad requeridas, para lo cual es imprescindible alcanzar cierto grado de seguridad funcional. Uno de los requisitos primordiales para obtener la seguridad satisfactoria es realizar el mantenimiento adecuado de máquinas, equipos e instalaciones, con el fin de establecer la continuidad operativa integral de la planta industrial que permita alcanzar el nivel de eficacia necesario. Es conveniente ~~ajustar los procedimientos de mantenimiento en relación: al equipamiento, sus características, estado y al tipo de averías que pueden presentar en especial al grado de seguridad requerido.~~

Las medidas se aplican para establecer:

- La detección precoz y prevención correctiva: se basa en una inspección previa y adopción de medidas para evitar averías.
- La prevención correctiva: se basa en la adopción de medidas para evitar averías.
- La corrección preventiva: se basa en trabajos de corrección precoz.
- La corrección: se basa en la ejecución de trabajos para eliminar averías.

Las medidas se pueden aplicar en forma:

- Crítica: cuando la necesidad es inaplazable, urgente.
- Perifodica: cuando se aplica a lapsos determinados.
- Cíclica: cuando se establece una sucesión de operaciones.
- Programada: cuando se determina y establece el momento oportuno.

De acuerdo al modo de actuar, ya sea después de producida la avería o anticipadamente; el mantenimiento se divide en: (ver Fig. 3).

- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo.

### 2.4.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo, consiste en la reparación de las averías que se presentan sin previo aviso: imprevistamente. Estas averías pueden estar originadas por: explotación inadecuada, mal entento, negligencia, mal funcionamiento, fallas: en calidad, en el diseño de las máquinas y equipos.

El mantenimiento correctivo se aplica a un hecho consumado, ya que se realiza para superar una ~~situación creada bajo la influencia de varios factores. Por lo tanto, se impone la necesidad de efectuar las reparaciones necesarias de la manera más conveniente de acuerdo a las circunstancias y puede ocurrir, que apremiado por razones de urgencia, se realice una reparación provisoria hasta obtener repuestos, por ejemplo, efectuar la reparación con soldadura a una pieza para después reemplazarla por una pieza nueva.~~ Entre los factores que se toman más en cuenta, se destaca el grado de influencia que tiene la avería en la marcha del proceso y de la posibilidad de reemplazo del equipo, imponiendo una determinada urgencia en la eliminación de la avería.

En función de la urgencia, se divide el mantenimiento correctivo en:

- Correctivo crítico.
- Correctivo programado.

Por lo general tanto el mantenimiento correctivo crítico, como el programado no están separados y están atendidos por un equipo de operarios especializados que cuentan con los medios para cumplir con su cometido.

Se efectúa el mantenimiento "correctivo crítico" cuando la avería es urgente: de la manera más directa, en el menor tiempo posible y con la mejor preparación que permitan las circunstancias; y el mantenimiento "correctivo programado" cuando la avería no es urgente, difiriendo la ejecución para el momento más oportuno y con la preparación más adecuada. El carácter de no urgente, puede deberse a que es posible utilizar otro equipo en reemplazo al averiado o a no necesitarse el equipo por cambio momentáneo de producción y a otras circunstancias como el estado de cumplimiento del plan, si está terminado o avanzado, por lo cual, es permisible distribuir o diferir la ejecución de la reparación a una oportunidad en que no perturbe o perturbe menos las exigencias de producción, dentro de las posibilidades del mantenimiento. Por tal razón debe coordinarse la reparación con Producción y Planificación.

Al mantenimiento correctivo se le llama:

- De mejoras, cuando se introducen pequeñas mejoras que tienen una acción de corrección y prevención, que según el grado de urgencia se efectúan como trabajos críticos o programados.
- De emergencia, cuando deben efectuarse de inmediato las reparaciones porque la avería o defecto grave, pone fuera de operación económica aceptable a máquina, equipo o servicios críticos para la producción y claves para la economía empresarial.
- Común, cuando la avería permite ser reparada según programa acorde con la urgencia.

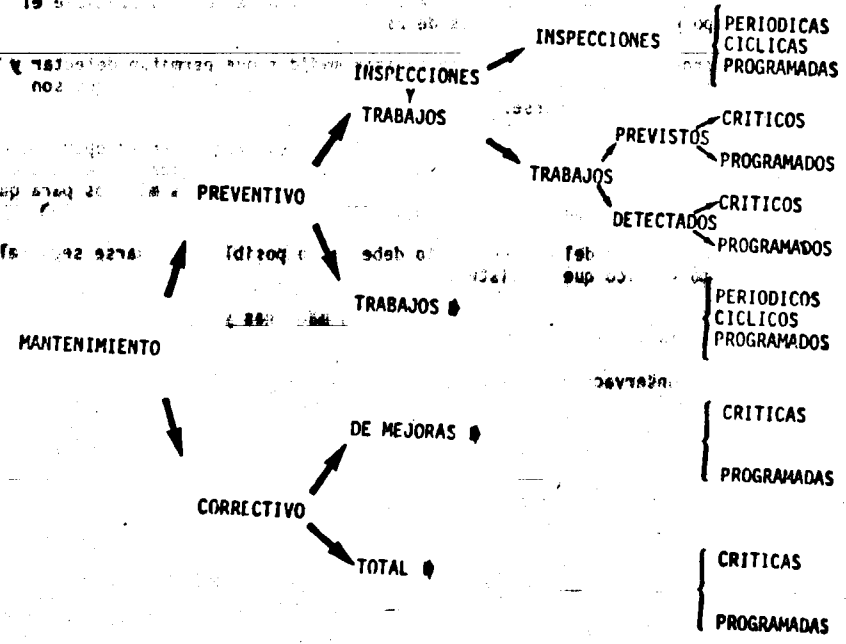


Fig. 3 - Los Procedimientos.

2.4.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo: consiste en esencia, en detectar con la anticipación requerida, la posible avería y adoptar las disposiciones necesarias, para evitar que éstas se produzcan. Se fundamenta principalmente en la correcta apreciación de la confiabilidad (llamándose confiabilidad a la probabilidad de trabajo en buen estado de un equipo, máquina, elemento, etc.) de cada uno de los elementos o piezas y de la interrelación entre ellas, así como en la aplicación de las medidas necesarias para mantener la confiabilidad del conjunto, a un nivel adecuado a las necesidades de la explotación del equipo.

En algunos casos es necesario aumentar la confiabilidad y se alcanza introduciendo mejoras en el diseño, en la fabricación y en la utilización de los elementos, mecanismos y aparatos.

No se requiere que la confiabilidad de las partes exceda demasiado de la durabilidad del conjunto.

En cuanto al diseño corresponde conocer:

- El funcionamiento.
- Las causas y circunstancias de la avería.
- Los materiales.
- Las posibles alternativas adaptables.

En la fabricación corresponde aplicar:

- La disciplina tecnológica correspondiente.

En general, la detección de la probable o posible avería se fundamenta principalmente en la prevención y la predicción necesarias para que el equipo continúe funcionando en óptimas condiciones. Mientras que la prevención está determinada por el grado de seguridad óptimo en relación a la explotación, la predicción suele, generalmente, estar basada en la realización de inspecciones y verificaciones que determinan:

- El límite de la vida útil, que es el tiempo estimado de operación, de un elemento o conjunto de elementos previsto y cercano al óptimo, sin desperfectos, cumpliendo su cometido funcional.
- A través del seguimiento de los parámetros de performance: la evolución y tendencia de parámetros que "informan" sobre el desarrollo de anomalías internas.

## 2.4.3.1. INSPECCIONES Y TRABAJOS

Cuando se efectúa el mantenimiento preventivo por detección precoz la prevención correctiva se efectúa por medio de: inspecciones y trabajos, (ver Fig. 3).

La inspección puede realizarse de manera periódica, cíclica o programada.

Los resultados de las inspecciones y verificaciones, permiten efectuar las certificaciones periódicas correspondientes.

En base a las certificaciones periódicas se determinan los "periodos de ~~habilitación en servicio seguro~~" dado por el tiempo durante el cual son válidas las certificaciones periódicas otorgadas por las inspecciones.

En las inspecciones periódicas y las programadas, si al ejecutarlas resulta que la máquina o equipo puede seguir trabajando sin reparación se la "habilita" hasta el siguiente plazo de revisión o inspección. En el caso de las inspecciones programadas se determina un nuevo plazo y en el caso de las inspecciones cíclicas se efectúan un cierto número de inspecciones menores; otras, de inspecciones medias y de revisiones técnicas, hasta un nuevo ciclo después de efectuadas las reparaciones o recorridos mayores. En general, con las inspecciones, se puede evitar el desarreglo inesperado de la máquina o equipo. Con el resultado de las inspecciones, se determina si las anomalías detectadas están todavía en estado de "incubación". Se prevé la avería o se detecta el comienzo de la misma.

Como resultado de la inspección o control técnico puede detectarse la necesidad de realizar trabajos o simplemente la previsión de la realización de los mismos. Según el grado de urgencia que requieran los trabajos, pueden realizarse en forma crítica o programada. En este caso se planifican las inspecciones y revisiones técnicas periódicas en lugar de las reparaciones. El lapso entre dos revisiones se asigna teniendo en cuenta las características propias de la máquina o equipo y la confiabilidad de las piezas de desgaste rápido.

Con los trabajos se procederá, según el grado de urgencia a realizar trabajos críticos o programados.

Cuando se efectúan directamente (sin previa inspección) estos trabajos tienen carácter preventivo y correctivo, ya sea en forma periódica, cíclica o programada. Se imponen reparaciones (reposiciones, renovaciones, etc.) obligatorias, por lo general, después de una determinada cantidad de trabajo o de funcionamiento.

Este procedimiento, se emplea, por lo común, cuando las reparaciones no son muy costosas y también cuando razones de seguridad lo imponen. Para disminuir su costo y evitar errores, estas reparaciones obligatorias es conveniente estandarizarlas.

## 2.4.3.2 LA SISTEMATIZACION

De acuerdo a las características del equipamiento, del grado de seguridad y de las necesidades de explotación del mismo, se adoptan distintos criterios, por los cuales se realizan revisiones, renovaciones, reposiciones o ciclos de reparaciones que comprenden ensayos, mediciones, muestreos, etc. y que se efectúan siguiendo un ciclo, un plan, un recorrido, un determinado número de horas de funcionamiento, una producción, etc.

La combinación de estos criterios da por resultado varios procedimientos que se deben seleccionar y aplicar aún simultáneamente, eligiendo procedimientos que más se adapten a las necesidades propias de los distintos partes del equipamiento, constituyendo en conjunto un "sistema" basado en las necesidades propias a cada empresa o de cada dependencia, laboratorio, talleres mecánicos, talleres de fusión, talleres de forja, etc.

La sistematización de los trabajos realizados con el fin de efectuar un mantenimiento, está constituida por un conjunto de medidas destinadas al entretenimiento (conservación) inspecciones, verificaciones, constataciones, revisiones técnicas, sustituciones y reparaciones, con el objeto de determinar la confiabilidad, prever desgastes, asegurar la continuidad en el funcionamiento, evitar averías, con el fin de tener disponible el equipo en óptimas condiciones de uso.

Los procedimientos se basan en aplicar medidas que permitan detectar y corregir las causas de las fallas técnicas que se producen o que son factibles de producirse.

Cada uno de los medios existentes en la empresa requieren un oportuno cuidado, en un determinado momento, los cuales deben realizarse de manera tal, que se logre el óptimo consistente en desperfectos mínimos para que la seguridad, economía y eficiencia sean máximas.

La realización del mantenimiento debe en lo posible efectuarse según el óptimo técnico que consiste en:

- Minimizar el tiempo de avería de las máquinas y equipos y con preferencia las máquinas críticas.
- La conservación oportuna.

## 2.4.4 CONCLUSIONES

1. El mantenimiento se aplica para establecer:
  - La detección precoz y la prevención correctiva.
  - La prevención correctiva.
  - La corrección preventiva.
  - La corrección.
2. Según el concepto aplicado el mantenimiento es preventivo o correctivo en mayor o menor grado.
3. El mantenimiento preventivo se fundamenta principalmente en la prevención y la predicción basados en inspecciones y trabajos sistemáticos.
4. El mantenimiento constituye un sistema resultante del conjunto de acciones destinadas a tal fin.

## 2.4.5 PREGUNTAS CONTROL

- ¿Cuáles son los factores determinantes de la actividad industrial?
- ¿Cuál es el requisito primordial para obtener una seguridad satisfactoria? y ¿con qué fin se la establece?
- ¿Cuáles son las medidas que se aplican? y ¿en qué forma se aplican?
- ¿Cómo se divide el mantenimiento?
- ¿En qué consiste el mantenimiento correctivo?
- En función de la urgencia ¿cómo se divide el mantenimiento correctivo? y ¿cuándo se efectúan?
- En función a la corrección y prevención ¿cómo se llama el mantenimiento correctivo?
- ¿En qué consiste el mantenimiento preventivo? y ¿en qué se fundamenta?
- ¿Cómo se aumenta la confiabilidad? y ¿hasta dónde?
- ¿En qué se basan la prevención y la predicción?
- ¿Cómo se realiza la prevención correctiva?
- ¿Las inspecciones de qué manera se realizan?
- ¿Qué son las certificaciones periódicas? ¿qué son las habilitaciones?
- ¿Los trabajos a efectuar en qué forma suelen realizarse?
- ¿Cuándo se realizan directa y sistemáticamente trabajos de mantenimiento sin previa inspección?
- ¿Porqué y en base a qué se adoptan distintos criterios para el mantenimiento del equipamiento?
- ¿Qué resulta de la combinación de los criterios?

---

## FUNDAMENTOS ECONOMICOS

- 3.1 - LOS FACTORES ECONOMICOS.
  - 3.1.1 - GENERALIDADES.
  - 3.1.2 - RENTABILIDAD DE LA MAQUINA O EQUIPOS.
  - 3.1.3 - EFECTO ECONOMICO.
  - 3.1.4 - COEFICIENTE DE UTILIZACION DE LA MAQUINA O EQUIPO.
  - 3.1.5 - INFLUENCIA DE LOS FACTORES DE EXPLOTACION EN EL EFECTO ECONOMICO.
  - 3.1.6 - RENDIMIENTO OPERATIVO DE UNA MAQUINA.
  - 3.1.7 - CRITERIOS DE REEMPLAZO, REPARACION MAYOR, RECONSTRUCCION, MODERNIZACION.
  - 3.1.8 - CONCLUSIONES.
  - 3.1.9 - PREGUNAS CONTROL.
-



### 3.1 LOS FACTORES ECONOMICOS

#### 3.1.1 GENERALIDADES

Los factores económicos deben desempeñar un papel primordial en toda la actividad industrial, en base al logro del objetivo fundamental: aumento del efecto económico del equipo.

El efecto económico está determinado por: "la magnitud de la eficiencia de la máquina o equipo y por la suma de los gastos de explotación de todo el período de trabajo de la misma".

El diseño y la explotación económicamente orientada, debe tomar en cuenta, todo el complejo de factores que determinan el rendimiento económico haciendo incidir correctamente la significación relativa de estos factores. Los factores principales que determinan el rendimiento económico de las máquinas son: el grado de eficiencia, la confiabilidad, el costo de la mano de obra, el consumo de energía, el consumo de materiales, el costo de las reparaciones y los costos de fabricación.

#### 3.1.2 RENTABILIDAD DE LA MAQUINA O EQUIPO.

La rentabilidad  $q$  de la máquina se determina por la relación entre la eficiencia  $E_f$  de la máquina correspondiente a un determinado período de tiempo expresado en pesos y la suma de los gastos  $G$  en la explotación durante el mismo período:

$$q = \frac{E_f}{G} \quad (1)$$

Se entiende por eficiencia el monto (costo) de la producción que realiza la máquina, ya sean productos terminados, productos semiacabados, operaciones intermedias; es el trabajo útil que realiza la máquina.

La suma de las inversiones  $G$ , en general, está constituida por: los montos de amortización de la máquina,  $A_m$ ; energía,  $E_c$ ; materiales consumidos,  $M_c$ ; mantenimiento,  $M_{an}$ ; de mano de obra,  $M_o$ ; de los gastos accesorios,  $G_{ac}$ ; de reparación,  $Rep$ ; de la incidencia de amortización: edificios, etc.  $A_f$ , resulta:

$$G = A_m + E_c + M_c + M_o + M_{an} + G_{ac} + Rep + A_f$$

El valor de  $q$  tiene que ser mayor que la unidad, de lo contrario la máquina trabaja "a pérdidas" y no tiene sentido su existencia.

#### 3.1.3 EFECTO ECONOMICO

El efecto económico anual  $Q$  del trabajo de la máquina (renta anual) es igual a la diferencia entre la eficiencia anual y la suma de los gastos anuales:

$$Q = E_f - G = E_f \left(1 - \frac{G}{E_f}\right) = E_f \left(1 - \frac{1}{q}\right) \quad (2)$$

El efecto económico total  $IQ$  en todo período de servicio de la máquina es la diferencia entre la eficiencia total de la máquina  $\Sigma E_f$  y el monto total de los gastos  $\Sigma G$  durante el período de servicio.

$$IQ = \Sigma E_f - \Sigma G$$

$$\therefore IQ = \Sigma E_f - (\Sigma A_m + \Sigma E_c + \Sigma M_c + \Sigma M_o + \Sigma M_{an} + \Sigma G_{ac} + \Sigma Rep + \Sigma A_f) \quad (3)$$

#### 3.1.4 COEFICIENTE DE UTILIZACION DE LA MAQUINA O EQUIPO.

El coeficiente de utilización de la máquina, caracteriza la intensidad de su aprovechamiento durante el servicio:

$$\eta_{ut.} = \frac{h}{H}$$

siendo:

$H$  - el plazo de funcionamiento, es decir la duración total, en años de servicio de la máquina.

$h$  - la duración de funcionamiento real de la máquina (en años) en todo el período de su servicio.

Cuando la máquina o equipo trabaja hasta el agotamiento total de su recurso físico,  $h$  representa la longevidad de la máquina; que es el tiempo total posible de su funcionamiento (sin fallas) durante todo el período de servicio.

### 3.1.5 INFLUENCIA DE LOS FACTORES DE EXPLOTACION EN EL EFECTO ECONOMICO.

Se puede deducir de la fórmula (3) que el efecto económico o sea la renta total en el curso de trabajo de la máquina:

1. Es proporcional a la longevidad  $h$ . (mayor  $h$ , mayor beneficio).
2. Es tanto mayor cuanto mayor es la eficiencia  $E_f$ .
3. Es mayor cuando es menor el costo  $C$  de la máquina (menos amortización  $A_n$ ).
4. Es mayor cuanto menor son los gastos  $G$ .

### 3.1.6 RENDIMIENTO OPERATIVO DE LA MAQUINA.

El rendimiento operativo ( $R_{op}$ ) de una máquina es el cociente entre las horas de funcionamiento ( $H_f$ ) (según el programa de producción) y las horas de funcionamiento más las horas de detención por defectos propios ( $H_{dp}$ ) de la máquina.

$$R_{op} = \frac{H_f}{H_f + H_{dp}}$$

Entendiéndose por horas de detención por defectos propios de la máquina a detenciones imputables al estado y la atención de la misma; por lo tanto, son las correspondientes a las horas de reparación que se superpusieron con las horas de producción programada.

### 3.1.7 CRITERIOS DE REEMPLAZO, REPARACION MAYOR, RECONSTRUCCION, MODERNIZACION.

El lucro cesante  $L_c$  es la diferencia entre ganancias: la ganancia anual  $G_a$  de la máquina en uso funcionando en condiciones óptimas y la misma afectada por el rendimiento operativo  $R_{op}$ .

$$L_c = G - R_{op} = G \left(1 - \frac{H_f}{H_f + H_{dp}}\right)$$

Cuando el lucro cesante  $L_c$  debido a las horas de detención por defectos propios de la máquina ( $H_{dp}$ ) más el costo anual de las reparaciones ( $C_{ra}$ ) es igual o mayor que el costo de reposición, reparación, reconstrucción, modernización, etc.;  $A_n$  será:

$$L_c + C_{ra} \geq A_n (A_1, A_2, A_3, A_4, A_5)$$

$A_1$  = Costo de reposición neto anual de la máquina nueva.

$A_2$  = Costo de reposición neto anual de la máquina moderna.

$A_3$  = Costo de reparación mayor.

$A_4$  = Costo de modernización.

$A_5$  = Costo de reconstrucción.

divididos por el periodo de amortización contable.

Será necesario adoptar alguna de las siguientes medidas según circunstancias:

1. Reemplazar la máquina o equipo en uso por otra nueva cuando:

$$A_n = A_1$$

2. Reemplazar la máquina o equipo en uso por otra más moderna cuando:

$$A_n = A_2$$

3. Efectuar reparación mayor cuando:

$$A_n = A_3$$

4. Modernización cuando:

$$A_n = A_4$$

5. Reconstruir cuando:

$$A_n = A_5$$

Puede convenir reemplazar cuando:

$$A_5 \text{ ó } A_3 > A_1 \quad \text{y/o} \quad A_5 \text{ ó } A_3 > A_2$$

Puede convenir efectuar reparaciones mayores cuando:

$$A_3 < A_1, \quad A_3 \ll A_2, \quad A_3 \ll A_4, \quad A_3 \ll A_5$$

Puede convenir modernizar cuando:

$$A_4 = A_3 \text{ ó } A_5$$

y

$$A_4 < A_1 ; A_4 \ll A_2$$

Puede convenir reconstruir cuando:

$$A_5 \ll A_1 ; A_5 \ll A_2$$

### 3.1.8 CONCLUSIONES

1. Como regla general, el efecto económico depende en mayor grado de la magnitud de la eficiencia y longevidad.
2. Estos factores tienen importancia predominante. Además tiene gran importancia la confiabilidad que determina junto con la longevidad el monto de las reparaciones que se realizan durante la explotación.
3. En la práctica los gastos en la reparación y mantenimiento pueden alcanzar un valor muy grande, sobrepasando en algunos casos, varias veces el costo de las máquinas y aún, los gastos de reparación y mantenimiento, pueden absorber una gran parte de los beneficios producidos y pueden tornar no rentable la explotación del equipo.
4. También puede ocurrir que los costos de reparación excedan el precio de compra del equipo, evidentemente en tal caso conviene renovarlo.

### 3.1.9 PREGUNTAS CONTROL

- ¿Cuál es el objetivo fundamental de toda actividad industrial?
- ¿Porqué está determinado el efecto económico?
- ¿Qué debe tomar en cuenta el diseño y la explotación económicamente orientada?
- ¿Cuáles son los factores principales que determinan el rendimiento económico?
- ¿Qué es la rentabilidad de la máquina o equipo? y cómo se expresa?
- ¿Qué es el efecto económico? y cómo se expresa?
- ¿Qué caracteriza el coeficiente de utilización de la máquina o equipo? y cómo se expresa?
- ¿Cuál es la influencia de los factores de explotación con el efecto económico?
- ¿Qué es el rendimiento operativo de una máquina?
- ¿Cuáles son los criterios de reemplazo, reparación mayor, reconstrucción y modernización?

### 3.2 NIVEL DE MANTENIMIENTO

#### 3.2.1 DEFINICIONES

Llamaremos "nivel de mantenimiento" al grado de atención que se presta al equipo. Evidentemente, ya que no es posible dejar de prestar algún mantenimiento al equipo, el mínimo - aparente - de atención, consistirá en el mantenimiento correctivo (M.C.) solamente, cuyo costo será la suma de:

1. Costo por mal estado de la máquina. El descuido o ninguna atención del equipo origina: pérdida de precisión, pérdidas de tiempo por desajustes, aumento de riesgo al personal (accidentes), ineficiencia, disminución de potencia, depreciación acelerada, desgaste prematuro, etc. A medida que aumenta el nivel de mantenimiento disminuye el costo por mal estado.
2. Costo de reparación (M.C.) elevado por la frecuencia y gravedad mayor de las averías.
3. Costo por el paro forzoso (M.C.) también elevado por disminución de producción, por pérdida de mano de obra, etc. Los costos por: mal estado, reparaciones, paros, disminuirán desde un supuesto mantenimiento preventivo nulo, hasta un máximo compatible con las posibilidades.

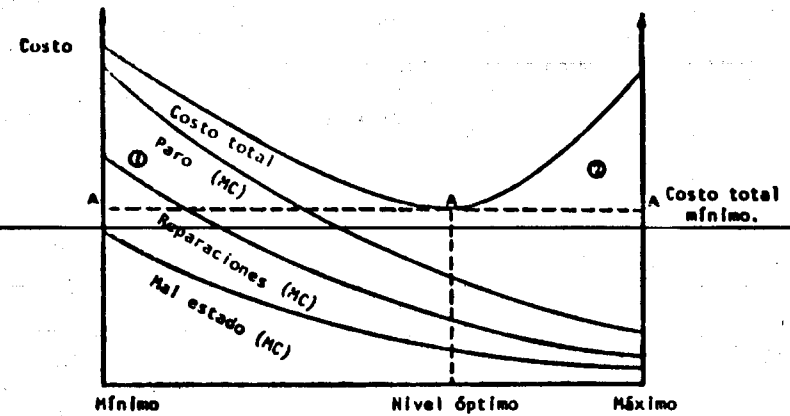


Fig. 4 - Nivel de mantenimiento

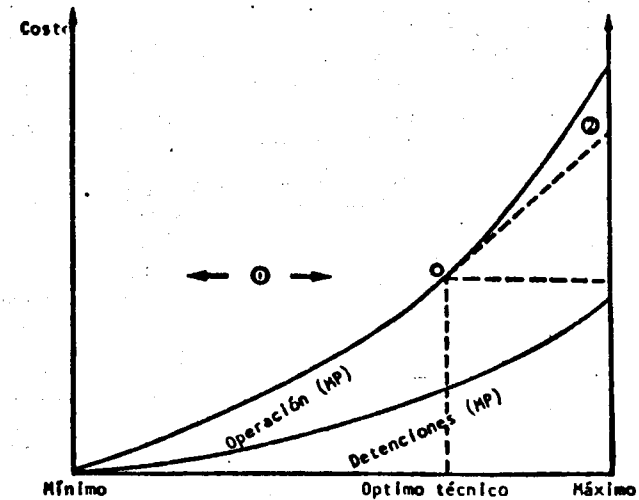


Fig. 5 - Nivel de mantenimiento preventivo.

### 3.2.2 NIVEL OPTIMO (VENTAJAS)

El nivel de mantenimiento más conveniente u óptimo en cuanto al costo, es el que corresponde al costo total mínimo (punto A Fig. 4) por sobre la línea AA indica costos excesivos, los correspondientes a la zona 1 por mantenimiento preventivo en defecto (bajo nivel) y a los de la zona 2 mantenimiento preventivo en exceso. El "costo administrativo" debe agregarse a los costos totales, cuando se emplean sistemas corrientes, los suponemos prácticamente constantes para todos los niveles de mantenimiento. Para casos muy complejos o de cierta envergadura es posible realizar económica y eficientemente la administración del mantenimiento preventivo por medio de sistemas adecuados: mediante ordenadores, mediante tarjetas perforadas, ficheros, kardex, etc. El costo del mantenimiento preventivo (MP) está constituido por:

1. Costo por detenciones, el aumento de mantenimiento (M.P) significa generalmente, también un aumento del tiempo de detención en la producción, con el fin de realizar las operaciones necesarias. Las detenciones (M.P.), así como los paros (M.C.) pueden disminuir y aún evitarse haciéndolos coincidir con las detenciones por cierre por vacaciones anuales, turnos en que no funciona la máquina, fuera de las horas "pico", etc.
2. Costo de operación preventiva (M.P.) (mano de obra y materiales) que crece con el aumento del mantenimiento preventivo y hasta una cierta medida, los cambios, reposiciones y ajustes, pueden coincidir con los necesarios para obtener una confiabilidad óptima, en tal caso obtendremos el óptimo técnico correspondiente, sobrepasando este óptimo se acentúan las pérdidas.

El costo total mínimo (Fig. 5) puede alcanzar el mínimo mínimum cuando coincide con el óptimo técnico (O) y se disminuyen o eliminan al máximo las detenciones (M.P.) y los paros (M.C.). La zona 1 representa la zona en que requerirá un exceso en mantenimiento correctivo, la zona 2 representa el exceso de costo por nivel de mantenimiento sobre el óptimo. Este costo excesivo puede en ciertos casos disimularse efectuando inspecciones sistemáticas o programadas en lugar de reposiciones y reparaciones preventivas.

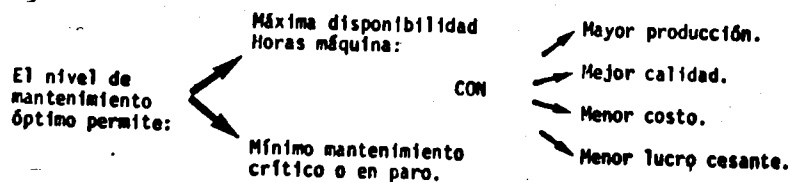


Fig. 6 Nivel de mantenimiento - ventajas.

### 3.2.3 CONCLUSIONES

Es especialmente conveniente:

1. Alcanzar el "nivel de mantenimiento óptimo".
2. Disminuir o eliminar las detenciones y paros para efectuar las reparaciones.
3. Emplear en cada caso el sistema administrativo más adecuado.
4. Efectuar las reposiciones, reconstrucciones, en función del lucro cesante y costo de reparaciones.

### 3.2.4 PREGUNTAS CONTROL

- ¿A qué se llama nivel de mantenimiento?
- El costo de mantenimiento correctivo ¿de qué resulta?
- ¿Cuál es el nivel de mantenimiento óptimo?
- ¿Qué es el costo administrativo?
- ¿Cómo está constituido el costo del mantenimiento preventivo?
- ¿Cómo puede disminuir el costo de detención?
- ¿Cuál es el óptimo técnico?
- ¿Cuál es el costo total mínimo?
- ¿Qué efecto tienen las inspecciones sistemáticas o programadas en el costo de mantenimiento?
- ¿Cuáles son las ventajas del mantenimiento óptimo?

**FUNDAMENTOS ADMINISTRATIVOS**

- 4.1 - EL PROCESO ADMINISTRATIVO.
- 4.1.1 - GENERALIDADES.
- 4.1.2 - LAS ETAPAS.
- 4.1.3 - PLAN GENERAL.
- 4.1.4 - PLANIFICACION Y CONTROL.
- 4.1.5 - METODOS Y TIEMPOS.
- 4.1.6 - CONTROL DE EXISTENCIAS.
- 4.1.7 - CONCLUSIONES.
- 4.1.8 - PREGUNTAS CONTROL.

## 4.1 EL PROCESO ADMINISTRATIVO

### 4.1.1 GENERALIDADES

Tanto para el mantenimiento como para la producción de una industria se siguen las clásicas etapas que deben cubrirse para la realización de cualquier trabajo:

- Prever.
- Planear.
- Ejecutar.
- Controlar, corregir.

En consecuencia, para el mantenimiento, las funciones que se realizan en mayor o menor grado son también las mismas:

- Planificación.
- Preparación de documentos de trabajo.
- Programación y jalonamiento.
- Lanzamiento.
- Control del progreso.
- Impulsión y corrección.

Para operar organizadamente se requiere un servicio, personas ó persona que se ocupe del trabajo de planificación y coordinación en la ejecución, para lograr que los elementos del programa de mantenimiento estén relacionados entre sí y con la totalidad, con el fin de alcanzar los objetivos en cantidad debida y con la calidad adecuada, en el plazo previsto y al menor costo posible.

Este cometido se alcanza aplicando las etapas, planeando y controlando en cuanto a:

}	Mano de obra	en	}	cantidad	y	tiempo
	Materiales			calidad		
	Equipo					

### 4.1.2 LAS ETAPAS

**Planificación:** La planificación racionalmente organizada se realiza del siguiente modo: una vez detectadas las necesidades en relación a los medios disponibles, se establece el Plan General que es desmenuado realizando Planes Detallados según distintos aspectos, teniendo en cuenta el encadenamiento lógico del todo.

**Preparación de documentos de trabajo:** En base a los planes detallados debe prepararse la documentación necesaria para realizar el trabajo según la información disponible.

**Programación y jalonamiento:** Con estos datos y documentos se ha de programar el trabajo, asignando los distintos puestos de trabajo, máquinas y obreros de acuerdo con la capacidad disponible, de manera que los trabajos de mantenimiento, vayan avanzando coordinadamente, para poder cumplir con el plazo acordado para la entrega final. Para lo cual, es necesario fijar para cada operación y trabajo la fecha en que debe realizarse, es decir establecer un jalonamiento que pueda cumplir se teniendo en cuenta las capacidades y cargas de cada puesto de trabajo o equipo capaz de realizar los trabajos establecidos. Se ha de llevar, por lo tanto un control de cargas y establecer una tarjeta de programación.

**Lanzamiento:** Los documentos permiten, pues, materializar sobre un cuadro calendario, la fecha de jalonamiento prevista. Cuando llega la fecha de iniciar un trabajo u operación dada o pedir material, si se trata de una primera operación, se ha de dar la orden, es decir, lanzar el trabajo.

**Control del progreso:** Con el fin de conocer en todo momento el estado de la producción se controla el avance o progreso de la producción y se compara con lo establecido en la planificación. Los datos de control, sirven de base, para las futuras o sucesivas planificaciones.

**Impulsión y corrección:** Como consecuencia del control se toman medidas para impulsar los trabajos que se detectan retrasados o detenidos, con el fin de cumplir con los plazos, cuando las soluciones están al alcance del ejecutor y en caso contrario, se toman las medidas correctivas necesarias.

#### 4.1.3 PLAN GENERAL

A fin de prever y coordinar las acciones en el plazo y costo más conveniente, es necesario la existencia de una directriz general, que establezca las prioridades, órdenes de urgencia y plazos de entrega. Esta directriz, según el tipo de mantenimiento que se trate, se establece mediante el Plan General, basado en las previsiones correspondientes, que se estudia, teniendo en cuenta: las tendencias a corto y largo plazo, el análisis de los diversos factores, controlables o no, que intervienen en la previsión.

Tiene mucha importancia el tiempo que abarca la previsión a largo plazo, en general, de 3 a 5 años, si bien a veces se llega a lapsos mayores; y la previsión a corto plazo a un año como máximo.

Los planes deben estar basados en los objetivos fundamentales y dichos objetivos deben estar fijados por la autoridad que establece y decide la política a seguir.

#### 4.1.4 PLANIFICACION Y CONTROL

La planificación y el control, cuya función es la de coordinar los elementos del programa de acción, tiene como objetivo:

- Relacionar los pedidos y plazos de entrega con la capacidad de que se dispone en cada momento.
- Conseguir la coordinación de la adquisición de los materiales.
- Proporcionar las instrucciones de fabricación para asegurar el cumplimiento de los plazos.
- Informar adecuadamente a la dirección para corregir los posibles retrasos y dificultades puestas de manifiesto por el estado de ejecución.

Este objetivo se alcanza en las empresas, con mayor o menor intensidad, según el tipo de producción, tamaño y grado de organización alcanzado.

El mantenimiento puede influir determinando un paro en la línea de producción o un desequilibrio en las cargas e incumplimiento de plazos.

En el primer caso, el centro de gravedad de la acción se situará en el control de existencias y en el segundo, sobre la preparación del trabajo y programación. En ambos casos es de vital importancia que no fallen las existencias, ya que un paro en la producción, puede dar lugar a un grave colapso.

#### 4.1.5 METODOS Y TIEMPOS

El obrero sólo puede ocuparse de un trabajo determinado debiéndosele facilitar útiles, materiales e instrucciones, con indicación concreta de lo que tiene que hacer, cómo, en qué orden, cuánto y en qué tiempo. Existen organismos que establecen las instrucciones detalladas relativas a cada fase del trabajo. Lo cual implica que cada operación se lleve a cabo con métodos predeterminados y dentro de los límites de tiempo impuestos por el programa del taller. Partiendo de los documentos básicos que se realizan en la oficina técnica de proyectos: como son los planos y listas de piezas, la oficina de métodos, prepara la emisión de la orden de trabajo que comprende en general: la hoja de instrucciones, de cómo deben realizarse las operaciones del proceso, la hoja de ruta que indica el orden de la secuencia de operaciones y máquinas que deben efectuarse, fijándose el tiempo que se concede para la operación. En algunos casos estos documentos se complementan con otros derivados de ellos, como pueden ser: petición de materiales, vales de entrega, petición de utillajes, hojas de inspección, según las necesidades y el sistema adoptado por cada empresa.

#### 4.1.6 CONTROL DE EXISTENCIAS

Para poder efectuar el mantenimiento, debe disponerse de los materiales y materias primas adecuadas, en la cantidad y calidad necesarios, en el momento y en el lugar requeridos y con la mínima erogación posible. Todo esto es misión del control de existencias, que ha de trabajar estrechamente relacionado con Planificación.

El control de existencias, fija como consecuencia, los niveles y composición de las existencias de Almacén, de manera que quede asegurada en cantidad suficiente, pero no más de la necesaria para poder mantener la fabricación y mantenimiento, sin rupturas de stock. Implica el estudio de la cantidad o lote de reposición a pedir que resulte más económico, teniendo en cuenta el costo de almacenamiento, previa determinación de la tasa de almacenaje y el costo de preparación del lote, obteniéndose así el lote económico.

Asimismo, se ha de determinar el punto de pedido correspondiente a dicho lote económico, a la vez que la existencia de reserva como protección contra: aumento de consumo durante el tiempo de suministro o un retraso en la provisión o ambos a la vez.

La experiencia indica que existen distintas categorías en cuanto al valor de existencias en almacenes. Conviene pues, realizar un análisis "A.B.C" de las existencias con el fin de clasificarlas en tres categorías A, B y C que corresponden a distintos sistemas de control:

- Control muy estrecho a las piezas o materiales A, mediante la gestión gráfica.
- Control normal para las piezas o materiales B, mediante la gestión contable por punto pedido.
- Control visual para las piezas o materiales C, mediante los sistemas de: nivel óptico, cantidad de recipientes, etc.

Además, los sistemas empleados son: el control de salidas de almacén, la revisión mensual, los niveles de reposición y el lote económico.



## 4.1.7 CONCLUSIONES

1. Las etapas para la realización del mantenimiento son:
  - A - Planificar
  - B - Preparar los documentos de trabajo
  - C - Programar y Jalonar
  - D - Lanzamiento
  - E - Control del Progreso
  - F - Impulsión y Corrección.
2. Se debe realizar un Plan General que prevea y coordine las acciones y se establezcan los objetivos a alcanzar y la política a seguir.
3. Se deben establecer organismos destinados a la administración eficaz del plan.
4. Los organismos específicos son:
  - Planificación y Control
  - Métodos y Tiempos
  - Control de existencias

## 4.1.8 PREGUNTAS CONTROL

- ¿Cuáles son las clásicas etapas para realizar cualquier trabajo?
- ¿Cuáles son las etapas que se aplican en mantenimiento?
- ¿En qué consisten cada una de ellas?
- ¿Cuál es el objeto de la realización del Plan General?  
¿qué lapsos comprende?
- ¿Cuál es la misión, funciones y objetivos de Planificación y Control?
- ¿Cuál es la misión, funciones y objetivos de Métodos y Tiempos?
- ¿Cuál es la misión, funciones y objetivos de Control de existencias? y ¿qué sistemas emplea?

## FUNDAMENTOS ESTRUCTURALES

- 5.1 - ESTRUCTURACION DE LOS ORGANISMOS.
- 5.1.1 - UNIDADES ESTRUCTURALES.
- 5.1.2 - ESTRUCTURACION DEL ORGANISMO MANTENIMIENTO.
- 5.1.3 - ESCALA ORGANICA.
- 5.1.4 - ORGANIZACION TIPO.
- 5.1.5 - AGRUPAMIENTO DE LAS DEPENDENCIAS.
- 5.1.6 - ALHÁNCENES DE MANTENIMIENTO.
- 5.1.7 - ORGANIZACION TIPO CORRESPONDIENTE AL MANTENIMIENTO DE UN COMPLEJO FABRIL.
- 5.1.8 - CONCLUSIONES.
- 5.1.9 - PREGUNTAS CONTROL.

5.1 ESTRUCTURACION DE LOS ORGANISMOS

5.1.1 UNIDADES ESTRUCTURALES

En la industria se disponen los medios con el fin de tomar una estructura apta para los fines requeridos.

Puesto de trabajo: Se considera como elemento estructural al "puesto de trabajo" que suele ser, una parte del taller u oficina en bases físicas y económicas destinada a que un operario, empleado u oficinista o grupo de ellos efectúe un determinado trabajo. En el "puesto de trabajo" de taller, suelen ubicarse: el equipo tecnológico, las herramientas, los aditamentos, equipo elevador y de transporte, piezas brutas, piezas y unidades de montaje, utilaje, etc. Del mismo modo, en el puesto de trabajo de oficina, se ubican los útiles de trabajo, la documentación necesaria, etc.

Taller u Oficina: Los puestos de trabajo son los elementos que forman parte de la unidad orgánica taller u oficina y pueden estar dispuestos por Proceso u Operación, en ambos casos.

Planta: Un grupo de talleres constituyen una planta (no agrupa organismos administrativos). La planta es una unidad tecnológica.

Fábrica: La fábrica, por otra parte, está compuesta por un conjunto o reunión armónica de talleres y oficinas.

Complejo Fabril: El complejo fabril está constituido por un conjunto de fábricas y organismos administrativos.

20/78

5.1.2 ESTRUCTURACION DEL ORGANISMO MANTENIMIENTO

La estructura correspondiente a un organismo dedicado al mantenimiento, se fija por medio de una organización que establezca las dependencias y las relaciones, con asignación concreta de obligaciones y responsabilidades que le competen a cada integrante. La asignación de la responsabilidad, debe corresponder a la autoridad y medios concedidos, sin duplicidades ni indeterminaciones, pues, no deben existir dependencias, de dos o más jefes a la vez, ni tener organismo sin dependencia establecida. Cada responsable, debe conocer con total claridad, cuales son sus obligaciones y cuales son sus atribuciones:

- Qué datos tiene que elaborar.
  - A qué controles van a estar sometidos.
  - A quién debe dirigirse para informar o para solicitar ayuda en caso necesario.
  - Participar de las decisiones que se adopten en el campo que le corresponda y por las que posteriormente haya de responder.
  - Cuál es su jurisdicción.
- y se le informará de todas las modificaciones al respecto.

La jurisdicción también debe estar claramente establecida para cada uno de los mandos:

- Por la cantidad de personas.
- Por territorio: planta, taller, etc.
- Por tipo de máquina o equipo.
- Por procesos, líneas de fabricación, cliente, producto, etc.

La jurisdicción por cantidad de personas tiende a que cada jefe pueda controlar a un número adecuado de subordinados.

La jurisdicción por territorio tiende a evitar la dispersión y a mejorar la atención a zonas alejadas, creando una mayor penetración en los problemas y por la presencia continua en el lugar de trabajo.

La jurisdicción por tipo de máquina permite la especialización y mayor profundización de los conocimientos a obtener, sobre todo en los equipos muy complejos y especializados o de máquinas críticas.

La jurisdicción por proceso, cliente, producto, permite la especialización de los conocimientos y una mayor penetración con los problemas propios del mismo.

5.1.3 ESCALA ORGANICA

1. ELEMENTO ESTRUCTURAL	PUESTO DE TRABAJO	ELEMENTO
2. UNIDAD ORGANICA	TALLER U OFICINA	UNIDAD
3. UNIDAD TECNOLÓGICA	PLANTA	GRUPO
4. CONJUNTO ORGANICO	FABRICA	CONJUNTO
5. COMPLEJO ORGANICO	COMPLEJO FABRIL	COMPLEJO

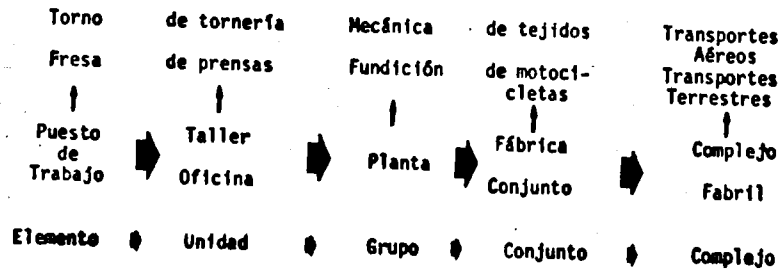


Fig. 7. Unidades estructurales.

5.1.4 ORGANIZACION TIPO

Correspondiente al mantenimiento de una fábrica.

Se supone como unidad básica, a una fábrica dotada alrededor de 250 máquinas y equipos, con sus talleres de fabricación y redes de energía de regular extensión, para la cual se establece un organigrama tipo en base a la misión correspondiente. (Fig. 8).

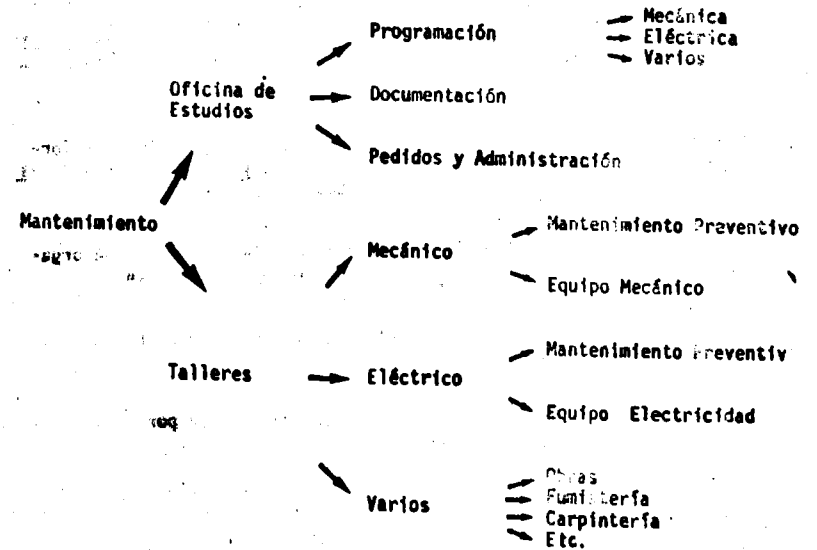


Fig. 8. Organización Tipo

Las obligaciones, responsabilidades y actividades correspondientes al mantenimiento, pueden ser esbozadas como sigue:

**MISION:**

- Asegurar el trabajo continuo de las máquinas, equipos y servicios críticos o clave.
- Reducir el tiempo de avería a un mínimo.
- Reducir el tiempo de paro, mediante una detallada programación de las pausas de las máquinas, equipos y servicios.
- Adoptar el procedimiento de mantenimiento más adecuado para el caso.

**FUNCIONES:**

- Poner en marcha, desarrollar y controlar un sistema de mantenimiento eficiente y económico.
- Organizar, asignar responsabilidades y autoridad al personal a su cargo. (Distribución del trabajo).
- Suministrar los servicios necesarios para el movimiento de máquinas, de una dependencia a otra.
- Instalar máquinas nuevas, reconstruidas y desplazadas.
- Resolver los problemas de la maquinaria, por medio de un servicio técnico, investigando y remediando las averías que se presentan, además creando e introduciendo nuevas soluciones y métodos cuando es necesario.
- Asesorar en adquisiciones y contrataciones de máquinas, equipos, servicios a Planificación y a Compras.
- Controlar los costos de mantenimiento, teniendo en cuenta: las causas de las fallas, los paros y lucro cesante, mediante estudios y análisis.
- Realizar un programa de reparaciones, de reconstrucción, de modernización, teniendo especialmente en cuenta a las máquinas, equipos y servicios críticos o clave y las pausas en el funcionamiento de las mismas.
- Prever los elementos, accesorios, máquinas, etc. de repuesto.
- Llevar los controles necesarios para determinar la vida útil, la confiabilidad, la durabilidad, etc.
- Hacer realizar los controles, análisis, ensayos, etc. de los lubricantes, materiales, etc.

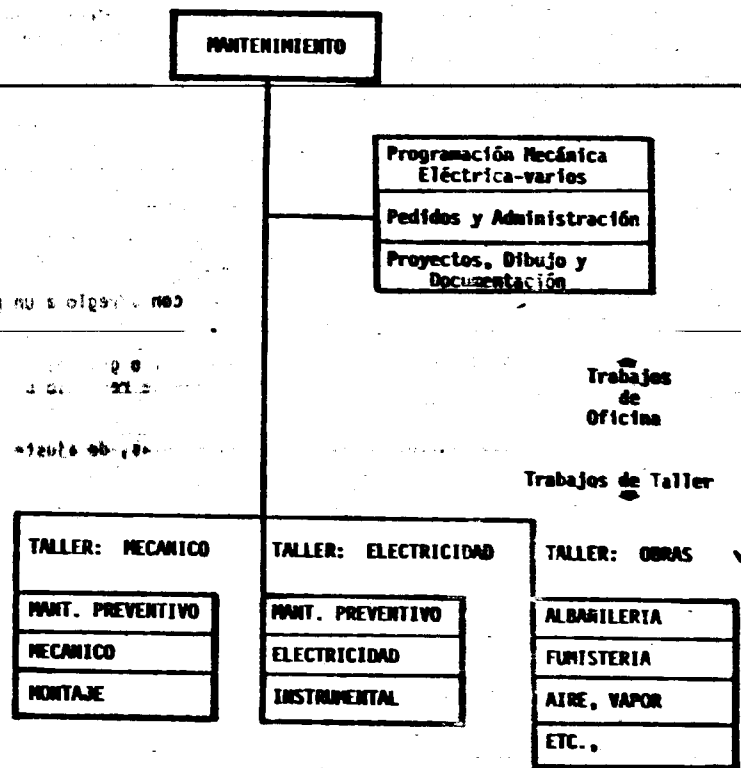


Fig. 9. Organigram tipo del organismo Mantenimiento.

### 5.1.5 AGRUPAMIENTO DE LAS DEPENDENCIAS

Se debe efectuar según el volumen de actividades y naturales de las mismas. En primer término se deben establecer dos grandes grupos: trabajos de taller, trabajos de oficinas. (Fig. 9).

Los trabajos de taller se pueden subdividir en mecánicos, eléctricos y varios. Los trabajos de oficina, se pueden subdividir en: programación, técnicas y administración.

Los trabajos de taller de mecánica, se pueden a su vez subdividir en: grupo, mantenimiento preventivo, que se encarga de las inspecciones, recorridos (mecánicos, eléctricos, de lubricación, etc.), reposiciones. Este trabajo es ejecutado por los "mecánicos visitantes" y toda la actividad, se debe ajustar a programas que han sido elaborados por la oficina de estudios de mantenimiento.

#### Grupo Mecánico

Debe trabajar como un taller de fabricación, con arreglo a un programa determinado y puede estar compuesto por:

- Construcción de nuevas piezas o instalaciones o grandes modificaciones de los mismos y suministro de piezas de recambio o aún de pequeñas modificaciones.

El grupo mecánico dispone de máquinas herramientas, de ajuste, de soldaduras, etc.

#### Grupo Montaje

Constituye un "núcleo central" que actúa según las necesidades, en las grandes reparaciones y contribuye al montaje de las nuevas instalaciones.

#### Electricidad

En general el servicio eléctrico suele necesitar menos cantidad de personal que el mecánico y se los agrupa en: grupo mantenimiento eléctrico preventivo que dispone de:

- Un taller eléctrico central, con sus secciones de bobinado, ajuste y reparación de motores, etc.

- Un taller de instrumental que instala y mantiene los pirómetros, relés, aparatos de medida y en general cualquier instrumento delicado de medición y control, disponiendo a veces de bancos de ensayo, mediciones, etc. Mantienen una dependencia con la oficina de programación eléctrica. Cuando es necesario atender subestaciones de transformación importantes se debe disponer de personal dedicado a corriente de alta tensión.

### Sección Obras

Consta de los grupos de albañiles de hornos y obras de hormigón, de carpinteros y obras de ebanisterías, modelistas, pintores y hojalateros. Puede ser un grupo mixto que hace construcción y entretenimiento y que según la importancia de las instalaciones destaca o no los equipos.

Aparte de estos grupos pueden haber otros análogos para servicio de aire, combustible, etc.

### Trabajos de Oficina

#### Oficina de Estudios

Tiene funciones Staff. El trabajo correspondiente al mantenimiento mecánico y eléctrico es controlado por esta oficina dando órdenes a los talleres o equipos indicando el momento de comenzar el trabajo, su plazo de terminación, el costo del mismo, además de proveerles el material en cada caso. La sección programación (mecánica y eléctrica, etc.) se encarga de las obras nuevas, las grandes reparaciones y del mantenimiento preventivo y correctivo.

La sección de pedidos y administración se encarga del control de existencias, provisión de materiales en conexión con la oficina de programación. A la terminación del trabajo determinan las desviaciones entre la estimación previa y las inversiones reales.

La sección proyectos, dibujo y documentación se encarga de los estudios y realización de proyectos, confección de documentación, contando con un equipo de dibujantes mecánicos, de instalaciones eléctricas, estructuras, etc.

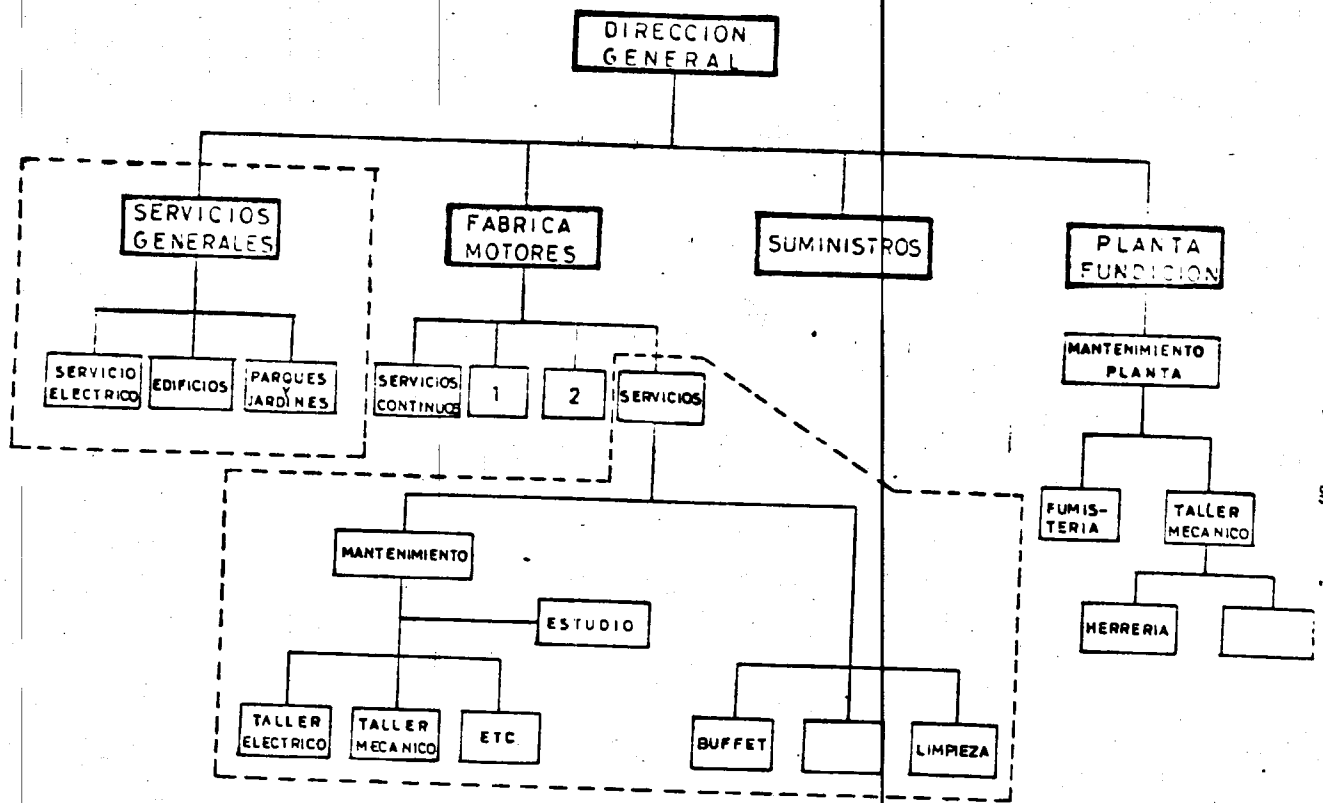
### 5.1.6 ALMACENES DE MANTENIMIENTO

1. Es altamente conveniente normalizar los materiales y los repuestos a emplear, pues disminuye la variedad de éstos y además reduce el stock necesario.
2. Es necesario conocer con cierta aproximación: el tipo y cantidad de piezas que se debe tener de repuesto y el stock se debe determinar en función de la demora para obtenerlas y la confiabilidad en las mismas.
3. Se suele emplear el método A. B. C. de control, para lo cual con el grupo B se procederá a crear un stock de máximo y mínimo de existencias, a fin de obtener el funcionamiento automático de almacenes con la menor inmovilización compatible con las necesidades.
4. En ciertos casos las piezas deben ajustarse a las medidas de las piezas usadas y desgastadas, por lo tanto, no se almacenan con las medidas terminadas con arreglo a plano.
5. Suele ser también conveniente, tener conjuntos completos de bombas, motores, etc., para sustituir en bloque a conjuntos en marcha.

La ubicación conveniente de los almacenes, en general, es:

- Cercano al lugar de consumo, para los repuestos propios de una máquina o equipo o una serie de ellos o cuando los repuestos son muy pesados y de difícil transporte.
- En el almacén central, cuando los repuestos son de uso general.

En lugar equidistante y cercano del lugar de uso, para los materiales de consumo diario, como son los lubricantes.



1.- PLANIFICACION  
2.- PRODUCCION

A - MANTENIMIENTO DE FABRICA  
B - SERVICIOS GENERALES  
A+B = MANTENIMIENTO DE UN COMPLEJO FABRIL.

Fig. 10 - Organigrama del organismo Mantenimiento de un Complejo.



5.1.7 ORGANIZACION TIPO CORRESPONDIENTE AL MANTENIMIENTO  
DE UN COMPLEJO FABRIL.

En un complejo fabril se suelen dividir las actividades del siguiente modo: (Fig. 10).

1. Cada fábrica es responsable de "fábrica hacia adentro". Esto implica el mantenimiento de su equipamiento y de sus edificios (aun que no siempre de estos últimos).
2. Mientras que "servicios generales" es responsable de los servicios y mantenimiento de "fábrica hacia afuera". Es responsable por:
  - provisión de electricidad, agua, aire comprimido, vapor, etc.
  - transportes.
  - mantenimiento de edificios.
  - parques y jardines.
  - etcétera.

5.1.8 CONCLUSIONES

1. Los organismos están estructurados según: elementos, unidades, grupos, conjuntos, complejos.
2. El organismo mantenimiento forma parte de la estructura general, y los grupos se dividen en jurisdicciones apropiadas:
  - Por cantidad de personas.
  - Por territorio: plantas, taller, etc.
  - Por proceso, líneas de fabricación, etc.
3. Existe una organización tipo para una fábrica que comprende a: Estudios y Talleres ambos aptos para el cumplimiento de su misión.
4. Para un Complejo Fabril se incluyen "Servicios Generales".

## 5.1.9 PREGUNTAS CONTROL

- En la industria ¿cómo se disponen los medios?
- ¿Cuáles son las unidades estructurales?

---

- Al estructurar un organismo dedicado al mantenimiento ¿cómo se fija? ¿qué se le debe asignar? y ¿qué requisitos?
- ¿Cuáles son los tipos de jurisdicción y cómo se seleccionan?
- ¿Cuál es la escala orgánica?
- ¿Cuál es la organización tipo del servicio de mantenimiento para una fábrica mediana?
- ¿Cuál es su misión?
- ¿Cuáles son sus funciones?

---

- ¿Cuál es su organigrama tipo?
- ¿Cómo se agrupan sus dependencias? y ¿Cuáles sus funciones?
- ¿Cuáles son las medidas convenientes a adoptar con los materiales y repuestos pertenecientes a los almacenes de mantenimiento?
- ¿Cuál es la ubicación más adecuada de dichos almacenes?
- ¿Qué caracteriza a la organización tipo correspondiente a un Complejo Fabril?

# 6

## PROGRAMACION

- 6.1 - DOCUMENTACION.
- 6.1.1 - GENERALIDADES.
- 6.1.2 - DEFINICIONES.
- 6.1.3 - CLASIFICACION.
- 6.1.4 - DOCUMENTACION TECNICA DEL FABRICANTE.
- 6.1.5 - DOCUMENTACION PROPIA DEL USUARIO.
- 6.1.6 - CONCLUSIONES.
- 6.1.7 - PREGUNTAS CONTROL.
  
- 6.2 - PLANIFICACION Y PROGRAMACION.
- 6.2.1 - GENERALIDADES.
- 6.2.2 - PLANES Y PROGRAMAS.
- 6.2.3 - CONFECCION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.
- 6.2.4 - ESTADO.
- 6.2.5 - PRIORIDAD.
- 6.2.6 - PATRONES DE MEDIDA
- 6.2.7 - CONCLUSIONES.
- 6.2.8 - PREGUNTAS CONTROL

## 6.1 DOCUMENTACION

### 6.1.1 GENERALIDADES

La documentación empleada en la industria forma un conjunto de instrumentos técnico-administrativos de primer orden que permite:

- Suministrar la información técnica necesaria.
- Registrar inventarios, características, estados, etc.
- Controlar costos, gestión, órdenes de trabajo.
- Determinar los requerimientos de mano de obra y materiales necesarios para establecer planes y programas.
- Efectuar la correcta explotación de las instalaciones.
- Organizar la implantación del mantenimiento óptimo.
- Determinar los patrones de medida para prever el estado y definir prioridades, para efectuar las previsiones necesarias.

El conjunto de documentos necesarios para el logro de estos objetivos constituye un cuerpo documental de fundamental importancia que comprende:

Manuales, fichas, certificados, registros, instrucciones, catálogos, planos de fabricación de repuestos, normas, especificaciones, boletines de modificaciones, formularios, formas, etc.

### 6.1.2 DEFINICIONES

- Manuales: Son libros que comprenden los diversos aspectos a tener en cuenta para el correcto mantenimiento, con indicación de los aspectos más importantes.
- Fichas: Son formas sueltas en las cuales se consignan y recopilan datos dispuestos de tal modo que la información necesaria se obtiene de manera: normalmente directa, precisa y sistemática.  
Se suelen reunir ordenadamente en ficheros.
- Certificados: Son instrumentos que tienen por finalidad el asegurar que un hecho sea verdadero. Generalmente sirven de garantía de calidad, en las máquinas, equipos, etc., antes de puesta en marcha, nuevas, reconstruidas o aún solamente reparados.  
Suelen estar respaldados por organismos destinados a tal fin: internacionales, nacionales, de la industria, de la fábrica o simplemente el visto bueno del jefe de reparación del taller correspondiente de acuerdo a la necesidad.
- Registros: Son las formas encuadradas o relacionadas entre sí y cuya finalidad es dejar constancia de manera ordenada sobre hechos como: las horas de funcionamiento, temperaturas, en orden cronológico; el principal es el historial.
- Catálogos: Constituyen un listado de elementos repuestos, accesorios, piezas de repuesto o de accesorios disponibles preparados generalmente en un cierto orden: alfabético, numérico, partes, etc.
- Boletines: Son publicaciones periódicas que tratan asuntos especiales como las modificaciones a introducir, nuevas utilidades, experiencias, etc. ya sea referentes a elementos tales como: rodamientos, engranes, uniones, etc. o nuevos tratamientos en zonas de trabajo o de todo el equipo.

6.1.3 CLASIFICACION

A la documentación que se emplea en la planta y que se refiere al mantenimiento, se le puede clasificar en: (ver. Fig. 10).

- Documentación técnica.
- Documentación administrativa.
- Documentación de trabajo.

La documentación técnica comprende:

- La documentación de la máquina o equipo que contiene todo lo referente al conocimiento de la máquina o equipo y a cómo operar.
- La documentación de la planta: que contiene todo lo referente al ambiente, ubicación, emplazamiento, etc. en que se encuentra la máquina o equipo.
- La documentación de ingeniería: que contiene la resolución de los problemas técnicos provenientes de la máquina y la planta.

Parte de la documentación técnica, por lo general es provista por el fabricante, pero en caso de no disponer de la documentación que suele proveer el fabricante conteniendo la información necesaria, se debe suplir con los datos que puedan conseguirse en máquinas similares y con los que correspondan a los elementos constitutivos tales como: cojinetes, de rodamientos, motores eléctricos, etc. También deben consignarse los datos referentes a los distintos conjuntos y órganos de las máquinas, que se hallan desmontadas para reparación.

Con todos estos antecedentes se debe hacer un legajo "propio" con el fin de salvar la carencia de documentación adecuada.

La documentación administrativa se refiere: a la documentación necesaria para efectuar los controles administrativos como inventarios, costos, etc.

La documentación de trabajo comprende:

- La documentación necesaria para efectuar el control técnico en la que se consignan los datos de identificación, las reparaciones y modificaciones efectuadas así como otros datos necesarios para el conocimiento correcto de la máquina.
- Inventario técnico para el conocimiento cabal de los medios disponibles.

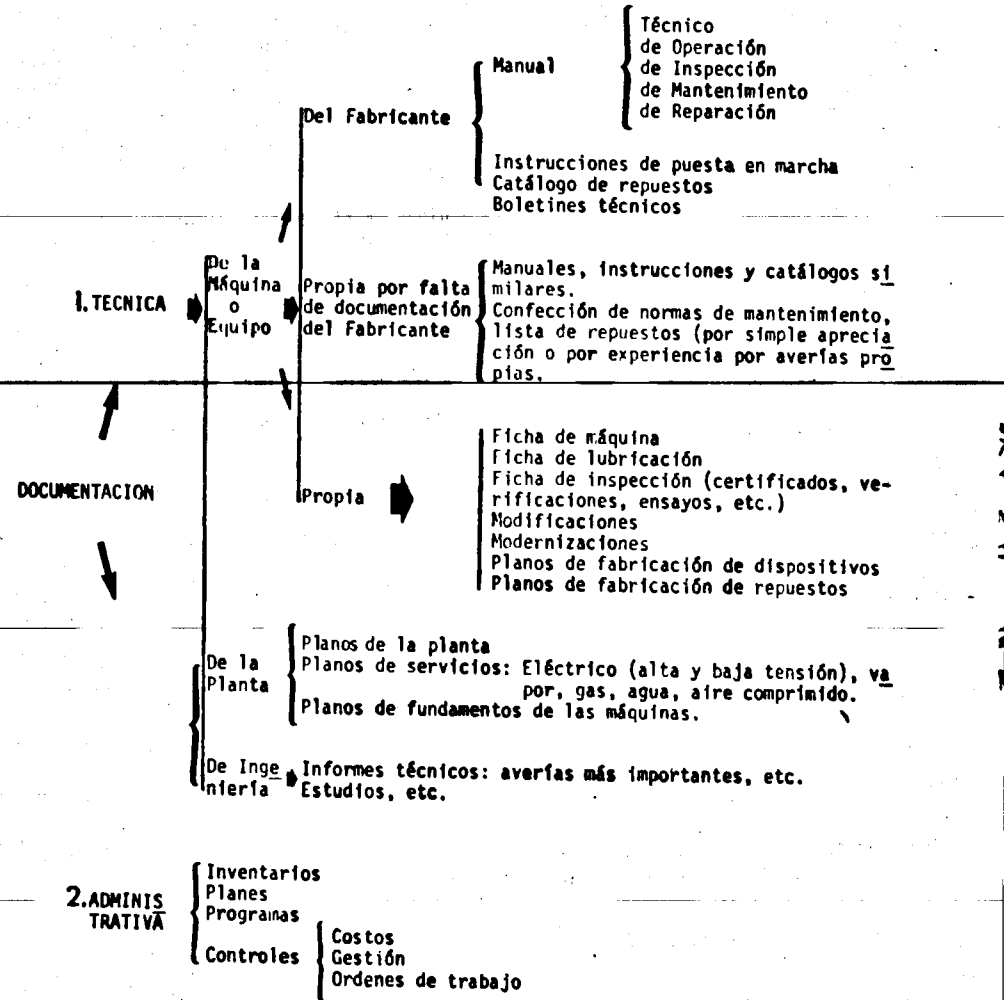


Fig. 11. Documentación

#### 6.1.4 DOCUMENTACION TECNICA DEL FABRICANTE

Manuales de taller: para las máquinas y equipos de taller debe disponerse de manuales que contengan la necesaria información tales como:

1. El "Manual Técnico" que informa e ilustra sobre los detalles constructivos de la máquina o equipo conteniendo:
  - a) Circuitos eléctricos.
  - b) Sistema hidráulico (con indicación de las posiciones para los controles de presión).
  - c) Sistemas mecánicos complejos: con vistas desglosadas de las cajas de cambio de velocidades, montaje, etc.
2. El "Manual de Operaciones" entiende sobre el modo correcto de manejo de la máquina, puesta en marcha y su detención, así como las posibilidades en cuanto a capacidad y regímenes de utilización, conteniendo:
  - a) Informaciones sobre las características.
  - b) Modos de operar, regímenes y limitaciones.
  - c) Métodos para regular y reglar la máquina.
  - d) Controles.
3. El "Manual de Mantenimiento" que se refiere, en general a prácticas y técnicas adecuadas para realizar los trabajos de conservación y servicio periódico como: lubricación, renovación de correas, cojinetes, etc. y en especial las tareas de tipo de recorrida como: desarme, limpieza, ajuste, montaje y puesta a punto.
 

Suele contener:

  - a) Cuidados básicos: lubricación, etc.
  - b) Cuidados especiales: aislación de las vibraciones, humedad, temperatura, etc.
  - c) Conservación.
  - d) Detección y corrección de averías.
4. El "Manual de Reparaciones" que informa cómo se realiza el mantenimiento correctivo en general, para subsanar las fallas y averías que se presentan durante el servicio o por accidente. Este manual se emplea en máquinas y equipos muy complejos o muy evolucionados.

Suele contener:

- a) Detección de averías más comunes: sus reparaciones.
  - b) Renovación de elementos: cojinetes, correas, etc.
  - c) Reparaciones delicadas que requieren una técnica especial.
  - d) Restablecimiento de coordenadas en las reparaciones generales.
5. El "Manual de Inspecciones" que establece ajustes y tolerancias, los valores límites de presiones, velocidades, temperaturas, etc. y la manera de realizar las verificaciones, determinaciones de perforaciones, etc.
  6. Las "Instrucciones para puesta en marcha" que comprende las operaciones necesarias para efectuar una correcta instalación y las precauciones a tomar para poner en marcha la máquina:
    - a) Desembalaje; destrave de las máquinas.
    - b) Modo de instalar: basamentos, anclajes, conexiones, enchufes, ubicación, etc.
    - c) Nivelamiento, coordenadas, etc.
    - d) Inspección, eliminación de los protectores, limpieza, lubricación.
    - e) Puesta en marcha, cuidados especiales.

#### Catálogos de repuestos y accesorios:

Indica la designación, identificación, cantidad, ubicación, etc. de piezas de repuesto y también de otros productos que se utilizan en la máquina.

Para evitar el empleo de repuestos y accesorios, que no son aptos se suele garantizar la "legitimidad" de los mismos.

#### Boletines técnicos:

Tienen por finalidad actualizar y poner al día la información sobre las fallas que se producen durante el servicio y su prevención ya sea mediante modificaciones técnicas o limitaciones en el uso. También se pueden establecer nuevas posibilidades, aplicaciones, etc.

### 6.1.5 DOCUMENTACION PROPIA DEL USUARIO

En ciertos casos se dispone de documentación propia, que en general consiste en el historial de la máquina y otros antecedentes de importancia ocurridos durante la operación de la misma.

En la mayoría de los casos, esta documentación de mantenimiento preventivo debe ser elaborada en su totalidad cuando se desea implantar un sistema de mantenimiento preventivo, debido a que generalmente se carece de la misma o es incompleta.

Ficha de máquina (o ficha de instalación o tarjeta registro de reparaciones, etc.) es la ficha matriz y constituye el documento básico, ya que registra y consigna la historia técnica en lo que se refiere a fallas y reparaciones de cada máquina o equipo en la que se aplicará el mantenimiento preventivo para tener la información necesaria que permite adoptar las acciones correctivas correspondientes. Es pues, el documento más importante, puesto que establece la información, los elementos básicos para su iniciación y funcionamiento y además permite los análisis técnicos imprescindibles para tal fin.

En la ficha se asientan los siguientes datos:

1. De identificación de la máquina: designación, marca, tipo, modelo, número de serie, número de inventario, número de máquina, ubicación, descripción, fotografía, esquema, etc.
2. Características de la máquina: capacidad de trabajo, peso, área ocupada, energía utilizada (electricidad, vapor, etc.).
3. Antecedentes y costos de la máquina: legajo de antecedentes técnicos, costos de compra, costo de flete, costo de instalación.
4. Identificación y características: de los motores y accesorios (estos datos pueden consignarse en ficha aparte).
  - Marca, tipo, modelo, número de serie, número de inventario, etc.
  - Potencia, número de revoluciones, voltaje, fases, ciclos, combustible, etc.
  - Tipo de accesorio, tamaño, utilización, etc.
5. Repuestos y materiales más importantes (específicos y comunes); identificación, cantidad, materiales de consumo normal).

### 6. Los cuidados que se deben realizar.

- Las planillas de inspección que se aplican a la máquina, motores y accesorios.
- Las recorridas, cuidados de rutina y especiales, conservación.
- Las puestas a punto, reglajes.

### 7. Funcionamiento.

- Fecha de instalación.
- Funcionamiento: tiempo, ciclos de reparaciones, etc.

### 8. Las fallas.

Las reparaciones y modificaciones importantes (fecha y descripción, programadas o no), roturas que ocasionan pérdidas en la producción, el tipo de falla y sus causas).

### 9. El costo de las reparaciones y modificaciones.

- El costo de los materiales, mano de obra y lucro cesante por causa de las fallas.
- El costo de las modificaciones.

Complementaria o derivada de la "ficha de máquina" se elaboran las fichas o planillas de inspección, de lubricación, la hoja de ruta, etc., que pueden servir de base para la programación de cada uno de estos aspectos.

### Ficha de lubricación.

Es el documento de control y registro con que se inicia el mantenimiento preventivo, se realiza en base a la información del fabricante, la experiencia y posibilidades propias.

Contiene:

- Los puntos a lubricar, su identificación (señalización).
- Lubricante, tipo correcto según la circunstancia, cantidad.
- Cambio de lubricante o reposición, limpieza.
- Frecuencia, períodos, etc.

Este documento es básico para establecer el programa de lubricación.

### Ficha de Inspección.

Del mismo modo que con la ficha de lubricación, se realiza esta ficha en base a la información del fabricante, la experiencia y las posibilidades propias se establece:

- Las inspecciones requeridas.
- El tipo de inspección y controles (técnica).
- La frecuencia, ciclos, etc.
- Medios necesarios, instrumentos de medición, mano de obra, etc.
- Registro de inspecciones realizadas y los resultados.

En base a estos datos se establece el "programa" de inspecciones, que forma parte del sistema de mantenimiento preventivo, suelen adjuntarse los "certificados" que garantizan el estado de la máquina (calidad) y los resultados de las verificaciones periódicas.

### Inventario Técnico.

Es una relación detallada y ordenada de las máquinas, equipo y elementos que se les efectuará el mantenimiento.

Los datos de inventario tienden a identificar a cada uno de los elementos reuniendo por una parte, los datos necesarios y por otra, estableciendo la designación y codificación correctas.

Son documentos necesarios para un adecuado desenvolvimiento en el mantenimiento de la planta.

Las modificaciones y modernizaciones efectuadas, los planos de fabricación de dispositivos, los planos de fabricación de repuestos, los informes técnicos, sobre el estado de los trabajos, averías más importantes, etc.

Asimismo se realizan los planos: de la planta y de los fundamentos, para conocer la ubicación de las máquinas y las posibilidades de reubicación (cuando se hace necesario).

### 6.1.6 CONCLUSIONES

1. La documentación empleada en la industria constituye un cuerpo documental de fundamental importancia.
2. La documentación comprende los aspectos técnicos, administrativos y de trabajo.
3. La documentación técnica provista por el fabricante debe suministrar la información necesaria para:
  - a - ilustrar sobre los circuitos eléctricos, sistemas hidráulicos y sistemas mecánicos.
  - b - el correcto manejo y ocupación.
  - c - el correcto cuidado y modos de reparar.
  - d - la manera de efectuar las inspecciones y verificaciones.
  - e - realizar la instalación y puesta en marcha correctas.
  - f - catálogos y boletines.
4. La documentación propia del usuario, es esencial para la implantación del mantenimiento preventivo.



### 6.1.7 PREGUNTAS CONTROL

- La documentación empleada constituye un cuerpo documental:  
que permite.....  
que está compuesto por.....
- ¿Qué son los manuales, fichas, certificados, registros, catálogos, boletines?
- ¿Cómo se clasifica la documentación? ¿qué contiene?
- ¿Cuál es la documentación técnica provista, generalmente por el fabricante? ¿qué contiene cada una?
- ¿Cuál es la documentación técnica propia del usuario? ¿cuál es su objeto? ¿qué datos contienen?

## 6.2 PLANIFICACION Y PROGRAMACION

### 6.2.1 GENERALIDADES

"Planificar, consiste en prever las acciones y medios necesarios para el logro de los objetivos fijados" y su éxito depende en gran manera del conocimiento de la política de producción adoptada por la Dirección; política que en algunos casos queda explicitada en el "Plan de Acción Empresarial" de corto plazo. No siempre se cuenta con este plan como tal, a veces sólo se dispone de un "Plan de Producción" y otras veces sólo existe una intención de realizar determinadas acciones.

### 6.2.2 PLANES Y PROGRAMAS

Desde el punto de vista del mantenimiento deben confeccionarse coordinadamente y basadas en el Plan de Acción Empresarial Anual los siguientes planes anuales:

- Plan de producción.
- Plan de trabajos de Mantenimiento, que en conjunto conforman el Plan de Explotación Anual.

El Plan de Producción Anual determina:

- Los productos.
- La cantidad mensual de los mismos.
- La mano de obra y materiales que se insumen.

El Plan de Trabajos de Mantenimiento establece las siguientes previsiones:

- La actividad a desarrollar.
- Las horas-hombre.
- Los materiales, materias primas, repuestos, etc., para el mantenimiento preventivo, las inspecciones y para el correctivo.

El mantenimiento preventivo e inspecciones, se desarrolla por equipos, mientras que el correctivo la previsión es global y se basa principalmente en la dotación de talleres destinados a tal fin.

La programación consiste en ordenar cronológicamente las acciones necesarias para realizar un determinado trabajo, evaluando la duración y estableciendo la continuidad de los mismos, en función de los medios disponibles, con el fin de optimizar los resultados.

El programa se realiza distribuyendo los trabajos en base a un ordenamiento de tareas según una prioridad definida de necesidades asignando la carga de mano de obra de acuerdo a la capacidad disponible de la misma.

Se puede diagramar por medio del gráfico Gant en que se representa en función del tiempo calendario, cada una de las operaciones a realizar, estableciéndose de este modo las secuencias y duración de las mismas.

Permite establecer con anticipación necesaria los medios a emplear, evitando de este modo las pérdidas de rendimiento por imprevisión.

El mantenimiento preventivo en esencia, es un conjunto de tareas de mantenimiento, programadas de manera tal, que el "nivel de mantenimiento" sea mínimo (mantenimiento mínimo necesario imprescindible). Por tal razón, el programa es imperativo en cuanto a su cumplimiento.

Cuando en un sector de producción existe gran cantidad de máquinas o equipos y de variado tipo es fundamentalmente importante efectuar un diagrama de programación integral del sector, tanto de las inspecciones y de los respectivos trabajos de mantenimiento, como para los trabajos de rutina, recorridos, etc.

#### Programa de mantenimiento y reconstrucción.

El programa de mantenimiento y reconstrucción abarca los distintos grados posibles: conservación, reparación y modernización. El proyecto se incluye en los planes a corto y a largo alcance, teniendo en cuenta el Plan de Producción y en acuerdo entre Producción y Mantenimiento.

#### PLAN DE ACCION ANUAL DE MANTENIMIENTO

Plan de acción: Lineamiento básico de planeamiento de explotación económica racional de una organización empresarial industrial.

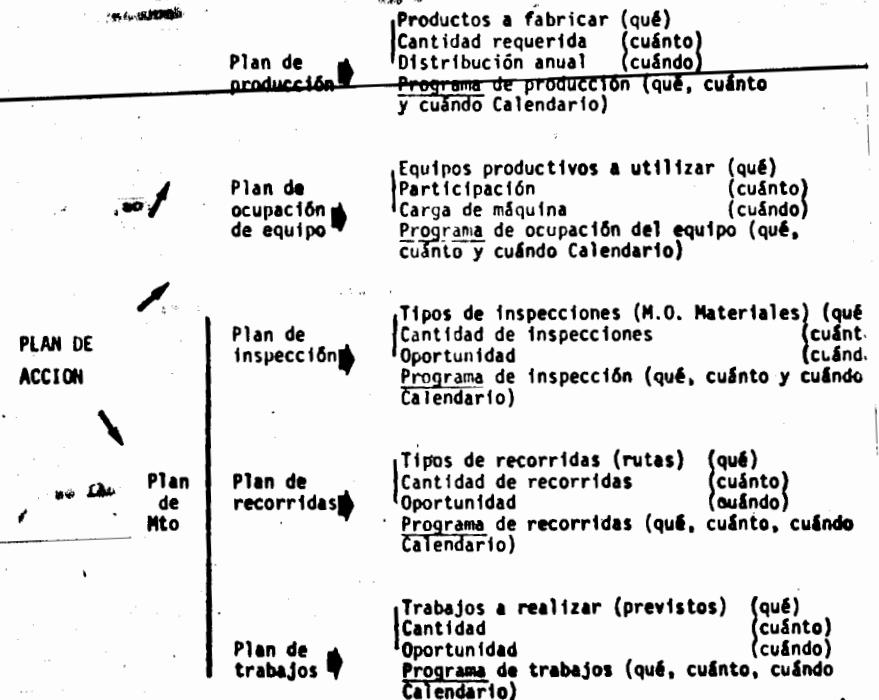


Fig. 12. Plan de Acción.

### 6.2.3 CONFECCION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Para la confección de un plan de mantenimiento se requiere el conocimiento del plan de producción y de ocupación del equipo y por lo general, se parte de una lista de máquinas en la que se consigna el estado de deterioro y la prioridad. (Por Listado, ver complemento)

Luego de un relevamiento sobre el estado de deterioro, en conocimiento de las prioridades con respecto a la producción a realizar y de acuerdo a las posibilidades económico-financieras se debe efectuar un listado de necesidades con sentido realista que sirva de base para desarrollar un programa de reconstrucción, reparaciones, modernizaciones y conservación, dentro del presupuesto y del plan general, siempre en consulta entre mantenimiento y los supervisores de producción.

### 6.2.4 ESTADO

El estado de deterioro se clasifica según el cuadro 3, se establece por medio de una inspección, por la previsión en base a la experiencia sobre el probable estado en que se encontrará el equipo, en una determinada época, y en función del desarrollo del plan de producción.

- Los equipos en buen estado de uso requieren solamente conservación, que puede consistir en: lubricación, limpieza, reglajes, regulaciones, etc., además de revisiones técnicas, inspecciones, etc.
- Las reparaciones sencillas que requieren los equipos pueden consistir en: reposiciones de elementos accesorios, lámparas, fusibles, correas, perillas, juntas en cañerías, etc.
- Las reparaciones pequeñas que requieren los equipos, pueden consistir en: reposiciones de partes accesorias (motor de arranque), llave eléctrica, válvula en circuito hidráulico, cambio de escobillas en los generadores eléctricos, zapatas de freno, etc.
- Las reparaciones medias que requieren los equipos pueden consistir en cambios y ajustes; cambios de aros, pistón en motor a explosión, cambio de junta, tapa de motor, cambio de cojinetes o rodamientos im portantes.
- Las reparaciones generales que requieren los equipos pueden consistir en cambio, reparación o ajuste de cigueñales y bielas de camisa, pistones, pernos de pistón, guías, bujes, etc.

CLASIFICACION	ESTADO DE DETERIORO	No. CLAVE	A C C I O N :
Aptas	Buen estado de uso	1	Conservación
		2	Reparación sencilla
		3	Reparación pequeña
		4	Reparación media
		5	Reparación general
No aptas	Reconstruibles	6	Reparables con modificaciones
	Reconstruibles obsoletas	7	Modernizaciones
	No reconstruibles	8	De baja

Cuadro 3 - Estado de deterioro

### 6.2.5 PRIORIDAD

En cuanto a la prioridad está determinada por la influencia que tiene el equipo en la marcha de la producción y las posibilidades de reemplazo.

Se considera crítico el equipo cuya detención origina la paralización del proceso. A los equipos críticos se les puede clasificar en: (cuadro 4).

- Crítico no reemplazable dependiente.
- Crítico no reemplazable independiente.
- Crítico reemplazable (cambiando proceso).

Dentro del equipo o máquina crítica tiene prioridad aquel que sufre averías repetitivas que afecten su funcionamiento.

Se considera no crítico al equipo cuya detención no origina la paralización del proceso y se le clasifica en:

- Reemplazable sustituible.
- Reemplazable de repuesto.
- Reemplazable de reserva.

Se considera no productivo al equipo que no se utiliza en producción ni en tareas auxiliares.

## 6.2.6 PATRONES DE MEDIDA

GRUPO	No. DE ORDEN DE PRIORIDAD	PRIORIDADES	CONCEPTO
Productivo crítico	1	crítico NO reemplazable dependiente	Cuya detención afecta directamente en la marcha deteniendo el proceso.
	2	crítico NO reemplazable independiente	Cuya detención permite recuperación pero ocasiona serios trastornos en la marcha.
	3	crítico reemplazable	Por permitir que se satisfaga la necesidad por medio de un cambio en el proceso.
Productivo No crítico	4	NO crítico reemplazable-sustituible	Su detención o avería no ocasiona inconvenientes en el proceso o marcha del conjunto.
	5	NO crítico de re-puesto	Sólo se utiliza en caso de avería de otra máquina.
	6	NO crítico de reserva	Sólo se utiliza para aumentar o acelerar la marcha, a veces para cubrir picos o casos de emergencia (p. e. cortes de electricidad)
No Productivo	7	NO crítico	No se utilizan directamente para la producción.

Cuadro 4 - Orden de prioridades

Se valúa el límite de la vida útil, la confiabilidad o la frecuencia de las inspecciones de cada uno de los equipos o partes que la conveniencia indique, empleando patrones de medida adecuados. Los patrones de medida más corrientes según el tipo de uso son el tiempo, la cantidad y el número de ciclos que se reducen en último término a un patrón único: el tiempo. (cuadro 5)

Por otra parte, todos los equipos y partes, su vida útil está limitada por la obsolescencia.

Patrón de medida: Tiempo calendario.

Se aplica para establecer la probabilidad de obsolescencia del equipo y para los casos en que se produce un envejecimiento natural, como por ejemplo en los vehículos, las cámaras y cubiertas de hule.

Además es el patrón de medida utilizado en los programas, debiéndose transformar los otros patrones en tiempo calendario.

Patrón de medida: Tiempo de funcionamiento.

Se aplica generalmente cuando el desgaste o deterioro es proporcional al uso.

Patrón de medida: Número de piezas.

Se aplica cuando el desgaste o el deterioro se hace proporcional y medible por la cantidad de productos elaborados, como por ejemplo, en el caso de las matrices, cuya vida se fija por el número de golpes, un concepto es el número de impactos.

Patrón de medida: Kilómetros recorridos.

Se aplica específicamente a los rodados, por ser una unidad autodefinitiva del uso del elemento, con las adecuaciones correspondientes al estado de las vías de comunicación:

Por ejemplo:

Un vehículo automotor  
cada 5000 km. cambio de cubiertas.  
cada 10 000 km. cambio de bujías.  
cada 200 000 km. ajuste general.  
(cilindro, pistones, etc.)

Patrón de medida: ciclos de trabajo.

Comprende el desarrollo de un proceso o de una sucesión de acontecimientos vinculados que desarrollan un ciclo completo de solicitaciones normales así por ejemplo, para el avión considerado como equipo producto asientokilómetros se puede medir por cantidad de aterrizajes que comprende:

- descolaje: carreteo, despegue, trepado.
- crucero.
- aterrizaje: descenso, contacto, frenado, carreteo.

Los ciclos de reparaciones: Los equipos admiten ciertos tipos y número de reparaciones pequeñas y medias, entre reparaciones generales y mayores.

Para las máquinas herramientas de corte, es frecuente la aplicación de un procedimiento de mantenimiento preventivo, cuya estructura del ciclo de reparación sea la siguiente:

G: R-P-R-P-R

M: R-P-R-P-R

M: R-P-R-P-R

G

Siendo: R - revisión técnica  
G - reparación general  
M - reparación media  
P - Reparación pequeña

El ciclo entre dos reparaciones generales contiene pues:

- nueve revisiones (R)
- seis reparaciones pequeñas (P)
- dos reparaciones medias (M)

PATRON		SE MIDE:	SE APLICA A:
Tiempo	calendario	La obsolescencia producida por el progreso y avance tecnológico. El deterioro producido por la acción del tiempo (destruictiva y permanente) envejecimiento del material.	A todo: Edificios, Máquinas, Instalaciones, etc. Edificios, Infraestructura, Instalaciones, Materiales etc.
	de funcionamiento	El deterioro producido por el uso (desgaste, corrosión, acción de la temperatura, etc.)	Máquinas herramientas, Motores a explosión, hornos, válvulas electrónicas, etc. Matrices, moldes, modelos.
Cantidad efectuada	número de piezas	El deterioro producido por el uso (varía con el tipo de pieza)	Específicamente a rodados.
	kilómetros recorridos	El deterioro producido por el uso (varía con el estado y tipo de camino)	Aviones (número de aterrizajes) Hornos (número de coladas)
Ciclos	de trabajo	El deterioro producido por el uso (número de veces que se repite el proceso en determinadas condiciones y bajo solicitaciones normales)	Máquinas herramientas, hornos, etc.
	de reparaciones	El deterioro producido por el uso (número de inspecciones, reparaciones menores, medias y generales).	

## 6.2.7

## CONCLUSIONES

1. Debido a que para lograr los objetivos fijados es necesario realizar planes y programas; para alcanzar el "nivel de mantenimiento óptimo" es necesario efectuar, en base al plan de producción anual, el plan de trabajos de mantenimiento y en base a éste el programa de mantenimiento y reconstrucción.

2. Para la confección del plan de mantenimiento es necesario:

- a) conocer el plan de producción.
- b) realizar la lista de máquinas y equipos en la que se consigna su estado de deterioro, la prioridad y el tipo de reparación que requerirá.

3. Se pueden establecer "patrones de medida" para evaluar las posibilidades de utilización de las máquinas y equipos.

## 6.2.8

## PREGUNTAS CONTROL

- Planificar ten qué consiste?, de qué depende su éxito?

OTRO  
-04

- Desde el punto de vista del mantenimiento ¿cuáles son los planes que deben ejecutarse?, ¿qué determina cada uno?

- Para la confección del plan de mantenimiento ¿qué se requiere?, de qué se parte?, ¿qué se debe efectuar?

- ¿Cómo se clasifica el estado de deterioro y cuáles son los requerimientos?

- ¿Cómo se determina la prioridad?

- ¿Cuáles son los patrones de medida más corrientes?, ¿cómo se aplican?

T E C H N I C O S

## DETECCION Y PREVENCIÓN DE AVERIAS

- 7.1 - INSPECCION Y VERIFICACION.
- 7.1.1 - GENERALIDADES.
- 7.1.2 - INSPECCION DE COJINETES Y RODAMIENTOS.
- 7.1.3 - VERIFICACION DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS.
- 7.1.4 - REPARACION GENERAL POR RECORRIDA DE UNA MAQUINA O EQUIPO.
  - 7.1.4.1 - PROCESO.
  - 7.1.5 - RECORRIDAS SISTEMATICAS.
    - 7.1.5.1 - RECORRIDA SISTEMATICA PARA LA LUBRICACION DE UNA INSTALACION.
  - 7.1.6 - CONCLUSIONES.
  - 7.1.7 - PREGUNTAS CONTROL.

## 7.1 INSPECCION Y VERIFICACION

### 7.1.1 GENERALIDADES

Para la correcta detección y prevención de las averías es necesario la adopción de procedimientos adecuados correspondientes según se trate de: (ver cuadro 6)

- Piezas o elementos como: rodamientos engranajes, etc.
- Máquinas o equipos como: motores, tornos, etc.
- Servicios de conjunto como: limpieza, lubricación, etc.

Los procedimientos están basados en:

- Inspecciones.
- Verificaciones.
- Trabajos.

El mantenimiento por lo general, puede requerir, según el procedimiento adoptado:

- Un servicio técnico que asegure por medio de inspecciones, verificaciones y trabajos, el empleo correcto del equipo, la eliminación de pequeños defectos o averías y cuando es necesario, la regulación de elementos y grupos por separado de máquinas, las reparaciones pequeñas, medias y generales.

A modo de ejemplo, se presentan los siguientes casos en los que se describen en qué consiste:

1. La inspección de rodamientos (de manera similar se opera con los engranajes, ver complemento).
2. La verificación de máquinas.
3. La reparación o recorrida general.

A R E A :	Inspección verificación trabajos de acuerdo a:	T E C N I C A S :
PIEZAS O ELEMENTOS	Técnicas apropiadas	Según: Inspecciones sistemáticas, controles, revisiones.
MAQUINAS O EQUIPOS	Normas y especificaciones	Según: normas y especificaciones. Según: pruebas prácticas. Según: reparaciones generales por recorridas sistemáticas totales, progresivas o continuas.
SERVICIO DE CONJUNTO	proceso	Según: recorridas sistemáticas de acuerdo a un proceso y a programas que se confeccionan a tal fin.

Cuadro 6 - Detección y prevención de averías.



### 7.1.2 INSPECCION DE COJINETES Y RODAMIENTOS

Los rodamientos montados en lugares expuestos se deben inspeccionar sistemáticamente y en caso de aparición de defectos o averías debe determinarse la posible causa para evitar que el rodamiento de reemplazo sufra el mismo fin.

Las inspecciones, en cuanto a rodamientos se refiere, por lo general consisten: (ver cuadro 7)

- Detectar los ruidos de rodamiento y vibraciones.
- Controlar la temperatura del mismo.
- Verificar el estado de los retenes y la alimentación de lubricante.

Para determinar las causas de averías de los rodamientos con un estetoscopio o simplemente con un destornillador se puede detectar ruidos que indican: funcionamiento normal, lubricación inadecuada, presencia de suciedad, apriete exagerado, huellas en la pista, bola averiada, deterioro avanzado, etc.

Las vibraciones indican holguras excesivas, aflojamientos.

Debe controlarse con frecuencia la temperatura de los rodamientos. La temperatura alta indica, si se produce inmediatamente de la carga de lubricante, cantidad excesiva o viscosidad demasiado elevada de lubricante.

También es conveniente revisar el estado de los retenes cada vez que se descubra o desmonte un rodamiento, así como el sistema de lubricación correspondiente.

La determinación de las causas de avería de los rodamientos por el examen del rodamiento deteriorado es importante pues puede evitar averías posteriores.

Así, el desconchado de la pista (trozos de material saltado) puede indicar cargas anormales, lubricación inadecuada.

La aparición de grietas y fracturas pueden indicar: defectos de la forma del árbol o del alojamiento del rodamiento o ajuste incorrecto.

S I N T O M A S	C A U S A S
Suave ruidos característico	Funcionamiento normal.
Chirridos	Puede indicar lubricación deficiente.
Crujidos	Presencia de suciedad.
Sonidos metálicos	Puede indicar apriete exagerado, juego insuficiente o agarrotamiento axial.
	Con tonos suaves y claros: huellas en la pista de rodadura exterior producidas por vibraciones.
Ruido de rodamiento intermitente	Con variación regular en cada vuelta: anillo interior dañado, (defecto de montaje).
	Puede indicar bola deteriorada, el ruido se presenta cuando la bola rueda sobre su zona dañada.
Funcionamiento ruidoso	Estado de deterioro avanzado.
Vibraciones	Puede ser producido por aflojamiento en la caja o por excesiva holgura.

Cuadro 7 - Detección de averías de rodamientos.

### 7.1.3 VERIFICACION DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS

La verificación se realiza en general, antes de la puesta en servicio de las máquinas, equipos, cañerías, etc. después de su instalación o después de cada reparación importante, con el fin de comprobar su precisión y exactitud.

Existen especificaciones y normas que sirven para establecer la calidad que garantizan una determinada precisión, estableciendo una orientación segura para determinar una referencia que puede servir de comparación.

La verificación de las máquinas en general se basa en la realización de dos tipos de ensayos y controles técnicos.

1. Ensayos en vacío - Ensayos y verificaciones previas, comprobaciones geométricas.
2. Ensayos de carga.

Los ensayos y verificaciones previas comprenden a verificaciones con la máquina parada: dimensionales y geométricas, así como las carreras y la coordinación de los movimientos de los comandos.

En las máquinas de precisión fundamentalmente se verifican las coordenadas, las alineaciones, etc. así como el funcionamiento de algunas partes fundamentales y las particularmente delicadas.

Este ensayo permite detectar algún error cometido en conexiones, carreras y es previo a la puesta a punto y puesta en marcha de la máquina.

Tiene un sentido preventivo, pues puede evitar averías y aún accidentes. Los ensayos en carga, consisten en la verificación de las especificaciones por medio de la puesta en producción para productos, (piezas de formas y dimensiones establecidas) por ejemplo, con las que se comprueba que efectivamente se cumplen con las especificaciones de la máquina. El ensayo estático, en base a sus resultados se puede realizar un análisis cierto de sus cualidades geométricas que permite establecer el grado de estas cualidades.

Los dos tipos de ensayo se complementan mutuamente y de hecho sólo se puede garantizar la máquina si se realizan ambos. Si bien en los ensayos estáticos puede obtenerse una idea segura de su precisión geométrica, la experiencia ha demostrado que máquinas geoméricamente correctas no siempre producen el trabajo requerido y en grado aceptable. Esto se debe a que en la comprobación geométrica no se pone en evidencia:

deformaciones eventuales,

vibraciones, recalentamientos, etc.

causados por imperfecciones de sus elementos cinemáticos o de transmisión de movimiento por defectos en la calidad o montaje de engranaje, en los rodamientos, etc. por defectos entre carros y guías, así como por defectos en la lubricación que van desde el empleo de lubricantes inadecuados, hasta el diseño o reparación defectuoso del sistema (patas de araña, juegos, etc.)

Por lo tanto, el ensayo práctico tiene un sentido más global y detecta mejor y de una manera más amplia el estado de la máquina.

En el caso de las máquinas herramientas, por ejemplo, tanto para la ejecución de uno u otro ensayo o para ambos, se debe establecer el método a seguir en cada caso, teniendo en cuenta las propias particularidades de las máquinas y las de las posibilidades para ejecución del ensayo.

Así debe tomarse en consideración la circunstancia de que el ensayo previo con verificación geométrica completa, es bastante largo y no está al alcance de todos los talleres, pues, para su realización es necesario disponer de apropiados instrumentos de medición, saber utilizarlos e interpretar sus resultados. Normalmente sólo están en condiciones de realizarlo con la seguridad suficiente en los talleres especializados en construcción o reconstrucción de máquinas o en las grandes fábricas con adecuado servicio de mantenimiento. Esta es una de las razones que ha motivado la adopción de pruebas prácticas por medio de ensayos de carga, previendo para cada tipo de máquina la ejecución de un determinado número de piezas escogidas especialmente para que se ponga de manifiesto las posibilidades de la máquina en cuanto a operaciones (tolerancias) precisas y terminación de la pieza ejecutada. El ensayo debe realizarse en condiciones corrientes y normales para el usuario en cuanto a utillaje y operario se refiere. Los ensayos se deben realizar en máquinas puestas en sus cimientos y con la nivelación correcta, funcionando a la temperatura de régimen y con operaciones de acabado. (ver complemento)

Dentro del ensayo en vacío o previo, las verificaciones geométricas tienen un lugar destacado y consisten principalmente en la determinación de planitud, rectitud de guías y ejes y las posiciones relativas de los elementos geométricos (perpendicularidad, paralelismo, etc.).

Las pruebas se realizan cuando las máquinas ya están instaladas en su cimentación con la nivelación correspondiente y después de hacer marchar la máquina hasta alcanzar la temperatura normal de funcionamiento.

El orden de ejecución de las distintas pruebas está previsto de modo tal que se elimine la acumulación de errores.

Los límites de error admisibles están fijados en relación a las posibilidades y medios de trabajo con que se cuenta.

Las revisiones técnicas periódicas se ejecutan de acuerdo con los plazos de un gráfico confeccionado con anterioridad. Las revisiones técnicas periódicas consisten en:

- Inspección exterior.
- Limpieza o lavaje.
- Comprobación de la precisión, de capacidad, de presión, etc.
- Lubricación.

Durante las revisiones técnicas en la máquina se realiza:

- Inspección exterior.
- Desmontaje parcial.
- Comprobación del funcionamiento de todos los mecanismos.
- Verificación de la regulación de los mismos.
- Arreglo o cambio de las piezas de sujeción.
- Estudio de estado y grado de desgaste de toda la máquina y de sus compuestos por separado.

Los resultados de la revisión se anotan y partiendo de éstos se establece la fecha de la siguiente revisión (reparación y su clase).

La comprobación de la precisión de la máquina se realiza de acuerdo a normas vigentes, (ver complemento).

#### 7.1.4 REPARACION GENERAL POR RECORRIDA DE UNA MAQUINA O EQUIPO

Consiste en un reacondicionamiento "a cero hora" en base a una recorrida completa y verificación de cada pieza: que puedan sufrir desgaste o avería a fin de repararlas, modificarlas con el ajuste, asentamiento y acabado necesario, para el correcto funcionamiento de la máquina o equipo (ver complemento).

La recorrida general se realiza cuando se ha cumplido el "límite de vida útil" con la finalidad de restituir un nuevo límite de vida útil de la maquinaria o equipo y de este modo restablecer su rendimiento productivo y eficiencia pues ambas cualidades afectan la cantidad y calidad de la producción.

Las recorridas se pueden efectuar de manera total, progresiva o continua, según convenga en función a la naturaleza, estructura de la máquina o equipo y al tiempo de paro disponible o posible (ver cuadro 8).

RECORRIDA GENERAL	CONSISTE EN REALIZAR LA RECORRIDA	SE APLICA PRINCIPALMENTE A	TIEMPO DE PARO
TOTAL	De una sola vez	Máquinas compactas, pesadas, de difícil desarme o de reposición como motores.	Tiene el mayor tiempo continuado de paro y requiere el desarme casi total de la unidad.
PROGRESIVA	Por partes y sucesivamente	Máquinas y equipos en bloques que permiten fácil separación de sus partes.	El tiempo de paro es escalonado, el desarme es parcial y permite la reparación previa con sustitución de las partes.
CONTINUA	En numerosas ocasiones por partes y sucesivamente	Máquinas y equipos con muchas acciones y cuyas partes son fácilmente separables y no se influyen entre ellas por desgaste ni en las coordenadas.	El tiempo de paro es mínimo y más fácil de hacer coincidir con los períodos de menor necesidad en producción.

Cuadro 8 - Recorrida General.

7.1.4 PROCESO

El proceso de recorrida general consiste en disponer los trabajos e inspecciones necesarias, según una secuencia lógica con el fin de obtener todas las piezas, conjuntos y grupos aptos (o sea dentro de las tolerancias y condiciones exigidas) para lo cual será necesario reparar o modificar y una vez montadas o armadas, verificar su funcionamiento.

El proceso consiste en: (ver Fig. 13)

1. Preparar.

Para controlar y manipular las piezas deben estar perfectamente limpias y exentas de oxidación, concreciones, grasa, suciedad, etc., se utilizan distintos medios para efectuar la limpieza: vapor, solvente, detergentes, etc. Además deben estar separadas en partes de modo tal que sea factible su inspección adecuada.

2. Inspeccionar:

El objeto de la inspección es establecer fehacientemente el estado de las partes constitutivas. Como resultado de la inspección, las piezas se clasificarán en: piezas aptas, piezas reparables, piezas no aptas, piezas modificables; las piezas no aptas deben ser reemplazadas por otras aptas (reposición).

3. Reparar:

Las piezas averiadas reparables (y en caso que sea conveniente) debe recuperárseles.

4,5 y 6.- Armar parcial, totalmente y Verificación técnica.

Con estas operaciones se deja la máquina en condiciones de puesta nuevamente en servicio.

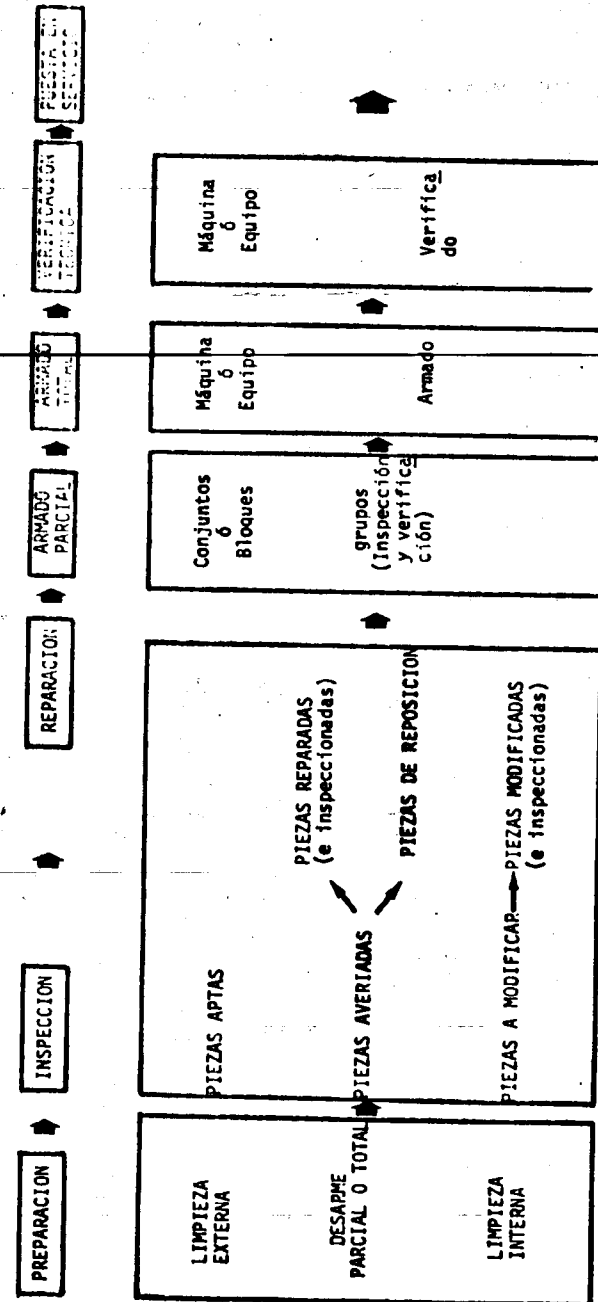


Fig. 13 - Proceso de mantenimiento de una máquina o equipo.

7.1.5 RECORRIDAS SISTEMATICAS

Puede efectuarse el mantenimiento preventivo por medio de recorridas sistemáticas y se aplica a:

- Recorridas de lubricación.
- Mantenimiento del sistema de lubricación.
- Mantenimiento de circuitos hidráulicos.
- Mantenimiento de los sistemas de refrigeración de corte.
- Recorridas mecánicas de estado y ajustes: cojinetes, engranajes, guías, acoples, correas, etc.
- Limpieza de máquinas, equipos e instalaciones.

7.1.5.1 RECORRIDA SISTEMATICA PARA LA LUBRICACION DE UNA INSTALACION

La recorrida sistemática se puede realizar siguiendo un proceso en el que intervienen: (ver figura 14).

- Estudios y Administración.
- Supervisor.
- Engrasador.
- Administración.

Los cuales ejecutan el trabajo según los siguientes pasos:

- Preparar el trabajo.
- Programar.
- Realizar el trabajo.
- Controlar.

OPERACION	M A N T E N I M I E N T O			
	ESTUDIOS Y ADMINIS.	ENGRASADOR	SUPERVISOR	ADMINISTRACION
PREPARA	1.- Ordena-Programa 2.- Autoriza:MO. y Mat.		3.- Ajusta	
EJECUTA		4.- Se entera 5.- Realiza 6.- Informa		
VERIFICA			7.- Controla	
DOCUMENTA				
CONTROLA				9.- Costos

Fig. 14 Recorrida sistemática para la lubricación de una instalación

### Preparación del trabajo

El trabajo se prepara en base a la documentación provista con la máquina, a la información de los lubricantes que se pueden adquirir y a la experiencia de los preparadores.

La documentación que se suele consultar es la siguiente:

- Las instrucciones del fabricante de la máquina.
- Las instrucciones de una empresa especializada en lubricantes.
- Las tablas de equivalencias entre las distintas marcas de lubricantes.
- Las normas y especificaciones.

Se aplica como criterio general: evitar las variantes innecesarias, en cuanto a marcas y tipos de aceites, etc., con el fin de simplificar el trabajo, disminuir los stocks, etc.

Con los datos suministrados por la documentación, se debe confeccionar la Ficha de Lubricación por máquina con indicación de:

- Puntos de engrase.
- Tipo de lubricante a emplear en cada punto de engrase.
- Modo de operar para realizar la lubricación correcta.
- Precauciones especiales, cuidados, normas, etc.
- Frecuencia de engrase.

Los puntos de engrase, por lo general, están indicados en croquis suministrados por la casa constructora, (ver complemento).

El tipo de lubricante a emplear en cada punto de engrase, también están indicados en los croquis; aunque suele ser necesario realizar reemplazos si la máquina o equipo es de origen extranjero. Para realizar este reemplazo se suelen utilizar tablas de equivalencia entre las distintas marcas de lubricantes y normas.

El modo de operar para realizar la lubricación correcta, así como las precauciones especiales, cuidados, normas, etc., se debe realizar de acuerdo al equipo que se disponga y siguiendo las prácticas más convenientes.

### La frecuencia de engrase se determina:

Por las necesidades como: consumo, renovación para evitar envejecimiento de lubricantes, características técnicas, etc.

Por el tiempo de funcionamiento, es importante determinarlo en las máquinas, pues se considera tiempo normal para determinar la necesidad de lubricación por este concepto, que en una semana de pleno trabajo (1 turno) las máquinas funcionen 40 hrs.

Cuando las máquinas funcionan dentro de un mínimo de 20 hrs. y un máximo de 80 hrs., por regla general se estima que también requieren una lubricación normal y que por debajo o por encima de estas horas se debe ajustar la lubricación.

Los tiempos mínimos o máximos calculados en una semana de pleno trabajo, de 40 hrs. pueden ser modificados para amoldarlos a las condiciones de fabricación. Como regla general, se cree conveniente señalar un número de 20 hrs. y un máximo de 80 hrs.

Para las frecuencias de engrase distintas de las semanales (mensuales o trimestrales o anuales) se introducirá oportunamente en las fichas semanales la orden de ejecución. Para asegurar una distribución regular de las operaciones anuales y también prevenir un paro demasiado largo de una máquina, sólo se especifica una operación anual para cada máquina cada semana, a fin de permitir que todas las demás frecuencias puedan llevarse a cabo cuando se precisa; todas las frecuencias que no sean semanales deben repartirse, de este modo el engrasador no tiene que parar la máquina durante mucho tiempo.

Como regla general se toma un total diario de 8 hrs., a partir de éste se pueden calcular las frecuencias simplemente multiplicando por 8 el número de días requeridos.

### Programación

Los datos por lo general se extraen de la "ficha de lubricación" y el recorrido se determina en base a:

- Calcular el número de máquinas que requieren un engrase con frecuencia semanal que podrá atender el engrasador durante una semana.
- Considerar a este grupo de máquinas como una unidad separada.
- Dibujar la parte del taller donde se deberá prestar el servicio.
- Estudiar el recorrido determinando el orden en que se realizará el engrase.
- Asignar a cada máquina un número de orden (para ayuda del engrasador) y facilitar la confección de la "hoja de ruta".
- Dividir el taller en otros grupos hasta que toda la instalación quede incluida en el sistema.

En base a estos datos y los que suministran las inspecciones, se realiza el programa cuidando producir el menor paro posible.

### La máquina

Se debe señalar en la máquina, cada punto de engrase por medio de signos normalizados: círculos, triángulos, cuadrados, etc., colores y números, con el fin de indicar el tipo de lubricante y la frecuencia.

- Determinación del lugar en que se encuentra la máquina.
- Frecuencia de la lubricación.
- Tipo de lubricante.
- Instrucciones para la lubricación de la máquina.

Colocar una ficha de lubricación en la máquina y otra igual queda en poder del operario encargado del engrase.

### El engrasador

El engrasador se debe enterar con la debida anticipación del trabajo, debe realizarlo y registrar:

- El número de la máquina atendida.
- Cantidad global y tipo de aceite utilizado.
- Observaciones.

Cuando descubra averías en el sistema de lubricación, efectuar las reparaciones necesarias como: reparar o adecuar engrasadores, renovar cartuchos filtrantes, reparar grifería. Para lo cual será preciso asignar el tiempo y materiales que necesitó.

Cuando la avería se presente en la bomba de engrase, etc. se debe informar al mantenimiento mecánico.

Para realizar adecuadamente su trabajo, el engrasador debe estar informado en cuanto a:

- Qué máquinas se han de engrasar.
- Qué puntos de estas máquinas se han de engrasar.
- Cuáles son los lubricantes y su cantidad.
- Las herramientas que se han de emplear: llaves, destornilladores, aceiteras, etc.
- Si la lubricación debe efectuarse en marcha o con la máquina detenida.
- Si tiene sistema centralizado: qué puntos lubricar, cómo operar, inspecciones, control del depósito, etc.

Los cuidados en cuanto a la limpieza:

- Limpiar previamente lo que se va a engrasar.
- Limpiar siempre el carter cuando se vacía, renovar filtros, renovar todo el aceite o solamente agregarlo hasta un determinado nivel, etc.

Las precauciones de seguridad:

- Dejar la máquina con sus cubiertas colocadas; controlar la temperatura de los movimientos, etc.
- El tiempo acordado.

### El control

Los programas de recorrido deben entregarse diariamente; con anticipación de un día; asimismo, debe recogerse el del día anterior y tomar debida cuenta de las novedades que se presenten con el fin de adoptar las medidas correspondientes.

Puede adoptarse el método A.B.C. para control, con su correspondiente gráfico, A: atención preferencial; B: atención normal; C: atención postergable y realizar un análisis mensual o semanal de los trabajos correspondientes a A. Se entrega al jefe del operario supervisor que ha de efectuar la reparación y se lleva un control semanal o mensual de las órdenes entregadas y realizadas.

Además mensualmente se comprueban las discrepancias existentes entre la emisión de órdenes y la realización.

El supervisor del sistema, será responsable de la comprobación de que los informes sean veraces y deberá avisar al engrasador si es necesario lubricar las máquinas que hayan funcionado poco tiempo durante la semana o para que las que hayan funcionado en exceso, aumenten la frecuencia del engrase.

## 7.1.6 CONCLUSIONES

1. Para una correcta detección y prevención de averías es necesario adoptar un procedimiento, generalmente basado en inspecciones, verificaciones y trabajos.

El procedimiento a seguir es distinto según se aplica a:

- Piezas o elementos.
- Máquinas o equipos.
- Un servicio conjunto.

2. Para cada tipo de pieza o elemento se debe desarrollar una técnica apropiada de inspección, verificación y trabajos.
3. Para las máquinas y equipos, se verifican y ensayan, por lo general, según normas y especificaciones ya establecidas y en algunos casos con pruebas prácticas. Se aplican a la recepción puesta en marcha a lapsos establecidos o después de una reparación.

También se puede efectuar una "reparación general por recorrida", realizando un reacondicionamiento a "cero hora". La recorrida se realiza según las características propias de la máquina o equipo.

4. Para un servicio de conjunto, por lo general, se aplican recorridas sistemáticas que se realizan según un proceso consistente en: Preparar, Ejecutar, Verificar, Documentar y Controlar; con intervención de: Preparación del Trabajo, Supervisor, Ejecutor y Administración.

## 7.1.7 PREGUNTAS CONTROL

- En mantenimiento ¿qué aseguran las inspecciones, verificaciones y trabajos?
- Las inspecciones en cuanto a rodamientos ¿en qué consisten?, ¿qué se detecta?, ¿cómo se determinan las causas de averías?
- ¿Cuáles son los síntomas de las averías de los rodamientos y cuáles son sus causas?
- ¿Cuándo se verifican las máquinas herramientas?, ¿en base a qué se realiza la verificación?, ¿qué permite detectar?, ¿qué tipos de ensayos se emplean?, ¿qué ponen en evidencia?
- El ensayo práctico ¿qué ventajas tiene?
- ¿Quiénes están en condiciones de realizar los ensayos con la suficiente seguridad?
- ¿Cómo se realizan los ensayos en vacío y cómo los ensayos en carga?
- ¿En qué consiste un reacondicionamiento a "cero hora"?
- ¿Cuándo se realiza la recorrida general y con qué finalidad?
- ¿Cómo se pueden efectuar las recorridas, según qué y cuál es el proceso?
- Las recorridas sistemáticas ¿a qué se aplican?
- En la recorrida sistemática para la lubricación ¿quiénes intervienen y cuáles son los pasos a seguir?, ¿cómo se prepara el trabajo?, ¿cómo se determina la frecuencia de engrase?, ¿cómo se efectúa la programación?, ¿qué se debe realizar en la máquina?, ¿qué debe realizar el engrasador?. El control ¿cómo se realiza?, ¿cuál es la misión del supervisor del sistema?



BIBLIOGRAFIA

- Filosofía y Técnica del Mantenimiento Preventivo  
Raúl E. Tizio, Edit. SADOI.  
Buenos Aires, Argentina.
- El Mantenimiento Preventivo,  
C. Maldonado, Edit. INDEX.  
Madrid, España
- Fundamentos de la Teoría y del Cálculo de Fiabilidad,  
B. Sotkov, Edit. MIR,  
Moscú, U.R.S.S.
- Fundamentos de la Teoría de Envejecimiento de las Máquinas, A.I.  
Seliva, Nov.; Edit. MIR,  
Moscú, U.R.S.S.
- Guía del Jefe de Mantenimiento,  
A. Perier,  
Edit. Dirección y Productividad.,  
Barcelona, España.
- Trabajos de Taladrado.,  
Pedro Sanz, Edic. CEAC.  
Barcelona, España
- Effective Maintenance Management. E.T. Newbrauch,  
Edit. McGraw-Hill,  
Book Company, New York.

**COMPLEMENTO**

**METODOLOGIA PARA LA SELECCION  
Y  
DETERMINACION DE MEDIDAS CORRECTIVAS DE  
DEFECTOS.**

## INTRODUCCION

Considérase defecto, al fallo que se presenta por incumplimiento de las especificaciones y normas aceptadas.

El control permite detectar las anomalías que aparecen, siendo posible por este medio la obtención del diagnóstico del defecto.

De ordinario, se presenta el problema de tener que adoptar las medidas correctivas adecuadas para prevenir, eliminar o por lo menos disminuir la importancia de los defectos, situación similar, en cierta manera, a la del médico que debe diagnosticar la enfermedad y luego establecer el tratamiento, en base al repertorio de medicamentos y medios existentes teniendo en cuenta sólo los que son posibles al enfermo y dentro de ellos los más convenientes.

Se hace necesario, pues, la aplicación de un procedimiento racional y metódico que, dentro de ciertos límites, haga posible la selección de la acción correctiva más conveniente para cada caso particular. Esta finalidad sólo se satisface empleando procedimientos que se basan en reglas generales, así como en principios de orden superior aplicados según un riguroso razonamiento.

El establecimiento del camino a seguir para alcanzar el objetivo se logra desarrollando una metodología apropiada que para los casos importantes y complejos permita racionalmente seleccionar y determinar las medidas correctivas propias, adecuadas a las disponibilidades, circunstancias y medios existentes.

Para los casos poco importantes y/o simples, proceder metódicamente también facilita y asegura la obtención de resultados óptimos.

Para conocer qué sucede y obtener una información útil con respecto a los defectos, es necesario llevar un registro de los acontecimientos suficientemente importantes para obtener conclusiones que sirvan de guía para las futuras acciones.

De estos registros se puede deducir que podemos encontrarnos frente a cualquiera de las cuatro siguientes situaciones:

**Caso A** - Determinar las medidas correctivas óptimas para un defecto que aparece en una determinada pieza.

**Caso B** - Determinar las medidas correctivas óptimas para un defecto que aparece en distintas piezas.

**Caso C** - Determinar las medidas correctivas óptimas para distintos defectos que aparecen en una misma pieza.

**Caso D** - Determinar las medidas correctivas óptimas para distintos defectos que aparecen en distintas piezas.

Para el desarrollo del método sólo se tendrá en cuenta el "Caso-A", debido a que los -- otras casos son similares y que presentan variantes que serán establecidas más adelante.

## 2. ENUNCIADO DEL METODO

El método a desarrollar consiste en adaptar rigurosamente el siguiente proceso o marcha:

- 1° - Identificar lo más fehacientemente posible, con la debida distinción, el defecto en cuestión. (La identificación).
- 2° - Establecer ordenadamente todas las acciones que tiendan a evitar el defecto. (Las acciones).
- 3° - Determinar los factores restrictivos que influyen en las acciones. (Las restricciones).
- 4° - Confrontar, uno con uno, cada factor restrictivo con cada acción. Aquellas acciones no compatibles serán consideradas no posibles para nuestro caso.
- 5° - Establecer los datos correspondientes a las acciones restantes. (Los datos).
- 6° - Confrontar nuevamente, una con una, las acciones restantes con los datos, eliminando las acciones restantes no compatibles con los mismos. Las acciones que quedan son las soluciones posibles.
- 7° - Discutir las soluciones posibles para establecer la conveniencia y el orden de aplicación de las mismas. (La discusión).

Continuamos, pues, con un análisis de los pasos enunciados.

## 3. LA IDENTIFICACION

La falta de identificación acarrea consecuencias que conducen a un estado de desorden y confusión, mientras que los procedimientos adecuados de identificación permiten eliminar riesgos de errores perjudiciales, malos entendidos, discusiones y pérdidas de tiempo.

Mediante la identificación se establecen, para cada defecto, ciertas atributos que los ha

con reconocibles, precisándolas de manera constante. Se trata, pues, de un procedimiento generador de orden.

Existen diversos procedimientos para la identificación. Son mejores los que dejan establecida, con plena evidencia, la identidad y la clara correspondencia entre el defecto y su denominación.

Esencialmente, la identificación se basa en:

- 1.- Adoptar una clasificación correcta que establezca las pautas de ordenamiento.
- 2.- Adoptar una nomenclatura y denominación adecuadas para la mejor distinción y fijación de las variantes.
- 3.- Establecer una correcta descripción para las variantes de los defectos.

### 3.1. CLASIFICACION DE LOS DEFECTOS.

Los defectos de fundición pueden clasificarse en base a efectuar una división aplicando: un solo criterio o fundamento, o varios criterios combinados.

Los fundamentos de mayor empleo son los basados en:

- La naturaleza del defecto
- El origen del defecto
- Las causas del defecto.

Se infiere que es posible establecer varias clasificaciones.

Clasificación según la naturaleza del defecto.

En primera instancia es posible agruparlos en:

- Defectos con manifestaciones exteriores.
- Defectos ocultos.

Esta clasificación está dirigida a establecer una identificación más fácil de los defectos; de ahí, la conveniencia de su aplicación en Mantenimiento.

Clasificación según su origen.

Está basada en las operaciones y medios empleados por los cuales se pueden originar defectos durante la fabricación o utilización de las piezas o elementos.

Se les suele agrupar según:

- Diseño
- Obtención
- Explotación.

Esta clasificación facilita la localización por la determinación de donde se origina el defecto, con el fin de evitar la repetición de los mismos.

Clasificación según las causas de los defectos.

Ciertas propiedades físicas, químicas y estructurales de los elementos en juego, así como las condiciones a que están sometidos; cuando no cumplen con lo requerido son causantes de defectos.

Se los suele agrupar según:

- Propiedades físicas, químicas y estructurales no acordes.
- Condiciones adversas.

La clasificación según las causas es adecuada para su aplicación a los estudios de orden teórico, ya que permite un agrupamiento lógico en cuanto a los fenómenos generadores de defectos se refiere.

Además existen otras clasificaciones base de estudios teóricos sobre defectos.

### 3.2. NOMENCLATURA, DENOMINACION Y DESCRIPCION

La nomenclatura y denominación adecuadas son las que permiten una correcta distinción y fijación de las variantes significativas.

Existen indicios tales como: la forma, aspecto, orientación, cantidad, tamaño, extensión, ubicación, intensidad, que caracterizan a cada defecto y que establecen la distinción que existe entre ellos; para lo cual, es necesario describirlos claramente y con cierto grado de precisión.

Cada uno de los indicios importantes que caracteriza al defecto, debe ser descripto, y resulta de más valor si se emplea sólo una determinada terminología en base a adaptar términos y la definición de los mismos; pues de este modo proporciona siempre la misma información y no está sujeta a interpretaciones erróneas.

Por otra parte, es conveniente reunir ordenadamente las descripciones de los indicios correspondientes a un determinado defecto, acompañadas de las correspondientes figuras, fotografías, etc., o fin de establecer la identificación del defecto.

Agrupando estas descripciones de los defectos con denominación numérica, se obtiene un clasificador que tiene la ventaja de orientar rápidamente, por cuanto presenta ordenada

mente, para cada tipo de defecto, las variantes correspondientes.

En cuanto a la denominación numérica es posible asignar un número que corresponda a cada indicio o característica, obteniéndose de este modo una cifra propia para cada defecto, y además permiten reproducirlas invariablemente siempre que intervienen tales características.

Constituye el procedimiento más adecuado por las siguientes ventajas:

- Por la elasticidad para alcanzar el grado de detalle necesario.
- Por su uso en series continuas, prácticamente sin límites.
- Por ocupar su anotación espacio reducido.
- Por la claridad y facilidad en la lectura.
- Por la rapidez en el registro, enunciación y transcripción, además de la sencillez en la confrontación.
- Por facilitar la agrupación por características similares y por ende, la investigación y detección de determinados aspectos, circunstancias, etc.
- Por la facilidad mnemotécnica.
- Por la facilidad en controles estadísticos.

### 4. LAS ACCIONES

La experiencia y la investigación han establecido las causas que originan los defectos y las acciones que permiten contrarrestarlos.

1. Acciones que disminuyen o eliminan las causas que originan los defectos.

2. Acciones que facilitan la eliminación de los factores que originan las causas.
3. Acciones para reforzar las zonas débiles.
4. Acciones en base a modificar métodos, sistemas y otras.
5. Otras acciones.

### 5. LAS RESTRICCIONES

Las "restricciones" son las condiciones que limitan el desenvolvimiento de las acciones que por lo general, no está al alcance de quien ejecuta las acciones o modificarlas.

Como guía para la posible detección de las restricciones se agrega la siguiente lista y el examen de la misma puede sugerir las correspondientes o propias del caso que se estudia.

- 1- Limitaciones debidas al diseño.
- 2- Limitaciones del equipo existente y/o empleo de medios no disponibles que tienen relación con el caso tratado.
- 3- Limitaciones en cuanto a los procedimientos.
- 4- Limitaciones de orden económico.
- 5- Limitaciones de orden financiero.
- 6- Limitaciones de orden técnico.
- 7- Limitaciones de tiempo.
- 8- Cantidad de piezas.
- 9- Otras.

### 6. LOS DATOS.

Llamaremos datos a las acciones realizadas o a sus resultados.

Los datos a consignar en la aplicación del método deben ser solamente los necesarios y suficientes.

Para evitar los gastos innecesarios es conveniente obtener solamente aquellas datos referentes a las acciones restantes al confrontamiento entre las acciones y las restricciones, de modo tal que si una de las acciones restantes consiste en efectuar una determinada operación, el dato correspondiente deberá consignar si esta operación ya se realiza y en tal caso, en qué condiciones se efectúa.

IDENTIFICACION:		RESTRICCIONES:	
X -		R 1	
X -		R 2 -	
X -		-	
X -		R n -	
DATOS		EA ACCIONES	NO por
D 1 -		A 1 -	
D 2 -		A 2 -	R 1
D 3 -		A 3 -	
-		A 4 -	D 3
D n -		A n -	

Figura 16

## 7. PROCEDIMIENTO.

Para seguir el método ya enunciado es conveniente, sobre todo en los casos complicados, proceder de la siguiente manera:

- 1.º- Disponer la identificación, acciones, restricciones y datos como lo indica la figura 16.
- 2.º- Identificado el defecto XXXX, establecer el listado de acciones.  
A1, A2, ..... An (consultando antecedentes).
- 3.º- Determinar las restricciones convenientes (consultando el listado correspondiente).
- 4.º- Confrontar cada restricción R1, R2, ..... Rn con cada acción A1, A2, ..... An anulando aquellas que no son posibles, por ejemplo la A2.
- 5.º- Establecer los datos D1, D2, ..... Dn, correspondientes a las acciones A1, A3, A4, etc.
- 6.º- Confrontar cada dato D1, D2, ..... Dn con cada acción A1, A3, A4, etc., anulando aquellas que ahora no son posibles, por ejemplo la A4.
- 7.º- Discutir las soluciones posibles A1, A3, An.

## 8. DISCUSION DE RESULTADOS

El número de acciones posibles está relacionado con el número de acciones que tienden a evitar el defecto, compatibles con las restricciones y las acciones ya adaptadas (datos).

De la aplicación de esta confrontación puede resultar que son aplicables: ninguna, una,

dos, o más acciones posibles.

- Si ninguna acción es posible, significa: que es necesario modificar o revisar las restricciones.
- Si sólo una acción es posible, significa: que la acción es única, salvo que se modifiquen las restricciones.
- Si dos o más acciones son posibles, significa, según el caso:
  - Que deben aplicarse simultáneamente las dos acciones, o,
  - Que deben aplicarse simultáneamente parte de las acciones, para lo cual hay que determinar y aplicar la, o las soluciones óptimas.

## 9. GENERALIZACION DEL CASO A

- Caso B - El tratamiento es similar al Caso A, salvo que en el rubro "datos" deberán consignarse los correspondientes a las distintas piezas.
- Caso C - Deberá procederse con cada uno de los distintos defectos como en el caso A. Para la discusión de resultados únicamente, se deberán tener en cuenta los comunes.
- Caso D - Deberá dividirse en tantos casos (A, B, C) como convenga, y se debe adaptar la discusión de resultados que corresponda.



COMPLEMENTO:  
VERIFICACION DE  
MAQUINAS HERRAMIENTAS  
(ESPECIFICACIONES-NORMAS-CERTIFICADOS)

lab  
mal  
se  
otuborg lab  
A

## 1. INTRODUCCION

La evolución tecnológica, en general, tiende a la reducción de tiempos de producción y al aumento del grado de precisión de las piezas en cuanto a:

- El producto, pues se deben realizar cada vez mayores aplicaciones de mecanismos que operan en maquinarias que deben funcionar a una velocidad cada vez mayor.
- La obtención de productos, para reducir los tiempos de producción y aumento del grado de precisión.

Por ende, se hace necesario disponer de máquinas cada vez más potentes y sumamente precisas, pues, si bien el aumento de producción tiene un carácter fundamentalmente económico, requiriendo medios adecuados a tal fin, la precisión del producto determina la precisión de la máquina-herramienta a emplear, cuanto más estrechas sean las tolerancias de las piezas a fabricar tanto mayor deberá ser la precisión de la máquina correspondiente.

## 2. LA PRECISION

Debido a la imposibilidad de construir cualquier pieza con absoluta exactitud se entien-

de por precisión o exactitud de la pieza o máquina al grado de aproximación al prototipo geométricamente correcto. La precisión en general, es una de las características de más difícil y onerosa obtención.

La medición de la exactitud consiste en determinar la desviación o el valor real referido al valor teórico. Este valor será aceptable si está comprendido dentro de los valores o desviaciones toleradas, de aquí la necesidad del establecimiento previa de las desviaciones toleradas a las mediciones de las exactitudes.

La diferencia entre la precisión de la pieza y la máquina reside en que en la pieza los índices de exactitud se refieren a sus superficies, mientras que en la máquina los índices se refieren a las superficies operativas pertenecientes a las diferentes piezas de la máquina relacionadas unas con otras.

Debido a que las máquinas realizan su trabajo efectuando movimientos relativos entre sus superficies operativas uno de los criterios fundamentales que caracterizan la exactitud de la máquina es: la precisión del movimiento relativo de las superficies operativas.

Luego, por exactitud del movimiento relativo se entiende al grado de aproximación entre la ley teórica del movimiento elegido y la ley real del movimiento de las superficies operativas. Por otra parte, existen en algunas cosas índices de exactitud que caracterizan la exactitud del movimiento relativo y cuyo mantenimiento dentro de los límites tolerados asegura el correcto funcionamiento del mecanismo, por ejemplo, en los reductores de engranajes mantener la relación de transmisión entre límites relativamente estrechos.

En general, la exactitud de la máquina puede depender de los siguientes índices fundamentales:

- 1.- Exactitud de los movimientos relativos de las máquinas.
- 2.- Exactitud en las distancias entre superficies operativas a sus sustitutos (montajes adicionales, accesorios, etc.).
- 3.- Exactitud en los giros relativos.
- 4.- Exactitud en las dimensiones, geometría, terminación de las superficies operativas.

Además de la exactitud, existen otros índices de calidad que se refieren a las propiedades físico-mecánicas y físico-químicas que comprendan los valores y tolerancias requeridas en resistencia, tracción, flexión, torsión; resiliencia, dureza, resistencia al desgaste, corrosión, etc. y también otros índices tales como el rendimiento que caracterizan -- tanto el diseño como a la fabricación; son estos: la productividad; el consumo de lubricantes, combustibles, etc., la mantobrabilidad, la facilidad de operación, etc.

Las causas de desviaciones en los movimientos relativos de las superficies operativas son las debidas al diseño y las debidas a la construcción y explotación por:

- Asignación incorrecta de: materiales, tratamientos térmicos, tolerancias, durezas, etc.
- Aplicación de leyes aproximadas en lugar de las exactas.
- Aplicación de métodos de cálculo aproximadas en lugar de las exactas.
- Deformaciones debidas a rapidez insuficiente en las piezas y en las uniones por acción de las fuerzas actuantes, desequilibrios dinámicos, temperatura, redistribu-

ción de tensiones internas.

- Régimen mal asignado

- Errores: en la fabricación de piezas, de montaje, en la regulación, en el mantenimiento (lubricación, etc.)

- Condiciones de trabajo desfavorables.

### 3. CALIDAD DE LA MAQUINA

Para que una máquina realice económicamente un trabajo es necesario que posea la calidad correspondiente de donde debe entenderse por "calidad de la máquina" al conjunto de propiedades que determinan la posibilidad de realizar el trabajo correspondiente a una categoría determinada.

Es posible determinar la calidad de una máquina estableciendo si están dentro de tolerancias el conjunto de índices que caracterizan la misma. Este conjunto de índices llevan el nombre de especificaciones y normas de exactitud para la recepción o control de las máquinas.

En general, los índices fundamentales de la calidad se refieren a la fiabilidad, longevidad, durabilidad, precisión, productividad y seguridad en el trabajo determinadas por:

- La calidad y estabilidad de la producción efectuada por la máquina.

- La capacidad de mantener la calidad dentro de las tolerancias.

- La capacidad de producir económicamente dentro del tiempo.

- El rendimiento, grado de mecanización y automatización.

- La comodidad y sencillez durante el servicio y el mando, nivel de ruido, etc.

El establecimiento de los índices adecuados es un problema de la mayor importancia desde el punto de vista de la calidad y economía. Los índices adecuados están dados por las tolerancias óptimas que en general, se establecen en base a cálculos técnico-económicos y a la adopción de criterios de conveniencia correctos.

Si se trabaja con tolerancias más restringidas que la óptima en los índices de calidad, no se aumenta la calidad, posiblemente la máquina trabaje mejor desde el punto de vista técnico pero se elevan considerablemente los gastos de fabricación de la máquina y también los gastos de explotación por requerirse un mantenimiento más frecuente. Si por el contrario se amplían las tolerancias los resultados técnicos pueden resentirse con consecuencias económicas desfavorables.

Los ejemplos que se presentan a continuación pueden ilustrar adecuadamente algunos de los conceptos vertidos:

En ciertas máquinas es necesario asegurar determinados valores dentro de un límite estrecho; como por ejemplo, en los reductores rápidos a engranaje para desviaciones relativamente pequeñas de la relación de transmisión, presentarán, en el funcionamiento, un nivel inadmisiblemente de intensidad de ruido y además un desgaste acelerado del mecanismo, pasando desde un servicio incorrecto hasta la inutilidad del mecanismo.

Las tolerancias de las partes: una para cubrir las necesidades en cuanto a la fabricación de

la máquina se refiere y otra para las posibilidades de desgaste durante su explotación.

Veamos un ejemplo:

Para un compresor a pistón, de 80 mm de diámetro del pistón se aprobó que la holgura no debe pasar de los límites 0.093 - 0.7 mm puesto que fuera de estos límites, se altera el trabajo normal y económico del compresor. En el límite menor (0.093) por la posibilidad de compensar las deformaciones térmicas diferenciales que sufren el émbolo y el cilindro pues alcanzan distintas temperaturas; las deformaciones debidas a los esfuerzos; las variaciones de volumen y deformaciones que sufren los materiales; etc. Con el consiguiente peligro de engrane, trabajo pesado, raturas, etc. si la luz entre cilindro y pistón no es suficiente para compensar estas posibles deformaciones.

En el límite mayor (0.7) por la pérdida de productividad debidas a las fugas, aumento de consumo de lubricante, etc. Si se tiene en cuenta que el desgaste normal funcionando 4500 hs. al año es de 0.08 a 0.12 mm se verá que la holgura de 0.1 permite un funcionamiento normal de 5-6 años; mientras que una holgura de 0.6 mm sólo permitirá un funcionamiento normal de aproximadamente 1 año.

Es necesario pues, realizar una verificación escrupulosa de toda la máquina instalada y aún de control después de cierto uso de las mismas. La verificación debe realizarse en base a normas aceptadas de común acuerdo, entre fabricante y usuario, a fin de establecer la correspondencia entre los requisitos exigidos de precisión y funcionamiento. Las normas que se suelen aplicar no se pueden considerar de uso universal debido a los diver-

sas intereses en juego, a opiniones opuestas y a criterios dispares que se desean aplicar en la verificación.

Para ciertos componentes, máquinas, motores, compresores, etc. se han establecido normas de carácter nacional, internacional, etc. de entre ellas se pueden citar:

- Manual para verificación de máquinas herramientas de Schleisinger.
- Recepción y verificación de máquinas herramientas de Salmón
- Instituto de Racionalización del Trabajo (España) ha publicado normas como la UNE 15513 que se refieren a pruebas prácticas y las verificaciones geométricas para la recepción de taladoras fijas.
- Tablas UCIMU (Unione Costruttori Italiani Macchine Utensili).

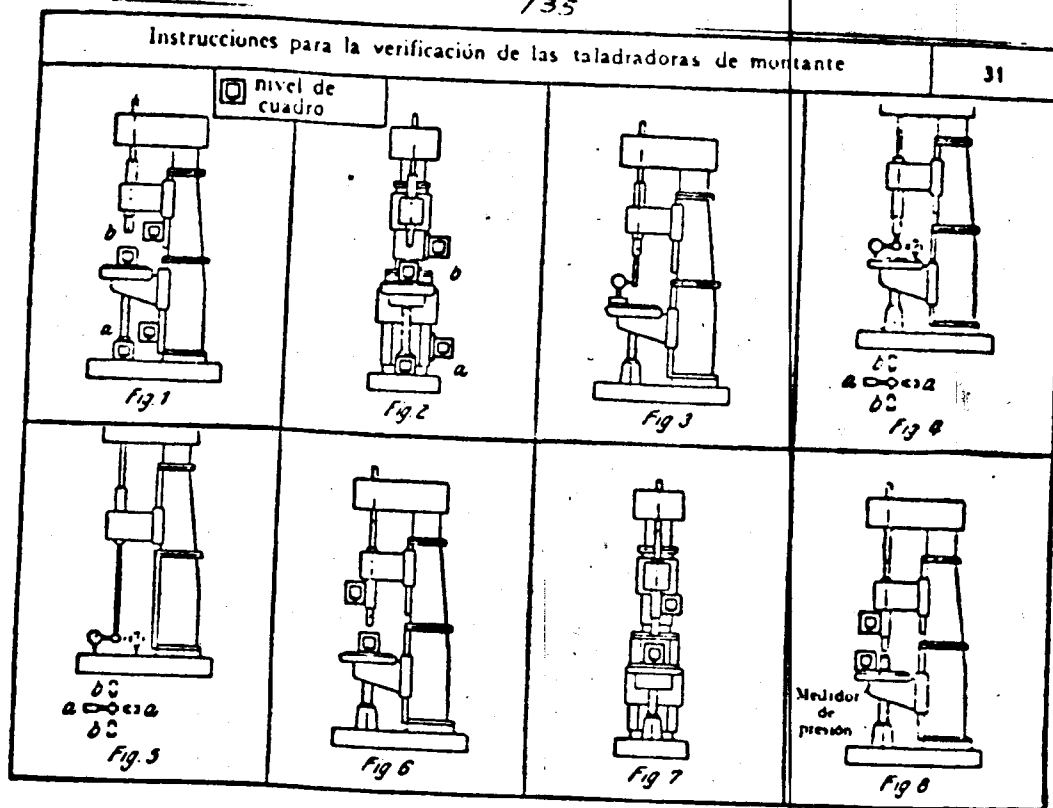


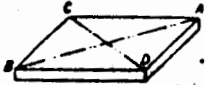
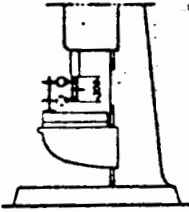
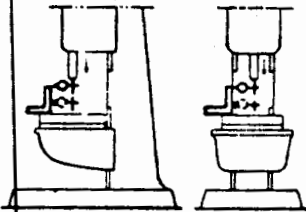
FIG. — Instrucciones para la verificación (según las normas U.C.I.M.U.) de máquinas-herramientas.

TABLA  
Presión axial para el taladrado  
(Acero de  $R = 50 + 60 \text{ kg mm}^2$ )

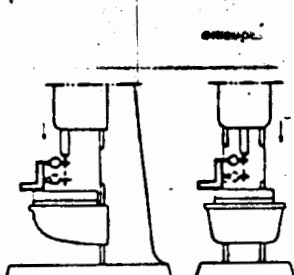
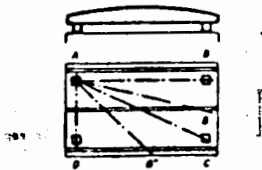
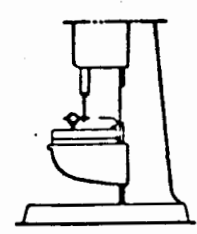
Diámetro de la broca, mm	Avance tipo, mm/vuelta	Presión de agujereado, kg
5	0,10	100
10	0,18	200
15	0,24	350
20	0,29	550
25	0,33	750
30	0,37	950
35	0,40	1.200
40	0,42	1.400
45	0,44	1.650
50	0,45	1.850
55	0,47	2.100
60	0,48	2.300
65	0,49	2.550
70	0,50	2.750
75	0,51	3.000

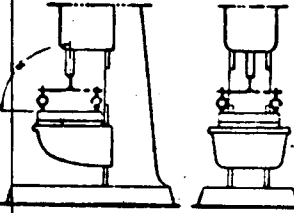
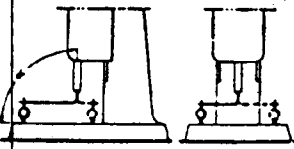
Certificado de verificación para taladradoras de columna			31
Casa suministradora... ..	Pedido núm. ....	Máquina núm. ....	
Naturaleza de la verificación	Fig.	Error admitido mm	Error comprobado
<b>Montante:</b> Perpendicularidad de las guías de la mesa portapiezas respecto a la base en el plano medio de la misma (las guías pueden estar inclinadas sólo en avances).	1a	de 0 a 0,05 sobre 300 mm	
Idem en el plano perpendicular al anterior.	2a	0,03 sobre 300 mm	
Perpendicularidad de la guía para el carro del husillo respecto a la mesa en el plano axial del husillo (la guía puede estar inclinada sólo hacia la mesa).	1b	de 0 a 0,05 sobre 300 mm	
Idem en el plano perpendicular al anterior.	2b	0,03 sobre 300 mm	
<b>Husillo y mesa portapiezas:</b> Oscilación transversal en la rotación del husillo medida sobre cilindro de prueba de 300 mm lon.	3	0,03	
Perpendicularidad del husillo respecto a la mesa portapiezas en el plano medio de la base (mediante rebatimiento <sup>1</sup> el husillo puede desviar sólo abajo, y hacia el montante). <sup>1</sup> Radio del rebatimiento 150 mm.	4a	de 0 a 0,05 sobre 300 mm	
Idem en el plano perpendicular al anterior.	4b	0,03 sobre 300 mm	
Perpendicularidad del husillo respecto a la base en el plano medio de la misma (mediante rebatimiento; el husillo puede desviar sólo abajo hacia el montante; el cuerpo durante la medición está colocado en la posición más alta).	5a	de 0 a 0,05 sobre 300 mm	
Idem en el plano perpendicular al anterior.	5b	0,03 sobre 300 mm	
Perpendicularidad del casquillo del husillo respecto a la mesa en el plano axial del husillo (el casquillo o manguito puede desviar sólo abajo hacia el montante; la verificación se realiza eliminando el contrapeso).	6	de 0 a 0,05 sobre 300 mm	
Idem en el plano perpendicular al anterior.	7	0,03 sobre 300 mm	
<b>Precisión de trabajo de la máquina:</b> Máximo empinamiento del husillo respecto a la posición perpendicular a la mesa, bajo una presión constante correspondiente al máximo diámetro de broca y al relativo avance según la tabla de la página 909 (durante la verificación el husillo y la mesa se sitúan a la mitad de sus guías).	8	1,0 sobre 1000 mm	
..... de ..... 19.....			El verificador Firma

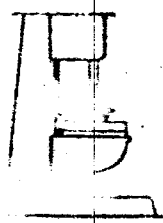
— Normas para la verificación geométrica  
de una taladradora fija, según la norma UNE 15513

N <sup>o</sup>	Objeto de la medición	Esquema	Procedimiento operativo	Tolerancias
1	Nivelación de la placa base o de la mesa de la taladradora		<p>Se coloca una regla de longitud apropiada según indica el esquema, y sobre la parte mecanizada de la placa base o de la mesa y en ambas direcciones diagonales AB y CD. Sobre el centro de la regla y en ambas posiciones se coloca un nivel anotando sus indicaciones.</p>	0,05 mm/m
2	Coaxialidad del cono interior del extremo del eje principal con dicho eje.		<p>Sobre el cono interior del extremo del eje principal se monta una barra torneada con toda precisión y con una longitud útil de 300 mm.</p> <p>Sobre la mesa se coloca un comparador de forma que su palpador ataque normalmente a la superficie cilíndrica de la barra anterior.</p> <p>Se gira suavemente el eje principal y se anotan las indicaciones del comparador:</p> <p>a) en las proximidades del cono b) a una distancia de 300 mm</p>	<p>a) 0,02 b) 0,03</p>
3	Rectitud del desplazamiento vertical del eje principal.		<p>Sobre la mesa se coloca una escuadra y sobre el eje principal se monta un comparador de forma que su palpador ataque normalmente a la superficie vertical de la escuadra. Además, la posición de la escuadra se regula de manera que las indicaciones del comparador, cuando el eje principal está en su posición alta y en su posición baja, sean las mismas.</p> <p>En estas condiciones se desplaza suavemente el eje principal en sentido vertical, y se anotan las indicaciones del comparador:</p> <p>a) en el plano vertical de simetría de la máquina b) en un plano vertical normal al de simetría</p>	0,06 sobre 300



N.º	Objeto de la medición	Esquema	Procedimiento operatorio	Tolerancias
4	<p>Rectitud del desplazamiento del cabezal móvil:</p> <p>a) en el plano vertical de simetría de la máquina</p> <p>b) en el plano vertical normal al de simetría</p>		<p>Sobre la mesa se coloca una escuadra y sobre el eje principal se monta un comparador de forma que su palpador ataque normalmente a la superficie vertical de la escuadra. Además, esta posición ha de regularse de manera que las indicaciones del comparador sean las mismas, tanto cuando el cabezal está en la posición alta como en la posición baja.</p> <p>En estas condiciones, se desplaza suavemente el cabezal y se fija en distintas posiciones intermedias, y en cada una de ellas, y sin girar el eje principal, se anotan las indicaciones del comparador.</p> <p>a) en el plano vertical de simetría de la máquina</p> <p>b) en el plano vertical normal al de simetría</p>	0.06 sobre 300
5	Planicidad de la superficie de la mesa		<p>Sobre uno de los ángulos A de la mesa se coloca un grueso patrón, y en el ángulo B, otro del mismo espesor, sobre estos dos gruesos se coloca una regla de precisión, y, por medio de otros gruesos patrón o de comparadores, se comprueba en diversos puntos, a lo largo de AB, la distancia entre la mesa y el borde inferior de la regla.</p> <p>Se repite la operación dejando el grueso patrón A en su sitio primitivo y colocando el grueso B en los puntos B', C, B'', D, sucesivamente, y en otros intermedios si fuera necesario, para así comprobar toda la superficie superior de la mesa.</p> <p>Se repite la operación dejando fijo el grueso patrón situado en B, y se hace que el grueso patrón situado en A ocupe sucesivamente las posiciones D, B', C, B''.</p>	0.05 sobre 500
6	Paralelismo de la superficie de la mesa en el movimiento giratorio de esta (cuando lo tienen).		<p>Sobre el extremo del eje principal se monta un comparador, cuyo palpador ataque perpendicularmente a la superficie superior de la mesa. Se hace girar lentamente esta, por lo menos, una vuelta entera, y se anotan las indicaciones del comparador.</p>	0.05 sobre 500 (de diámetro)

N.º	Objeto de la medición	Esquema	Procedimiento operativo	Tolerancias
7	Perpendicularidad del eje principal con la superficie de la mesa.		<p>Se fija un comparador al extremo del eje principal en la disposición que indica el croquis, y de forma que su palpador ataque normalmente a la superficie de la mesa, situando ésta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) en una posición alta</li> <li>b) en una posición intermedia</li> <li>c) en una posición baja</li> </ul> <p>En cada una de estas posiciones se hace la comprobación en un punto situado en el plano de simetría de la máquina, y después, y mediante un giro de 180° del eje principal, en el punto diametralmente opuesto al anterior.</p> <p>Se repite la operación en el plano perpendicular al de simetría de la máquina.</p> <p>Durante estas operaciones, si la máquina tiene mesa giratoria, su movimiento de giro ha de estar bloqueado.</p>	0,1 sobre 300 (de diámetro)
8	Perpendicularidad del eje principal con la cara superior de la base.		<p>Se repiten las operaciones anteriores sobre la superficie superior de la base cuando está mecanizada.</p>	0,1 sobre 300 (de diámetro)



**COMPLEMENTO:**  
**MAQUINAS HERRAMIENTAS:**  
**CLASIFICACION, NOMECLATURA**

INDICE

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

CLASIFICACION E IDENTIFICACION  
DE LAS  
MAQUINAS-HERRAMIENTAS.

Se definen como máquinas-herramientas para metales aquellas máquinas que arrancan virutas de la pieza en bruto a labrar de acuerdo al plano de ejecución, con el fin de obtener con la precisión exigida, una pieza de forma y dimensiones establecidas.

Las máquinas herramientas se clasifican:

- Según el movimiento relativo entre pieza-herramienta y tipo de herramienta.
- Según el grado de especialización
- Según el grado de precisión.
- Según el peso (tamaño)

## 1.- CLASIFICACION SEGUN EL MOVIMIENTO RELATIVO

- Cuadro 9 -

TIPO DE MAQUINA	MOVIMIENTO DE LA PIEZA	MOVIMIENTO DE LA HERRAMIENTA	HERRAMIENTA
TORNO	gira	desplaza	cuchilla
TALADRO MANDRILADORA	fija	gira	broca cuchilla
RECTIFICADORA LAPIDADORA	gira y/o des- plaza	gira y/o despla- za	muela
FRESADORA CORTADORA	desplaza	gira	fresa sierra
CEPILLADORA LIMADORA	desplaza	desplaza	cuchilla

## 2.- CLASIFICACION SEGUN EL GRADO DE ESPECIALIZACION.

Las máquinas-herramientas se dividen en:

1.- UNIVERSALES: Cuando se efectúan variadas operaciones al maquinar diversas piezas. Aquellas máquinas-herramientas que se emplean para un campo de maquinado particularmente amplio, se denominan ULTRAUNIVERSALES (combinadas).

2.- ESPECIALIZADAS: Cuando se maquinan piezas de forma parecida, pero de diferentes dimensiones.

3.- DE APLICACION GENERAL: Cuando se realiza una cantidad limitada de operaciones en piezas de gran diversidad.

4.- MONOFUNCIONALES: Cuando se realiza el maquinado de piezas de un solo tipo funcional.

## 3.- CLASIFICACION SEGUN EL GRADO DE PRECISION.

Por el grado de precisión las máquinas-herramientas se dividen en:

Clase 1.- PRECISION NORMAL: en la cual están incluidas la mayoría de las máquinas universales.

Clase 2.- PRECISION ELEVADA: son máquinas-herramientas que se fabrican sobre la precisión normal, pero con exigencias más rigurosas en la precisión de la fabricación de las piezas más importantes de la máquina y la calidad de su montaje y regulación.

Clase 3.- ALTA PRECISION: que se alcanza gracias a la estructura especial de ciertos grupos de la máquina-herramienta, elevadas exigencias en la precisión de fabricación de las piezas, calidad de montaje, regulación de los grupos y de la máquina-herramienta en total.

Clase 4.- PRECISION PARTICULARMENTE ELEVADA: durante su fabricación se plantean exigencias mucho más elevadas que al fabricar las máquinas Clase 3.

Clase 5.- PARTICULARMENTE EXACTAS O MAQUINAS-HERRAMIENTAS MAESTRA: se utilizan para la fabricación de las piezas que determinan la precisión de las máquinas-herramientas de las clases 3 y 4. Con objeto de que las máquinas he-

ramientos de las clases 3, 4 y 5 permitan obtener la clase de precisión que les corresponde, por lo general, se instalan en locales con temperatura constante.

#### 4.- CLASIFICACION SEGUN EL PESO.

Se distinguen en:

- MAQUINAS-HERRAMIENTAS LIGERAS: hasta 1t.
- MAQUINAS-HERRAMIENTAS MEDIAS: de 1 hasta 10t.
- MAQUINAS-HERRAMIENTAS PESADAS: más de 10t.

A su vez las máquinas-herramientas pesadas se dividen en:

GRANDES de 10 a 30t.

PESADAS de 30 a 100t.

MUY PESADAS (UNICAS) de más de 100t.

#### IDENTIFICACION

Estableciendo un número o letra que corresponde a cada una de las variantes establecidas en las clasificaciones precedentes, es posible formar una cifra compuesta de números y/o letras indicativas del tipo de máquina y de sus características principales.

A esta cifra se le pueden agregar también números y/o letras que particularicen a cada máquina: por marcas, modelo, modificaciones, modernizaciones, etc.

Así en la cifra de identificación puede el primer o primeros números y/o letras indicar el tipo, el grado de especialización, el peso y aún el grado de precisión.

Un sistema simplificado es el desarrollado por la ENIMS (Instituto Experimental de Investigaciones Científicas de Máquinas-Herramientas para Metales) que consiste en designar con una cifra compuesta de 4 o 5 números (en ciertas casos se añaden letras) el tipo de máquina-herramienta indicando:

- Los dos primeros números: el grupo de máquinas herramientas.
- El segundo número: el tipo de máquinas herramientas.
- El último o dos últimos números: una de sus dimensiones características.
- Una letra intercalada después del primer número: que ha sido modernizada la máquina.
- Una letra situada después de todos los números: modelo base modificado.

Por ejemplo, la máquina herramienta 2A135 significan:

- El número 2: que pertenece al segundo grupo o sea que es una taladradora. (ver cuadro 10)

Clasificación de las

máquinas-herramientas

Denominación de la máquina-herramienta	Grupo	Tipo		
		1	2	3
Tornos	1	Automáticos y semiautomáticos		
		De un husillo	De husillos múltiples	Revólver
De taladrar y mandrinar	2	De taladrado vertical	Semiautomáticas de un husillo	Semiautomáticas de husillos múltiples
Rectificadoras, lapidadoras y de brunir	3	De rectificar cilíndricas	De rectificar interiores	De rectificado basto
Combinadas	4	Universales	Semiautomáticas	Automáticas
De tallar engranajes	5	Para cepillar dientes en ruedas cilíndricas	Para tallar dientes en ruedas cónicas	Para fresar dientes en ruedas cilíndricas y árboles estriados
Fresadoras	6	De fresar verticales, de consola	De fresar de acción continua	
Cepilladoras, limadoras verticales (mortajadoras) y brochadoras	7	Longitudinales		Limadoras horizontales
		De bastidor único	De bastidor doble	
Para cortar	8	Para cortar trabajando con cuchilla	Para cortar trabajando con muela abrasiva	con disco liso
Diversas	9	Para mecanizar manguitos y tubos	De picar limas	De enderezar y desbastar sin puntos

Tipo					
4	5	6	7	8	9
De taladrar y cortar	Verticales o de carrusel	Al aire	De herramientas múltiples	Especializados	
Mandrinadoras de precisión (de coordenadas)	Taladradoras radiales	De taladrar y fresar horizontales	Mandrinadoras para herramientas adiamantadas	De taladrado horizontal	
Rectificadoras especializadas		Afiladoras	Rectificadoras planas	Lapidadoras y de brunir	
					Diversas
Para tallar pares de tornillo sin fin	Para maquinar laterales de los dientes de las ruedas	Para fresar roscas	Para el acabado de los dientes	Rectificadoras de dientes y roscas	
Copiadoras y de grabar	Verticales sin consola	Longitudinales	Ultrauniversal	Horizontales de consola	
Limadoras verticales (mortajadoras)	Brochadoras horizontales		Brochadoras verticales		
De enderezar y cortar	De cinta	Sierras De disco	De arco		
	Para ensayar herramientas cortantes	Máquinas divisoras	De balancear		

- La letra A: que está modernizada
- El número 1: que es del primer tipo o sea vertical.
- Los últimos dos números 35, que el diámetro máximo capaz de perforar es de 35 mm.

La clasificación de las máquinas-herramientas para metales de la ENIMS (cuadro 10) considera que todas las máquinas-herramientas que se fabrican en serie, se dividen en nueve tipos y cada uno en varios grupos.