

CI-066-2002



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

# CURSOS INSTITUCIONALES

## *DIPLOMADO DE ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO*

### *MODULO II. MANTENIMIENTO RUTINARIO I.*

Del 02 al 03 de Agosto de 2002

## *APUNTES GENERALES*

CI - 066

Instructora: Ing. Esperanza Segoviano Aguilar  
PEMEX - VILLAHERMOSA TABASCO  
AGOSTO DEL 2002

## **PROGRAMA MODULAR DIPLOMADO EN ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN  
UNIDAD DE PERFORACIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS  
GERENCIA DE TECNOLOGÍA

Duración total: 160 horas

1. Alternándose viernes y sábado cada 15 días en horario de 8:00 a 18:00 horas  
Dos acciones de 10 horas cada una:

1. Villa Hermosa, Tabasco. Inicio viernes 19 de julio
2. Poza Rica, Veracruz. Inicio viernes 20 de junio

### **PRESENTACIÓN**

Mantenimiento es una aplicación de la ingeniería para obtener el máximo aprovechamiento de los recursos de la empresa, su máxima disponibilidad, alta fiabilidad y seguridad, dentro de un marco económico.

### **MÓDULO I ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Duración total: 20 horas. Dos acciones

*Viernes 19 y sábado 20 de julio, Villa Hermosa, Tabasco de 8:00 a 18:00 horas*  
*Viernes 26 y sábado 27 de julio; Poza rica, Veracruz de 8:00 a 18.00 horas*

### **OBJETIVO**

Establecer los procedimientos fundamentales para una adecuada administración del Sistema de Mantenimiento.

### **TEMARIO**

1. Conceptos básicos de mantenimiento.
2. Tipos y filosofía del mantenimiento.
3. Fiabilidad y vida.
4. Mantenimiento externo. Contratación.
5. Planeación del mantenimiento.
6. Organización del mantenimiento.



EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN  
UNIDAD DE PERFORACIÓN  
Y MANTTO. DE POZOS

## MANUAL DEL DIPLOMADO EN: ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO



7. Programación del mantenimiento.
8. Control. Flujo de información.
9. Rendimientos. Precios unitarios.
10. Costos y presupuestos.
11. Manual de mantenimiento.
12. Ejemplos y conclusiones.

### MÓDULO II MANTENIMIENTO RUTINARIO I Duración 20 horas. Dos acciones

*Viernes 2 y sábado 3 de agosto Villa Hermosa, Tabasco de 8:00 a 18:00 horas*  
*Viernes 9 y sábado 10 de agosto Poza Rica, Veracruz de 8:00 a 18:00 horas*

#### OBJETIVO

Proporcionar los procedimientos generales y principales tareas para su desarrollo en la empresa, para una mejor apariencia, confort, higiene, seguridad y operatividad.

#### TEMARIO

1. Introducción al TPM
2. Actividades de grupos pequeños TPM.
3. Midiendo la eficacia en TPM.
4. Pintura exterior y acabados.
5. Protección contra la corrosión.
6. Recubrimientos.
7. Soportaría.
8. Soldadura. Aplicación y pruebas.
9. Análisis de vibraciones..
10. Mantenimiento de flotillas.
11. Conclusiones y recomendaciones.

### MÓDULO II MANTENIMIENTO RUTINARIO II Duración 20 horas. Dos acciones

*Viernes 16 y sábado 17 de agosto; Villa Hermosa, Tabasco de 8:00 a 18:00 horas*  
*Viernes 23 y sábado 24 de agosto; Poza Rica, Veracruz de 8:00 a 1:00 horas*

#### TEMARIO



EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN  
UNIDAD DE PERFORACIÓN  
Y MANTTO. DE POZOS

## MANUAL DEL DIPLOMADO EN ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO



1. Taller mecánico.
2. Talleres.
3. Almacenes.
4. Inventarios
5. Herramientas.
6. Ejemplos de aplicación
7. Evaluación

### MÓDULO III MANTENIMIENTO A INSTALACIONES I Duración 20 horas. Dos acciones

*Viernes 2 y sábado 3 de agosto Villa Hermosa, Tabasco de 8:00 a 18:00 horas*  
*Viernes 9 y sábado 10 de agosto Poza Rica, Veracruz de 8:00 a 18:00 horas*

#### OBJETIVO

Proponer las bases generales y principales tareas para desarrollar el mantenimiento de las instalaciones de la empresa para brindar continuidad, fiabilidad, mantenibilidad y economía en los servicios..

#### TEMARIO

1. Coordinación de instalaciones
2. Subestaciones eléctricas. Generación de energía
3. Instalaciones eléctricas.
4. Motores eléctricos
5. Plantas generadoras Iluminación
6. Tierras y pararrayos
7. Protección contra incendio

### MÓDULO III MANTENIMIENTO A INSTALACIONES II Duración 20 horas. Dos acciones

*Viernes 16 y sábado 17 de agosto; Villa Hermosa, Tabasco de 8:00 a 18:00 horas*  
*Viernes 23 y sábado 24 de agosto; Poza Rica, Veracruz de 8:00 a 1:00 horas*

#### TEMARIO

8. Potabilización. Tratamiento de aguas.
9. Instalaciones hidráulicas.
10. Instalaciones sanitarias.



11. Sistemas de bombeo

**MÓDULO IV**  
**DIAGNÓSTICOS ENERGÉTICOS I**  
Duración 20 horas. Dos acciones

*Viernes 27 y sábado 28 de agosto; Villa Hermosa, Tabasco de 8:00 a 18:00 horas*  
*Viernes 06 de septiembre; Poza Rica, Veracruz de 8:00 a 18:00 horas*

**OBJETIVO**

Proporcionar los procedimientos generales para el desarrollo de un diagnóstico, ejemplificado en el área energética y su relación con Mantenimiento.

**TEMARIO**

1. Responsabilidades energéticas.
2. Uso racional de la energía.
3. Bases del diagnóstico.
4. Términos de referencia. Aspecto legal.
5. Propuesta de ahorro de energía.
6. Recopilación de información.
7. Equipo para el diagnóstico.
8. Ahorro de energía en el transporte.
9. Ahorro de energía en arquitectura.
10. Ahorro de energía en aire acondicionado.
11. Medición de parámetros.
12. Sistemas eléctricos.
13. Ahorro de energía en motores eléctricos

**MÓDULO IV**  
**DIAGNÓSTICOS ENERGÉTICOS II**  
Duración 10 horas. Una acción

*Viernes 11 de octubre; Villa Hermosa, Tabasco de 8:00 a 18:00 horas*  
*Viernes 18 de octubre; Poza Rica, Veracruz de 8:00 a 18:00 horas*

**TEMARIO**

14. Ahorro de energía en iluminación.
15. Sensores y controles.
16. Ahorro de energía en bombeo.



**PEMEX**

EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN  
UNIDAD DE PERFORACION  
Y MANTTO. DE POZOS

## MANUAL DEL DIPLOMADO EN ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO



17. Autogeneración y cogeneración, como ahorro.
18. Evaluación de medidas de ahorro.
19. Comité de ahorro de energía (FIDE)

### MÓDULO V

#### MANTENIMIENTO (ALTA DIRECCIÓN) I

Duración: 10 horas. Una acción

*Sábado 12 de octubre; Villa Hermosa, Tabasco de 8:00 a 18:00 horas*

*Sábado 19 de octubre; Poza Rica, Veracruz de 8:00 a 16:00 horas*

#### OBJETIVO:

Proporcionar la información básica que todo directivo de mantenimiento debe conocer para su adecuada administración y la interacción con otros departamentos.

#### TEMARIO

1. Mantenimiento total.
2. Análisis estadístico del mantenimiento.
3. Normatividad y reglamentación. (Secretaría del trabajo)
4. Avalúos y contabilidad de costos.

### MÓDULO V

#### MANTENIMIENTO (ALTA DIRECCIÓN) II

Duración 20 horas. Dos acciones

*Viernes 25 y sábado 26 de octubre; Villa Hermosa, Tabasco de 8:00 a 18:00 horas*

*Viernes 01 y sábado 02 de noviembre; Poza Rica, Veracruz de 8:00 a 18:00 horas*

#### TEMARIO

5. Definición de puestos y evaluación de personal.
6. Responsabilidades laborales y legales. (Secretaría del Trabajo)
7. Mejoramiento del ambiente.
8. Ahorro de energía
9. Calidad total e ISO 9000
10. Productividad y planeación estratégica
11. Comunicación. Distribución del tiempo.
12. Consultoría.
11. Informática. (Programa SAP para administración del mantenimiento)



EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN  
UNIDAD DE PERFORACIÓN  
Y MANTTO. DE POZOS

## MANUAL DEL DIPLOMADO EN ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO



# MANUAL DEL MANTENIMIENTO

## MÓDULO I

### ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

---

*Instructora: Ing. Esperanza Segoviano Aguilar*

### CONTENIDO

#### I. Mantenimiento

#### II. La efectividad del mantenimiento

#### III. Los sistemas de mantenimiento

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento productivo total

#### IV. Gestión de los materiales y repuestos

#### V. Control de mantenimiento

- Ejemplo de sistema de control

#### VI. La productividad en el mantenimiento

- Dinámica Heinemman

## I. MANTENIMIENTO

Durante el próximo mes de enero se disputará en la ciudad de Monterrey, una de las competencias correspondientes al campeonato mundial de Fórmula 1.

Comencemos por analizar el *mantenimiento*. En primer lugar debemos definir **qué** cosa vamos a mantener.

¿Serán los motores de los autos? ¿Serán los autos en toda su extensión? ¿Será la pista sobre la que correrán los vehículos? ¿O serán los boxes, los servicios sanitarios para el público, las graderías, etc. lo que será motivo del mantenimiento?

En segundo lugar, **¿cómo** encararemos el mantenimiento? ¿lo haremos nosotros mismos? **¿Con qué sistema o metodología?**

¿Si nos abocamos a los *servicios de planta*, a **qué** nos estamos refiriendo en el caso planteado de la competencia automovilística?

¿Será al sistema de iluminación dentro de las cabinas de transmisión, o a la instalación del aire comprimido en los boxes, o a la fuerza motriz necesaria para impulsar las bombas de carga de combustible?

¿Si hablamos de la *seguridad industrial*, a **qué** aspectos nos estamos refiriendo?

¿Será a la seguridad que deben contar los pilotos en la pista, o será la correspondiente al público, o será la que deben contar los auxiliares de pista?

Con relación al *abastecimiento*, ¿cuáles de sus diferentes sujetos y aspectos serán importantes?

¿Será importante contar con una adecuada provisión de combustibles, lubricantes, neumáticos y repuestos para los autos? ¿Quién los proveerá? ¿Cómo aseguraremos su llegada en condiciones de calidad y de cantidad necesarias?

Por último, con referencia a la *gestión ambiental*, la competencia en sí misma ¿ocasiona o no un impacto ambiental negativo?

Estos son algunos de los interrogantes que el organizador de la competencia se deberá plantear y resolver adecuadamente, si desea que su realización sea exitosa.



El sector **Mantenimiento** generalmente se incluye en las organizaciones, dentro de la función denominada **Ingeniería de Planta**, siendo en muchos casos, su actividad excluyente. En algunas organizaciones, la función de Ingeniería de Planta se llama **Intendencia**.

En mantenimiento, se agrupan una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de **confiabilidad** en los equipos, máquinas; construcciones civiles, instalaciones, etc.

Si bien Uds. pueden tener un concepto bastante claro de lo que quiere expresar **confiabilidad**, diremos que es la probabilidad de que un producto se desempeñe del modo que se había propuesto, durante un tiempo establecido, bajo condiciones especificadas de operación.

Si este criterio lo aplicamos a los productos que sólo se usan una vez puede darnos una idea relativamente falsa de su significado.

Un ejemplo típico es la confiabilidad de un clavo. Al usarlo, el mismo puede funcionar correctamente o, doblarse y en este último caso, no sería "confiable". Por ello, normalmente su significado se aplica a conjuntos de piezas o sistemas, formados por un ensamble serie/paralelo en el que individualmente, cada pieza, posee su propia confiabilidad y el ensamble, una diferente, según cómo se encuentre formado dicho ensamble.

Veremos que la confiabilidad de un sistema complejo, compuesto por una serie de piezas, puede llegar a ser muy mala a pesar de una no muy mala confiabilidad individual. Esto es tanto más cierto cuanto mayor sea la variabilidad del desempeño de cada uno de los componentes del sistema y su grado de dependencia o independencia... Es particularmente cierto cuando es la mano de obra uno de los componentes. En efecto, si no llevamos a cabo una actividad de mejora y de control será muy difícil obtener confiabilidades resultantes elevadas. También es cierto que es a través de esta actividad de mejora donde se puede lograr la diferencia entre un buen y un mal servicio como producto.

Las actividades de mantenimiento pueden ser realizadas según diferentes sistemas, que luego trataremos, y que se aplican según las características de los bienes y según diversos criterios de gestión.

¿Sobre qué se aplican las tareas de mantenimiento?

Las tareas de mantenimiento se aplican sobre las instalaciones fijas y móviles, sobre equipos y maquinarias, sobre edificios industriales, comerciales o de servicios específicos, sobre las mejoras introducidas al terreno y sobre cualquier otro tipo de bien productivo.

Alcanza a máquinas, herramientas aparatos e instrumentos, a equipos de producción, a los edificios y todas sus instalaciones auxiliares como agua potable, desagües, agua para el proceso, agua para incendios, pozos de agua y sistemas de bombeo, agua caliente y vapor con sus correspondientes generadores como calderas, intercambiadores de calor, instalaciones eléctricas monofásica y de fuerza motriz, pararrayos, balizamiento, instalación de aire comprimido, de combustibles, sistemas de aire acondicionado y de telefonía, equipos, aparatos y muebles de oficina, jardinería y rodados.

¿Qué se busca obtener con un buen mantenimiento?

Se busca:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo del mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

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

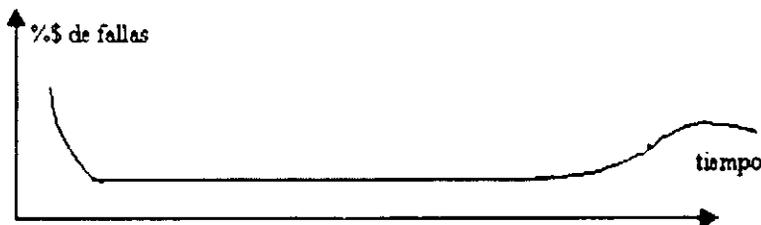
Decimos que algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debía darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión. En el ejemplo del clavo, si el mismo se dobla o se rompe al tratar de hincarlo golpeando adecuadamente con el martillo, habrá fallado. Sin embargo aparecen situaciones diferentes a este ejemplo, como el caso de una heladera hogareña que deja de funcionar o el caso de un automóvil en el que si bien no deja de marchar su motor, no funciona el indicador de combustible, o funciona mal en forma intermitente su limpiaparabrisas. ¿Falló o no falló el producto en estos casos?

En general, todo lo que existe, especialmente si es móvil, se deteriora, rompe o falla con el correr del tiempo. Puede ser a corto plazo o a muy largo plazo.

El solo paso del tiempo provoca en algunos bienes, disminuciones evidentes de sus características, cualidades o prestaciones.

Por ejemplo, la pintura de un edificio va perdiendo su color, uniformidad o se resquebraja; el escurrimiento de agua por un canal pierde su eficiencia al existir fisuras o grietas en el revestimiento; el pasaje de agua por dentro de los tubos de una caldera o de un intercambiador de calor se ve obstaculizado por la presencia de incrustaciones en las cañerías; el aceite lubricante de un mecanismo cualquiera se va degradando por el uso o por el tiempo, etc.

En otro tipo de bienes, el deterioro se acentúa principalmente por su uso, como es el caso de todas las piezas móviles de una maquinaria o instalación.



No todos los sistemas presentan la etapa de mortalidad infantil, pero sí la mayoría. Entre los que presentan esta etapa existen aquellos en donde la tasa de falla es alta y otros en los que la tasa es pequeña.

Tal como observamos en el gráfico anterior, las fallas se presentan en mayor medida al principio de la **vida útil** para luego estabilizarse durante un tiempo relativamente largo, en un valor que depende del tipo y características del bien, para luego comenzar a ascender, lo cual marca en general, el límite de la vida útil de ese bien.

Este tipo de gráfico se conoce con el nombre de *curva bañera* por analogía con la forma del artefacto sanitario.

Según *el momento* de la vida útil en el que aparecen las fallas, podemos clasificarlas en:

- Fallas tempranas: correspondientes al período de mortalidad infantil, ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de

montaje. Se presentan normalmente en forma repentina y pueden causar graves daños (circuito electrónico con soldaduras frías, pieza de sección resistente menor a la necesaria para soportar un esfuerzo, rueda de un automóvil nuevo sin las tuercas correspondientes, etc.). Actualmente y gracias a los criterios de calidad total, este tipo de fallas se encuentra en franca regresión.

- fallas adultas: son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamientos de una máquina, etc.).
- fallas tardías: representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien (envejecimiento de la aislamiento de un pequeño motor eléctrico, pérdida de flujo luminoso de una lámpara incandescente, etc.).

Algunas fallas *no avisan*, o *avisan poco* antes de su producción, por ejemplo, al encender una lámpara incandescente ésta sufre la rotura del filamento y no se logra su encendido; una correa dentada de transmisión de un motor de automóvil, que no se encuentra a la vista, funciona correctamente hasta que arriba a su rotura.

Otros tipos de fallas dan indicios con bastante anticipación a su producción, como es el caso del filo de una herramienta de corte el cual se mantiene en buenas condiciones durante un tiempo, luego el mismo se va perdiendo paulatina y continuamente, hasta llegar a límites inaceptables para el producto, o como el caso de una correa de transmisión de una máquina de carpintería, la cual comienza a deshilacharse y a producir un golpeteo previo a su rotura.

## II. LA EFECTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO

Veamos algunas características del servicio de mantenimiento, que llevan a que el mismo sea considerado *efectivo*.

Hemos dicho que la confiabilidad o fiabilidad es la probabilidad de que un bien funcione adecuadamente durante un período determinado, bajo condiciones operativas específicas (por ejemplo, condiciones de presión, temperatura, velocidad, tensión o forma de una onda eléctrica, nivel de vibraciones).

En la práctica, la fiabilidad está medida como el tiempo medio entre ciclos de mantenimiento o el tiempo medio entre dos fallas consecutivas (TMEF).



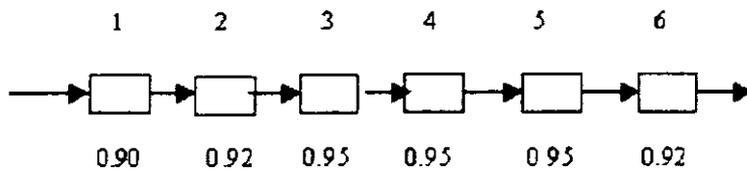
Un sistema, dispositivo, máquina o equipo, resulta entonces más confiable, a medida que dicho tiempo TMEF sea mayor.

La confiabilidad de un equipo, máquina o instalación, de concepción simple o que posee pocos componentes en serie, resulta mayor que la de una instalación compleja con muchos componentes en serie. Recordemos que en una sucesión de procesos en línea, cuando se detiene uno de ellos, se detiene toda la línea.

En caso de que una máquina posea dos componentes que actúan uno a continuación de otro, es decir sólo dos elementos en serie, y que la confiabilidad de cada uno sea del 90 %, tendremos una confiabilidad conjunta de:  $0,90 \times 0,90 = 0,81$  o expresado porcentualmente, del **81 %**.

Observemos que **la confiabilidad del sistema, resulta menor que la confiabilidad de los componentes**

Si con igual confiabilidad individual, la máquina poseyera cuatro componentes en serie, la confiabilidad conjunta de la máquina, disminuiría al **65.61%**, producto de 0,90 elevado a la cuarta potencia, o bien,  $0,90 \times 0,90 \times 0,90 \times 0,90$  (o  $0,90^4$ )



Una máquina posee 6 secciones operativas en serie, siendo las confiabilidades individuales las siguientes:

	SECCIONES					
	1	2	3	4	5	6
CONFIABILIDAD	0,90	0,92	0,95	0,95	0,95	0,92

¿Cuál será la confiabilidad de la máquina?

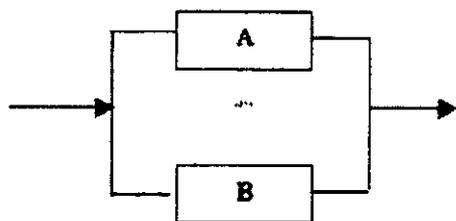
Una forma evidente de aumentar la confiabilidad del sistema, es aumentar la confiabilidad de cada uno de sus componentes.

Otras formas son: mejorar las condiciones de trabajo, proporcionar mantenimiento prevencionista (mantenimiento preventivo) a los elementos críticos, poseer equipos de reserva o en stand-by, etc.

También interesa disminuir la gravedad de las fallas, lo cual lleva a que el bien aumente en alguna medida su confiabilidad, dado que en muchos casos, al ser menos grave la falla, es menor en magnitud o extensión.

Asimismo, la confiabilidad se verá tanto más facilitada o mejorada, a medida que su diseño permita un mejor servicio de mantenimiento y/o que su diseño haya sido previsto con criterio **redundante**, es decir, con vías de funcionamiento alternativas, por ejemplo, un segundo circuito de frenos de un automóvil. También mejora la confiabilidad el **diseño libre de mantenimiento**, como por ejemplo, las baterías de los vehículos concebidas como sin mantenimiento o con bajo mantenimiento.

El criterio de redundancia se logra con elementos alternativos colocados en paralelo y que actúan en los casos en que los elementos básicos previstos, entran en falla y no pueden sostener un adecuado funcionamiento. Véase el siguiente croquis:



Suponga que el sistema funciona a través de la rama del componente A (el componente B, que es idéntico al A, no funciona) y que sus confiabilidades individuales son del 80%. ¿Cuál será la confiabilidad del sistema?

Cuando funciona sólo con A, (es como si B no existiera), la confiabilidad es del 80% y se corresponde con la probabilidad de que este primer componente funcione. Cuando consideramos la probabilidad conjunta sobre A + B, estamos considerando el conjunto formado por la **unión** de A y B, menos su intersección como en el álgebra Booleana.

Una forma sencilla de determinar esta confiabilidad es, restar de la confiabilidad absoluta (100%), la probabilidad de que A y B fallen al mismo tiempo. En nuestro ejemplo, tendríamos:

$$1 - (0.20 \times 0.20) = 0.96 \text{ o } 96\%$$

Observemos ahora que **la confiabilidad del sistema resulta mayor que las de los componentes individuales.**

La medida de la facilidad con que se puede realizar el mantenimiento de un bien, da origen al vocablo *mantenibilidad*, atributo que se expresa en términos de frecuencia, de duración o de costos de mantenimiento.

Con relación a los *costos*, debemos señalar que el caso del mantenimiento es semejante en muchos aspectos, al de la calidad y al de la seguridad. Normalmente se dispone de un presupuesto anual destinado a mantenimiento, sobre el que frecuentemente se echa mano para destinarlo a otros gastos considerados como prioritarios. Como consecuencia, las partidas destinadas al mantenimiento no alcanzan para alimentar un sistema de producción de una organización en marcha y que aspire a convertirse en un productor de clase mundial.

Cuando una empresa está operando normalmente, los desvíos de fondos destinados a mantenimiento suelen ser escasos. En cambio, en situaciones de crisis, las empresas dejan, entre otras cosas, de invertir en mantenimiento y/o de abonar seguros.

En esos casos, si la situación se prolonga un tiempo suficiente, los bienes llegan a un deterioro tal, que las posteriores inversiones en mantenimiento deberán ser exorbitantes y por ello, imposibles de realizar, amén de que muchos de los bienes pueden llegar a ser económicamente irre recuperables. Se entra así en un círculo vicioso que no hace otra cosa que profundizar el estado de crisis inicial.

Para operar un correcto servicio de mantenimiento, debemos tener en cuenta todos los costos asociados al servicio, esto es, por un lado, los costos que se evidencian a partir de la contabilidad como los correspondientes a los materiales o la mano de obra y, por otro lado, aquellos costos que no se registran en la contabilidad, tales como: el lucro cesante por paradas de máquinas o por disminución del ritmo de producción, el correspondiente a la pérdida de calidad de la producción, el que surge por la menor vida útil de los bienes, el del aumento del inventario en proceso y todos aquellos derivados de los accidentes.

Así, puede quedar ociosa la mano de obra directamente vinculada con el bien fuera de servicio; la producción de ese puesto se detiene y también puede ocurrir que se detenga la de los puestos sucesivos con posibilidad de falta de abastecimiento de productos; existe posibilidad de pérdida de la producción en proceso; el costo de la reparación propiamente dicha (mano de obra, materiales y servicios) incluido en la pieza fallada y a veces, el costo de otras piezas dañadas por arrastre; la sobreabsorción de costos fabriles por unidad de producto; los costos de un eventual accidente a los operarios, etc.

Por ello, un criterio sano para una empresa de clase mundial, es balancear adecuadamente los costos de mantenimiento y los correspondientes a las reales pérdidas de producción.

Otro de los parámetros que nos interesa conocer, es la *disponibilidad* que se tiene del equipo a mantener. Esta característica la podemos obtener como cociente entre el tiempo real que el bien se encuentra en condiciones de operación y el tiempo total en que el mismo debería estar disponible (tiempo programado). Como resulta obvio deducir, la disponibilidad es función de la frecuencia de las fallas y de su duración, asimilado al tiempo de reparación.

Puede obtenerse con la siguiente relación:

$$\text{Disponibilidad} = (\text{TP} - \text{TI}) / \text{TP}$$

Donde **TP**: es el tiempo programado de funcionamiento y **TI**: es el tiempo de inactividad por falla.

También nos interesa conocer la *eficiencia* de un bien de producción. La eficiencia nos habla sobre el régimen de funcionamiento y la medimos como cociente entre el tiempo estándar para realizar una actividad y el tiempo real de la misma.

La *calidad* del servicio de mantenimiento es otra medida a tener en cuenta. La misma nos indica en qué medida el bien a mantener elabora los productos con la calidad especificada por el diseño.

Puede medirse por la siguiente relación:

$$\text{Tasa de calidad} = (\text{CP} - \text{D}) / \text{CP}$$

Donde: **CP** es la cantidad elaborada por el bien, y **D** es la cantidad que presenta defectos.

En definitiva, el mantenimiento debiera ser *efectivo*, denominando así al servicio que combina disponibilidad, eficiencia, calidad y costos.

Resulta común definir una medida del desempeño de los equipos, mediante el *índice o tasa de efectividad o tasa de efectividad*, obtenida como el producto de las tasas de disponibilidad, eficiencia y calidad:

$$\text{Tasa de efectividad} = \text{disponibilidad} \times \text{eficiencia} \times \text{tasa de calidad}$$

La prensa de mayor potencia de BALANCIN SRL, trabajó durante la semana pasada, 44 horas produciendo carcasas del motor M.A.S. 279. El ciclo de tiempo estándar para este producto, es de 12 minutos; el tiempo programado de trabajo era de 48 horas; la producción alcanzó a 216 carcasas, de las cuales 2 resultaron defectuosas por desgarro de la chapa en uno de sus ángulos.

Vamos a obtener la tasa de efectividad de la prensa, la cual, como podemos observar, está influenciada por el mantenimiento a través de la disponibilidad.

La disponibilidad la obtendremos como:

$$\text{Disponibilidad} = 44 \text{ horas} / 48 \text{ horas} = \mathbf{0,9167}$$

Para determinar la eficiencia, debemos obtener el tiempo real unitario. Como en 44 horas la prensa produjo 216 unidades, el mismo será:

$$44 \times 60 \text{ minutos} / 216 \text{ unidades} = 12.22 \text{ min./u}$$

En consecuencia, la eficiencia será:

$$12 \text{ min/u} / 12.22 \text{ min/u} = \mathbf{0,982}$$

En cuanto a la tasa de calidad, tendremos:

$$\text{Tasa de calidad} = 216 - 2 / 216 = \mathbf{0,9907}$$

En consecuencia, la tasa de efectividad la obtenemos como:

$$\text{Tasa de efectividad} = 0.9167 \times 0.982 \times 0.9907 = \mathbf{0,8918}$$

Es decir, la efectividad de la prensa es del 89,18%, valor ciertamente muy bueno en comparación con los valores usuales obtenidos en la industria. Este resultado tan alto se debe principalmente a la alta tasa de calidad del ejemplo.

### **LA FORMA DE SOBREVENIR LA FALLA DE LOS BIENES.**

Cuando adquirimos un automóvil 0 km, el manual del fabricante nos indica cambiar ciertos aceites y ciertas grasas, a intervalos variados, generalmente relacionados estos últimos con el kilometraje recorrido por el vehículo. En este caso, resulta evidente que las fallas que podrían sobrevenir por causa de una mala condición de los lubricantes, se encuentran directamente asociadas al recorrido o marcha del auto,

aunque, en este caso, puede también ser importante, el tiempo que ha transcurrido desde el último cambio.

Si por ejemplo el aceite del carter debe ser reemplazado cada 10000 km., podría considerarse que este aceite debe ser cambiado en forma periódica y próximo a un intervalo regular de tiempo como podría ser, cambiarlo cada 6 meses.

Esto equivale a decir, que el fabricante del aceite, estima que ese tipo de lubricante, empleado para el tipo de motor en cuestión, podría fallar en promedio en sus características, cada 10000 km.

Igual temperamento se podría aplicar a una lámpara de bajo consumo para la cual el fabricante establece una duración determinada, medida en horas de encendido.

Los bienes relativamente simples como los precitados, tenderán a fallar o a descomponerse, a intervalos casi constantes luego de la última reparación o cambio, es decir, el tiempo entre fallas posee escasa variabilidad.

Por ejemplo, un rodamiento a bolillas de un tipo determinado, alcanza una vida útil medida en millones de giros del rodamiento o en miles de horas en servicio.

Los rodamientos son un muy claro ejemplo en el que los fabricantes han estudiado las técnicas de reemplazo, definiendo términos sumamente específicos sobre diversas acepciones de la vida de los mismos. Ello no impide que puedan efectuarse mediciones ad-hoc, con adecuado instrumental, para determinar la prestación real del rodamiento en operación y en su caso, establecer la necesidad anticipada de un cambio del mismo o el conservarlo en funcionamiento, aún después de la vida útil sugerida por el fabricante.

Los bienes más complejos, con muchos componentes, tendrán una distribución de tiempos de fallas que mostrarán desde una baja hasta una muy alta variabilidad, según sea la complejidad y la minuciosidad de los grados de ajuste en las tareas de mantenimiento.

Por ello, luego de una reparación por falla, este tipo de bienes pueden caer en falla en muy breve tiempo, o por lo contrario, funcionar un muy largo tiempo antes de volver a fallar.

Los tiempos de fallas se distribuyen según varios tipos de distribución estadística, como ser la normal, la exponencial negativa, la de Poisson, etc., predominando una de ellas según el tipo de bien y el momento de la vida total del bien que se trate.



#### IV. LOS SISTEMAS DE MANTENIMIENTO

Los sistemas de mantenimiento han ido evolucionando con el tiempo y hoy no pueden dejarse de lado en ninguna de sus variadas formas y versiones, si pretendemos una manufactura de clase mundial.

Probablemente, en los primeros tiempos del desarrollo de las industrias, las tareas de mantenimiento se hayan limitado a efectuar reparaciones o cambios de piezas luego de que éstas fallaran o, en algunos casos, a realizarlas poco antes de arribar a las mismas.

Actualmente existen variados sistemas para encarar el servicio de mantenimiento de las instalaciones en operación, algunos de ellos no solamente centran su atención en la tarea de corregir las fallas, sino que también tratan de actuar antes de la aparición de las mismas haciéndolo tanto sobre los bienes, tal como fueron concebidos, como sobre los que se encuentran en etapa de diseño, introduciendo en estos últimos, las modalidades de **simplicidad en el diseño**, diseño robusto, análisis de su mantenibilidad, diseño sin mantenimiento, etc.

Los tipos de mantenimiento que trataremos son los siguientes:

##### 1 - **Mantenimiento correctivo**

a- de emergencia

b- programado

##### 2 - **Mantenimiento preventivo**

##### 3 - **Mantenimiento predictivo (Mantenimiento proactivo ver anexo II)**

##### 4 - **Mantenimiento productivo total (TPM).**

Normalmente coexisten varios de ellos en una misma empresa, pues tratamos de elegir el sistema que más convenga según el tipo de bien a mantener, la política empresarial en esta materia, la organización del mantenimiento y la capacidad del personal y de los talleres, la intensidad de empleo de los bienes, el costo del servicio o las posibilidades de aplicación.

Como le resultará evidente, no todos los bienes a mantener son del mismo tipo. Así podemos discriminar entre:

- **críticos**
- **importantes**
- **comunes o sin importancia**

Esta clasificación está basada principalmente en las *consecuencias* que pueden acarrear las fallas que se produzcan sobre cada uno de ellos.

## 1. EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO

LA SANITARIA S.A. posee en su planta de Baradero, dos calderas a gas para generar vapor destinado a distintos servicios logísticos en la producción de artefactos sanitarios de porcelana.

La nave industrial que mide 50 metros de ancho por 150 metros de largo posee una cubierta de chapas en regular estado de conservación.

Ayer, martes, ocurrieron dos hechos que fueron inmediatamente reportados a J. A. Reglo, Gerente de Ingeniería de Planta: uno de ellos fue, que la tormenta con granizo que cayera sobre la ciudad durante la tarde, provocó un agujero en una de las chapas, cerca del patio interior, lo que permitía el ingreso de agua de lluvia.

El otro hecho fue que se detectó una fuga de gas dentro de la sala de calderas; probablemente proveniente de la cañería de alimentación que corre enterrada.

### *a. Mantenimiento correctivo de emergencia.*

Tanto este tipo de servicio, cuanto el correctivo programado, actúan sobre hechos ciertos y el mantenimiento consistirá en reparar la falla.

El correctivo de emergencia deberá actuar lo más rápidamente posible con el objetivo de evitar costos y daños materiales y/o humanos mayores.

En el caso de LA SANITARIA, la detección de la fuga de gas compromete a la Gerencia a tomar la decisión de reparar la pérdida de gas, actuando ante una emergencia (generalmente la **detección de un gas combustible**, implica la existencia de una concentración peligrosa en el aire ambiente, la cual es explosiva).

Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir las fallas y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad. También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad.



**PEMEX**

EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN  
UNIDAD DE PERFORACIÓN  
Y MANTTO. DE POZOS

## MANUAL DEL DIPLOMADO EN ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO



Tiene como inconvenientes, que la falla puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia.

Asimismo, fallas no detectadas a tiempo, ocurridas en partes cuyo cambio hubiera resultado de escaso monto, pueden causar daños importantes en otros elementos o piezas conexos que se encontraban en buen estado de uso y conservación.

Otro inconveniente de este sistema, es que debería disponerse inmovilizado un capital importante invertido en piezas de repuesto visto que la adquisición de muchos elementos que pueden fallar, suele requerir una gestión de compra y entrega no compatible en tiempo con la necesidad de contar con el bien en operación (por ejemplo: caso de equipos discontinuados de fabricación, partes importadas, desaparición del fabricante).

Por último, con referencia al personal que ejecuta el servicio, no nos quedan dudas que debe ser altamente calificado y sobredimensionado en cantidad pues las fallas deben ser corregidas de inmediato. Generalmente se agrupa al personal en forma de cuadrillas.

### *b – Mantenimiento correctivo programado.*

Al igual que el anterior, corrige la falla y actúa muchas veces ante un hecho cierto. La diferencia con el de emergencia, es que no existe el grado de apremio del anterior, sino que los trabajos pueden ser programados para ser realizados en un futuro normalmente próximo, sin interferir con las tareas de producción.

En general, programamos la detención del equipo, pero antes de hacerlo, vamos acumulando tareas a realizar sobre el mismo y programamos su ejecución en dicha oportunidad, aprovechando a ejecutar toda tarea que no podríamos hacer con el equipo en funcionamiento. Lógicamente, aprovecharemos para las paradas, horas en contraturno, períodos de baja demanda, fines de semana, períodos de vacaciones, etc.

Si bien muchas de las paradas son programadas, otras, son obligadas por la aparición de las fallas. Por ello, este sistema comparte casi las mismas desventajas o inconvenientes que el método anterior.

Para el caso del ejemplo, podemos diferir hasta el fin de semana, en horas diurnas, la reparación de la chapa perforada si las condiciones del tiempo permiten realizarla. Mientras tanto, debido a la zona en que ocurrió el hecho, probablemente no se haga

más que trasladar los elementos que pudieran encontrarse cerca del patio interior y/o cubrirlos adecuadamente.

Si la acción de reparación no exige la conveniencia de emplear luz natural, como en el caso de la chapa, podemos programar la reparación a contraturno de las horas de trabajo de producción, evitando de ese modo, toda interferencia con las tareas de producción.

## 2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El Consorcio de la calle Acquaforte 6020, decidió que los servicios de desinfección a través de fumigación en los departamentos y pasillos y los de limpieza de tanques de agua, se realizaran el primero, cada tres meses y el segundo, cada seis meses. Ello fue motivado por un análisis de la situación sanitaria del edificio a lo largo de los últimos 5 años.

¿Qué trata de efectuar el mantenimiento preventivo?

Este tipo de mantenimiento trata de anticiparse a la aparición de las fallas.

Evidentemente, ningún sistema puede anticiparse a las fallas que no nos avisan *por algún medio*. Por ejemplo, una lámpara eléctrica debía durar 4000 horas de encendido y se quema cuando sólo se la había empleado 200 horas. Ningún indicio o evidencia simple, nos informó sobre la proximidad de la falla.

¿Cuál es entonces la base de información para un mantenimiento preventivo?

La base de información surge de fuentes internas a la organización y de fuentes externas a ella.

Las **fuentes internas**: están constituidas por los registros o **historiales de reparaciones** existentes en la empresa, los cuales nos informan sobre todas las tareas de mantenimiento que el bien ha sufrido durante su permanencia en nuestro poder. Se debe tener en cuenta que los bienes existentes tanto pudieron ser adquiridos como nuevos (sin uso) como usados.

Forman parte de las mismas fuentes, los **archivos de los equipos e instalaciones** con sus listados de partes, especificaciones, planos generales, de detalle, de despiece, los **archivos de inventarios** de piezas y partes de repuesto (*spare parts*) y, por último, los **archivos del personal** disponible en mantenimiento con el detalle de su calificación, habilidades, horarios de trabajo, sueldos, etc.



Las *fuentes externas*: están constituidas por las recomendaciones sobre el mantenimiento, que efectúa el fabricante de cada bien.

Las *salidas del sistema*, están constituidas por los informes de:

- \* compras e inventario
- \* listado de partes de los equipos e instalaciones
- \* historiales
- \* de análisis de costos (costos reales contra los costos estándar)
- \* órdenes de trabajo de mantenimiento y de recorridas en sus diversos tipos.

En el caso de compra de bienes de cierta importancia, junto con el mismo, se recibe un manual de operación y mantenimiento. En dicho manual, se recomienda la realización de determinados trabajos de mantenimiento y determinados reemplazos de piezas y/o de materiales de consumo, especificándose la oportunidad de su ejecución sobre una base de tiempo de uso, tiempo desde la última intervención, número de golpes (caso de los telares, de una prensa, etc.), número de vueltas, kilómetros recorridos, cantidad de materia prima procesada, etc.

¿Por qué el fabricante puede formular esas recomendaciones?

Porque se basa en su *experiencia*, es decir, en el conocimiento que obtiene sobre los productos de su fabricación, por la práctica y por la observación a través de un tiempo prolongado.

En ambas fuentes de información se encuentra implícito el conocimiento de la *vida útil* del bien.

Es justamente la definición de una vida útil para los bienes y sus componentes, lo que nos facilita encarar el mantenimiento del tipo preventivo.

Por otro lado, para los casos en que no disponemos de información sobre la historia o sobre la vida útil de un bien, la recorrida periódica de todos ellos y la confección de un programa de reparaciones anticipadas, nos permiten actuar antes que se produzcan muchas de las fallas.

En todos los casos, la prevención nos permite preparar el equipo de personal, los materiales a utilizar, las piezas a reponer y la metodología a seguir, lo cual constituye una enorme ventaja.

La mayor ventaja de este sistema es la de reducir la cantidad de fallas por horas de marcha.

Las desventajas que presenta este sistema son:

\* **cambios innecesarios:** al alcanzarse la vida útil de un elemento, se procede a su cambio, encontrándose muchas veces, que el elemento que se cambia, permitiría ser utilizado durante un tiempo más prolongado. En otros casos, ya con el equipo desarmado, se observa la necesidad de "aprovechar" para realizar el reemplazo de piezas menores en buen estado, cuyo costo es escaso frente al correspondiente de desarme y armado, en vista de prolongar la vida del conjunto. Estamos ante el caso de una anticipación del reemplazo o cambio prematuro.

- **problemas iniciales de operación:** cuando se desarma, se montan piezas nuevas, se rearma y se efectúan las primeras pruebas de funcionamiento, pueden aparecer diferencias en la estabilidad, seguridad o regularidad de la marcha.

Muchas veces, esto es debido a que las piezas no *hermanan* como cuando se desgastaron en forma paulatina en una posición dada, otras veces, es debido a la aparición de fugas o pérdidas que antes de la reparación no existían, o a que no se advirtió que también se deberían haber cambiado piezas que se encontraban con pequeños desgastes, o a que durante el armado se modificaron posiciones de piezas que provocan vibraciones por desbalanceo de las partes rotantes.

- **costo en inventarios:** el costo en inventarios sigue siendo alto aunque previsible, lo cual permite una mejor gestión.
- **mano de obra:** se necesitará contar con mano de obra intensiva y especial para periodos cortos, a efectos de librar el equipo al servicio lo más rápidamente posible.
- **mantenimiento no efectuado:** si por alguna razón, no se realiza un servicio de mantenimiento previsto, se alteran los periodos de intervención y se produce un *degeneramiento* del servicio.

El planeamiento para la aplicación de este sistema consiste en:

- Definir qué partes o elementos serán objeto de este mantenimiento



- Establecer la vida útil de los mismos
- Determinar los trabajos a realizar en cada caso
- Agrupar los trabajos según época en que deberán efectuarse las intervenciones.

El agrupamiento aludido da origen a órdenes de trabajo, las que deben contener:

- los trabajos a realizar
- la secuencia de esos trabajos
- la mano de obra estimada
- los materiales y repuestos a emplear
- los tiempos previstos para cada tarea
- las reglas de seguridad para cada operario en cada tarea
- la autorización explícita para realizar los trabajos, especialmente aquellos denominados "en caliente" como la soldadura.
- la descripción de cada trabajo con referencia explícita a los planos que sea necesario emplear.

Si optamos por este tipo de mantenimiento, debemos tener en cuenta que:

- Un bajo porcentual de mantenimiento, ocasionará muchas fallas y reparaciones y por lo tanto, sufriremos un elevado lucro cesante.
- Un alto porcentual de mantenimiento, ocasionará pocas fallas y reparaciones pero generará demasiados períodos de interferencia de labor entre Mantenimiento y Producción.

## **CONTROL DE LUBRICACIÓN.**

El control de la lubricación incrementa la eficacia del costo del equipo levantando la productividad y reduciendo los costos de mantenimiento. El control es generalmente dividido en control de los materiales lubricantes y control de las técnicas usadas.

Los lubricantes que se usan en la mayoría de los equipos pueden ser categorizados dependiendo de su uso en:

- Aceites lubricantes. Estos pueden ser aceites lubricantes en general (mineral, vegetal, animal) y aceites de corte (para reducir la fricción entre herramientas y equipo maquinado).
- Grasas. Son aceites lubricantes mezclados con jabón o agentes inorgánicos haciéndolos semisólidos o semilíquidos.



- Lubricantes sólidos. La mayoría son usados en conjunción con grasas, ejemplo, grafito, bisulfuro de molibdeno.

*Métodos de lubricación.* Estos pueden ser clasificados en desechables o de pérdida total, y auto contenido.

#### A. Métodos de pérdida total.

- Lubricación manual. El aceite se agrega a intervalos cortos, es para equipo con poco movimiento.
- Alimentador con mirilla. El aceite es alimentado de un recipiente transparente por una válvula.
- Sifón tipo mecha. Se usa para baja viscosidad y el suministro varía con el nivel de aceite.
- Lubricante forzado mecánicamente. El suministro es controlado por la acción de un émbolo con un tornillo de ajuste.
- Felpa. provee lubricante de la reserva suavemente y actúa como filtro.
- Atomizador. Inyecta gota a gota en una corriente de aire presurizada atomizándola.

#### B. Métodos auto contenidos.

- Mechero con alimentación desde el fondo. Protege el equipo del polvo filtrando el aceite.
- Anillo. El aceite es usado por largos períodos de tiempo, algunas veces se usa cadena en lugar de anillo.
- Baño. se usa por largos períodos en engranes y mecanismos de transmisión.
- Circulante por presión. Suministra aceite a muchos puntos en equipos grandes.

Puntos clave para la inspección diaria.

- Control del nivel del lubricante. Seleccione el nivel apropiado que pueda ser mantenido.
- Cheque la temperatura del lubricante. Con el aumento de la temperatura se reduce la fricción y aumenta el deterioro. asegure que la temperatura no llegue más allá de lo especificado.
- Controle el rango de lubricación. Aplicar la cantidad correcta, mucho significa problema, menos es insuficiente.



### 3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El nuevo encargado del consorcio de Acquaforce 6020, apoyó su mano sobre el motor de la bomba que alimenta a los tanques elevados de agua, y notó que estaba caliente; se preocupó. En stand by se encontraba la otra motobomba y entonces optó por parar la unidad que estaba en funcionamiento y hacer arrancar a la segunda unidad. Se quedó unos minutos cerca de las bombas y luego tocó la carcasa de este segundo motor; lo encontró frío. Entonces se retiró tranquilo, pensando en informar al administrador. Tenía el encargado los conocimientos necesarios como para detectar una anomalía?

¿Poseía los sensores o instrumentos adecuados para ello?

¿Sabía interpretar los resultados que podrían haber arrojado los instrumentos de medición?

Podemos contestar sólo parcialmente a estos interrogantes, visto que no poseemos toda la información necesaria.

¿En qué se basa el mantenimiento predictivo?

La mayoría de las fallas se producen lentamente y previamente, en algunos casos, arrojan indicios evidentes de una futura falla, indicios que pueden advertirse simplemente. En otros casos, es posible advertir *la tendencia a entrar en falla* de un bien, mediante el *monitoreo de condición*, es decir, mediante la elección, medición y seguimiento, de algunos parámetros relevantes que representan el buen funcionamiento del bien en análisis.

En otras palabras, con este método, tratamos de acompañar o seguir, la evolución de las futuras fallas.

¿Cómo?

A través de un diagnóstico que realizamos sobre la evolución o tendencia de una o varias características mensurables y su comparación con los valores establecidos como aceptables para dichas características.

¿Cuáles pueden ser esas características?

Por ejemplo, pueden ser: la temperatura, la presión, la velocidad lineal, la velocidad angular, la resistencia eléctrica, la aislación eléctrica, los ruidos y vibraciones, la

rigidez dieléctrica, la viscosidad, el contenido de humedad, de impurezas y de cenizas en aceites aislantes, el espesor de chapas, el nivel de un fluido, etc.

¿Cuáles son los aparatos e instrumentos a utilizar?

Son de naturaleza variada y pueden encontrarse incorporados en los equipos de control de procesos (automáticos), a través de equipos de captura de datos o mediante la operación manual de instrumental específico. Actualmente existen aparatos de medición sumamente precisos, que permiten analizar ruidos y vibraciones, aceites aislantes o espesores de chapa, mediante las aplicaciones de la electrónica en equipos de ultrasonidos, cromatografía líquida y gaseosa, y otros métodos.

El seguimiento de estas características debe ser continuo y requiere un registro adecuado. Una de sus ventajas es que las mediciones se realizan con los equipos en marcha, por lo cual, en principio, el tiempo de paro de máquinas resulta menor.

¿Cómo nos damos cuenta que estamos próximos al desencadenamiento de una falla?

Si bien ésta es tarea para especialistas, podemos decir que, previo a la producción de una falla, la característica seguida se "*dispara*" de la evolución que venía llevando hasta ese momento.

Además de la ventaja recién citada, el seguimiento nos permite contar con un registro de la historia de la característica en análisis, sumamente útil ante fallas repetitivas; puede programarse la reparación en algunos casos, junto con la parada programada del equipo y existen menos intervenciones de la mano de obra en mantenimiento.

Como inconveniente, debemos citar que se necesita constancia, ingenio, capacitación y conocimientos, aparatos de medición y un adecuado registro de todos los antecedentes para formar un historial.

### **Técnicas de diagnóstico.**

Las metodologías de mantenimiento conocidas como mantenimiento predictivo y mantenimiento basado en las condiciones, están ganando atención como reemplazos confiables del mantenimiento periódico y reexaminación.

Los métodos constituyen un nuevo tipo de mantenimiento preventivo que usa medición moderna y técnicas de señal de proceso para diagnosticar la condición del equipo durante operación y determinar cuando se requiere mantenimiento. Para permanecer competitivas las compañías deben cambiar del mantenimiento periódico



al predictivo, en el equipo que es caro en reparación o que causa serias pérdidas si se descompone.

Los intervalos para el mantenimiento periódico convencional y reexaminación son usualmente decididos determinando el máximo tiempo de operación de las estadísticas de descomposturas y de la inspección visual y ha sido sujeto de largos errores experimentales. La reexaminación y los intervalos de mantenimiento deben ser derivados científicamente, basados en una exacta comprensión de las condiciones de la máquina. La tecnología de diagnóstico mide la tensión en el equipo y sus malfunciones, deterioro, fuerza, desempeño, y otras propiedades sin desmantelarlo. Es una tecnología para monitorear cambios continuos.

Los tipos de descomposturas a las cuales el mantenimiento predictivo es aplicable, está limitado a esos equipos a los cuales los cambios, en los parámetros seleccionados previamente son usados para proyectar descomposturas. No es apropiado cuando no hay medio de detectar malfunciones por adelantado, tampoco es apropiado cuando los costos del monitoreo sean más altos que los costos de reparación o que las pérdidas de producción.

El mantenimiento predictivo tiene como fines los siguientes:

- Reducir descomposturas y accidentes causados por el equipo.
- Incrementar los tiempos de producción y operación.
- Reducir los costos y tiempos de mantenimiento.
- Incrementar la calidad de los servicios y productos.

Las técnicas aplicadas para el diagnóstico de la máquina son siete y son las siguientes:

- Métodos térmicos. Incluyen el uso de pintura térmica para dar al equipo una termografía visible de los calentamientos.
- Monitoreo del lubricante. Monitorea color, oxidación, y partículas de metal contenidos en un análisis espectro químico.
- Detección de fugas. Fugas de vasos de presión se detectan con ultrasonido o gases halógenos.
- Detección de fisuras. Son detectados usando un flujo magnético, resistencia eléctrica, ondas ultrasónicas o radiación.
- Monitoreo de vibración. Choque y pulso son usados en maquinaria con partes movibles.
- Monitoreo del ruido. Varios tipos de detectores monitorean a través del ruido que genera.



- Monitoreo de la corrosión. Las emisiones acústicas y otros métodos son usados para monitorear la condición de los metales.

Los más usuales son el monitoreo térmico, monitoreo del lubricante y vibración, son extremadamente importantes, son una forma rápida en la detección de malfuncionamientos

#### 4. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Este sistema caracterizado por las siglas **TPM** (*total productive maintenance*), coloca a todos los integrantes de la organización, en la tarea de ejecutar un programa de mantenimiento preventivo, con el objetivo de maximizar la efectividad de los bienes.

Centra entonces el programa en el factor humano de toda la compañía, para lo cual se asignan tareas de mantenimiento a ser realizadas en pequeños grupos, mediante una conducción motivadora.

El TPM se explica por:

- Efectividad total a efectos de obtener la rentabilidad adecuada, teniendo en cuenta que ésta hace referencia a la producción, a la calidad, al costo, al tiempo de entrega, a la moral, a la seguridad, a la salubridad y al ambiente.
- Sistema de mantenimiento total consistente en la prevención del mantenimiento (diseño libre de mantenimiento al cual ya nos hemos referido) y en la mejora de la mantenibilidad.
- Intervención autónoma del personal en tareas de mantenimiento.
- Mejoramiento permanente de los procesos al mejorar el mantenimiento.

Una vez que los empleados se encuentran bien entrenados y capacitados, se espera que se ocupen de las reparaciones básicas, de la limpieza del equipo a su cargo, de la lubricación (cambios de aceites y engrases), ajustes de piezas mecánicas, de la inspección y detección diaria de hechos anormales en el funcionamiento del equipo. Para ello, es necesario que hayan comprendido la forma de funcionamiento del equipo y puedan detectar las señales que anuncian sobre la proximidad de llegada de las fallas.

El mantenimiento principal lo seguirán realizando los especialistas, quienes poseen formación e instrumental adecuado.

Debemos tener en cuenta que tradicionalmente los especialistas dicen, que los operarios de producción actúan incorrectamente sobre las máquinas y que por eso se



rompen. Por su parte, la gente de producción expresa, que los de mantenimiento las reparan mal y que por ello las máquinas no aguantan. Para aumentar más esta antinomia, los operarios de mantenimiento ganan más que los de producción, razón por la cual estos últimos, al ocuparse de algunas tareas de los primeros, reivindican reclamos salariales.

Por estos motivos, la labor de motivación y adoctrinamiento de esta filosofía del trabajo resulta fundamental.

### LA GESTION Y ORGANIZACION

Las actividades de mantenimiento pueden organizarse y administrarse de formas variadas. Para todas ellas son aplicables las características que señalamos a continuación, con excepción del TPM la cual constituye una filosofía especial de mantenimiento y que debe incluirse en los planes de producción.

En primer lugar, debemos decidir si el mantenimiento se realizará con personal propio o mediante tercerización, teniendo en cuenta que aún en este último caso, existirá por lo general, algún tipo de personal propio para atender urgencias.

La organización también depende de las modalidades de operación de la empresa, trabajo en uno, dos o tres turnos. Las tareas que pueden ser programadas se efectúan en las horas no dedicadas a producción a efectos de evitar las interferencias; los grupos nocturnos constituyen servicios de guardia cuando se labora en horas de la noche además de poder atender trabajos programados, etc.

Si se desea una buena efectividad de los equipos, será conveniente disponer de algún exceso en la dotación y capacitar operarios polivalentes de modo de que los mismos puedan ser empleados tanto en producción como en mantenimiento.

Asimismo, es bastante común que se estructure una división de la dotación según especialidades, por ejemplo, mecánica, electricidad, electrónica, instalaciones, civil, etc.

Por otra parte, dependiendo de la configuración física de la empresa, puede existir un único taller de mantenimiento o bien, un taller central en el cual reside la parte más importante del servicio, y talleres zonales que se encargan de tareas más sencillas o rutinarias.

En todos los casos, el apoyo administrativo es un requisito valioso de modo que la gran cantidad de datos del sistema permita una búsqueda e información eficientes.

La documentación técnica correspondiente a los distintos bienes, debe facilitar las tareas de mantenimiento y encontrarse perfectamente archivada y actualizada con las eventuales reformas o modificaciones que se le pudieran haber introducido. Estos bienes los identificamos a través de su código y los archivos deberán brindarnos datos como su denominación, fechas de compra e instalación, si es nacional o importado, marca, modelo, fabricante, distribuidor o representante, ubicación física, estado de conservación, grado de criticidad, características técnicas y expectativa de vida.

También se debe contar con archivos de las actividades de mantenimiento, con indicación del tipo de mantenimiento que les corresponde, su frecuencia, tiempo estándar o predeterminado para su ejecución, método de la actividad, normas, criterios y roles de prevención de la seguridad, repuestos y materiales a emplear, herramientas e instrumentos, especialidades y dotación necesarias.

Entre los documentos empleados, se cuentan las órdenes de trabajo (similares a las vistas anteriormente) y las órdenes de recorrida; estas últimas se aplican para "recorrer" un sector definido de la planta o cierta clase de equipo, y realizar secuencialmente una serie de tareas de pequeña dimensión. Por ejemplo, una recorrida semanal podría consistir en la revisión de los niveles de aceite de los transformadores de alimentación; una mensual, regulación de los registros de ajuste de las protecciones eléctricas.

#### **IV. LA GESTIÓN DE LOS MATERIALES Y REPUESTOS**

Si se trata del rubro repuestos, es conveniente tener en cuenta que cuando adquirimos un equipo nuevo, podemos solicitar al proveedor un listado de repuestos recomendados para emplear durante el primer o los dos primeros años de uso del equipo.

En general, los costos de los repuestos, suelen ser mucho más bajos adquiridos de este modo que cuando se solicita cotización sólo por ellos. Por otra parte, en esas condiciones, tenemos la seguridad de que los repuestos son piezas exactamente iguales a las que se encuentran montadas en el equipo.

Una pieza de repuesto para la máquina, Protovac próxima a adquirir por la sociedad INVAC para su planta de Misiones, fue cotizada por el fabricante en \$220 por unidad, si se la compra junto con la máquina, en un lote de tres unidades que cubrirían la vida útil de la misma.

En otra planta, ubicada en la provincia de Tucumán, existe una máquina similar para la cual esa pieza de repuesto se compra cuando se produce una rotura. El lucro



cesante durante la parada de la máquina, es de \$1500 y el costo del repuesto es de \$500.

Si la probabilidad de sufrir 1, 2 o 3 fallas durante la vida útil, fue estimada en 1/3, ¿cuántas unidades del repuesto debieran ordenarse al comprar la máquina?

Este problema se resuelve sobre la base del denominado valor esperado. En este caso debemos hallar el valor esperado de los costos, afectados éstos por su respectiva probabilidad al comprar en un caso, una sola pieza, luego dos, luego tres, luego cuatro, etc. El menor costo esperado nos dará la solución al problema.

### NÚMERO DE FALLAS

	1	2	3	COSTO ESPERADO
<b>PROBABIL</b>	1/3	1/3	1/3	
<b>1 PIEZA</b>	220	220+2000	220+4000	2220
<b>2 PIEZAS</b>	440	440	440+2000	1106,7
<b>3 PIEZAS</b>	660	660	660	660
<b>4 PIEZAS</b>	880	880	880	880

El procedimiento es el siguiente: Si adquirimos una sola pieza y ocurre una sola falla, habremos invertido los \$220 del costo de la pieza. Al ocurrir la segunda falla, ya no tenemos más repuestos y debemos adquirirlo a un precio de \$500 y soportar un lucro cesante de \$1500, o sea, \$2000 y, en total habremos gastado los \$220 del repuesto inicial, más los \$500 del segundo repuesto, más los \$1500 del lucro cesante.

Para hallar el costo esperado procedemos a multiplicar cada probabilidad por cada costo, sumando los tres guarismos:

$$1/3 \times 220 + 1/3 \times 2200 + 1/3 \times 4220 = \$2220$$

El procedimiento continúa del mismo modo para dos, tres y cuatro unidades de repuesto.

Para el caso del ejemplo, puede demostrarse que comprando tres piezas de repuesto junto con la máquina, minimizamos el costo esperado durante la vida útil de la misma.

En el caso de que los montos invertidos en repuestos resulten elevados, tanto para equipos nuevos como usados, convendrá analizar separadamente cada caso.

La aplicación de la gráfica ABC resulta útil para discriminar, en este caso, sólo entre los materiales y repuestos clases A y B (20% de los ítems suelen representar el 80% del valor económico del inventario para la clase A y a la inversa para la clase B). Podemos en consecuencia, adquirir los materiales de escaso valor, cubriendo períodos relativamente extensos de uso.

Para los casos en que los materiales y repuestos sean de consumo constante, podemos valernos de las técnicas de gestión de inventarios que veremos más adelante.

Si en cambio su consumo muestra una alta aleatoriedad, es decir, momentos en que la demanda resulta muy baja o muy alta, debemos buscar ayuda en la estadística para gestionar adecuadamente los repuestos necesarios.

Más sencillamente se gestionan los materiales y repuestos que podemos contabilizar como necesarios para los trabajos que se ejecutan durante las paradas programadas. Podemos comprarlos con la debida anticipación (justo a tiempo) de modo de minimizar el costo total, resultante del costo de mantener inventario, más el costo de ordenar el mismo.

Lo que no debemos perder de vista, es el grado de criticidad o de importancia de los equipos a los cuales estarían destinados estos materiales y las consecuencias que genere una falla no reparada en tiempo.

### **EL PERSONAL DE MANTENIMIENTO**

Las tareas de mantenimiento pueden ocupar a personal de diversas áreas, según la organización empresaria y según el tipo de bienes a mantener.

El mismo puede ser propio o ser contratado total o parcialmente con empresas especializadas mediante tercerización.

La empresa debe decidir si todas las tareas las realizará el sector de mantenimiento o si, siguiendo la tendencia actual, se inclinará por el TPM en el que los operarios de producción realizan el mantenimiento liviano.

El personal interno puede tener su base de tareas en el único taller existente o bien en talleres zonales dependientes del primero, según tamaño, extensión, complejidad y localización de las áreas o bienes a mantener. En este último caso, intervendrá en las emergencias excepto imposibilidad técnico-operativa para ello.



Como ya se adelantara, en los casos de operación durante las 24 horas, debemos mantener una guardia nocturna para actuar ante emergencias.

Un buen servicio de mantenimiento debiera tener una parte de su tiempo ocioso o en tareas de planeamiento del mantenimiento, o en tareas de producción, con el objetivo de disminuir los costos de parada dado que el servicio debe prestarse de inmediato, especialmente sobre los equipos críticos e importantes.

Ello resulta evidente en la siguiente situación:

El taller de mecanizado LA MAQUINA S.A., posee varias máquinas que tienen igual distribución del tiempo medio de falla, es decir, tiempo medio entre fallas semejante. Cuando una de estas máquinas se descompone, el personal la atiende en un tiempo determinado pero, si el mismo está atendiendo a otra máquina parada por falla con anterioridad, las sucesivas deberán integrar una cola de espera.

Si se aumenta la dotación, se reducirán las demoras hasta un punto en que existirá un adecuado balance entre recursos y lucro cesante, resultando un costo total mínimo o cercano al mínimo.

Las instalaciones productoras de bienes y servicios, son generalmente estudiadas, entre otros, con el objetivo de satisfacer de la mejor manera posible el flujo de los materiales y productos y poca atención se le presta o prestaba durante la fase de proyecto, a las tareas de mantenimiento, las que de por sí son muchas veces complejas y complicadas.

Con el paso del tiempo, las tareas se acomplejan y complican aún más a poco que tengamos en cuenta que un establecimiento con 15/20 años de explotación, rara vez es conservado en idénticas condiciones que las de diseño.

Así aparecen modificaciones por cambio de procesos, de tecnologías, de productos, de materias primas e insumos, de maquinarias, de metodología de trabajo, de distribución en planta, etc.

Como dichas modificaciones no son estudiadas en forma integral, sino que sólo son adecuaciones del sistema de producción, las condiciones iniciales de mantenimiento, de por sí complejas, se agravan con los cambios que se van introduciendo y ya no aparece un lote compacto de unidades de producción que en su instalación inicial eran idénticas, por ejemplo: igual marca, modelo, tipo, diseño, potencia, velocidad, regulación, tamaño, lógica de operación, régimen de trabajo, accesorios, repuestos,

proceso de armado y desarmado, etc., en definitiva, igual exigencia, secuencia, tipo y alcance de tarea de mantenimiento.

Comenzamos hace 26 años en una zona de desgravación impositiva; pudimos equipar la planta con 12 compresores a pistón marca IRC todos del mismo tamaño y modelo, para producir frío para las cámaras. Enviamos 2 técnicos al extranjero para que se capacitaran en el mantenimiento de los compresores. Desde hace 8 años atrás estamos reemplazando los IRC, que ya no se fabrican más, por los que en cada caso nos parecen mejores si tenemos en cuenta el rendimiento frigorífico y el costo de compra.

Ahora tenemos: 2 IRC de los viejos, 3 marca FRIAR modelo BRRR, 1 de igual marca pero más grande, modelo BR4, 2 marca YELO y otros 3 marca O-FRI que estamos instalando."

El personal no siempre puede desmontar de la planta en forma sencilla lo que debe reparar, llevarlo al taller y arreglarlo. En esas condiciones de trabajo, poseería sólo las complicaciones naturales que deben vencerse con el conocimiento que sobre la cosa a reparar disponga el equipo de trabajo.

En efecto, algunos arreglos deben ser hechos en el mismo lugar de producción, sobre la máquina o instalación a reparar – soportando las condiciones ambientales del lugar – y en otros casos, la tarea de desmontaje no resulta ni sencilla, ni cómoda; especialmente en los casos en que la disposición del lugar o la imposibilidad de aplicar ayudas mecánicas, no facilitan una solución menos penosa.

Tratándose de equipos críticos o importantes, o actuando frente a reparaciones de emergencia, **la presión del tiempo** se manifiesta claramente sobre el personal, debido a la necesidad de reponer en servicio las instalaciones en forma urgente.

Por último, el operario se debe posicionar muchas veces en forma incómoda, introducirse en espacios reducidos, realizar esfuerzos dinámicos importantes o estáticos de carga reducida o media pero que por su tipo, generan desfallecimiento muscular.

Debe trabajar a veces con piezas que se encuentran calientes, que contienen fluidos a presión o no, que pierden fluidos; emplea otras veces, equipos de protección que si bien protegen, dificultan su actividad manual, visual o auditiva; debe actuar normalmente sobre zonas que no se encuentran limpias sino todo lo contrario; trabajar en altura; en lugares poco ventilados o la intemperie, etc.



Todo lo expuesto nos da una idea de la complejidad de las tareas de mantenimiento y de la atención que se les debe a las mismas.

### **Conocimientos básicos para los operadores de mantenimiento**

Tomillos y tuercas.

Típicamente, las partes que forman el equipo de producción son separadamente maquinadas y ensambladas. La mayoría de esas partes se juntan por medio de tuercas y tornillos. Cada máquina usa un gran número de tuercas y tornillos como fijadores que requiere considerable tiempo para asegurarlas y fijarlas. A estos fijadores frecuentemente no se les da torque adecuado.

Cuñas y baleros.

Las cuñas son importantes al conectar flechas y partes como poleas, juntas, etc. Las cuñas vienen en varias formas y tamaños de acuerdo a las condiciones de carga y a la estructura del mecanismo. Los defectos en la forma en la que las flechas y el fresado se encuentran, o en la forma en que la cuña se ajusta, pueden causar daño o evitar la rotación o que las partes se roten. Es necesario que se conozcan varias técnicas para reemplazar cuñas y practicar con varios métodos de ajuste.

Trasmisiones de poder (engranes, bandas y cadenas).

Los elementos de transmisión de poder tienen una elevada importancia en el conocimiento de los elementos esenciales en un mantenimiento correctivo menor. Usan varios instrumentos para medir los defectos de ensamble y defectos de baleros durante la operación de prueba. Repetidamente ajustan la cantidad de lubricante aprendiendo como la cantidad afecta la temperatura de operación. Después reemplazan la banda-V por una cadena y repetidamente ajustan la tensión en la cadena para sentir la relación entre la tensión y las características de operación, como ruido y temperatura, entonces conectan una cuña ajustada a un engrane y practican corrigiendo la pérdida de carrera causada por el engrane así como por su alineación.

Hidráulica, neumática y sellado.

El poder hidráulico está basado en presión de aceite y el poder neumático en presión de aire. se usa esa fuerza en muchos tipos de equipo industrial. Para hacer el uso de las funciones de hidráulica y neumática más efectivo, se debe entender las características y estructura del equipo que se maneja. Es necesario saber como



prevenir las fugas de fluido y la introducción de materia extraña, con el apropiado uso de varios tipos de empaques.

### **Entrenamiento de mantenimiento para los operadores de equipo.**

Día tras día los operadores deben mantener el equipo operando normalmente, pero ellos raramente entienden el funcionamiento del equipo que usan. En TPM las funciones de mantenimiento que se enseñan a los operadores salvan esa situación. El programa de entrenamiento de mantenimiento para operadores de equipo recomendado son la capacitación en la operación y mantenimiento básico de su equipo, cursos de acción en caso de fallas, etc. Esta capacitación debe ser reforzada y/o dada por personal calificado de mantenimiento. Los tópicos cubiertos en el entrenamiento incluye manejo y mantenimiento de:

- Tuercas y tornillos.
- Flechas y coples.
- Baleros.
- Engranajes.
- Trasmisión de poder.
- Empaques.
- Lubricantes y lubricación.

### **CONTROL DEL MANTENIMIENTO**

Entre la información que debemos considerar a efectos de controlar la actuación de mantenimiento, se cuenta:

- Control del cumplimiento de los planes y de los programas, identificación y análisis de las causas que motivaron los desvíos.
- Control de la productividad y de la eficiencia de la mano de obra.
- Control de los gastos reales con relación a los planeados.
- Control sobre las horas de parada relacionadas con las horas de actividad de la planta.
- Control por comparación con indicadores mundiales de la misma actividad.

Varios gráficos pueden ser utilizados para visualizar rápidamente la actuación del mantenimiento:

- Horas de cuadrilla por quincena (gráfico 1). Nos permite determinar tamaño de la dotación, estabilidad, crecimiento o disminución de los problemas de mantenimiento.

- Horas planeadas/horas totales por quincena (gráfico 2) Nos sirve de guía para determinar cuánto trabajo de mantenimiento hemos planeado con relación a la actividad total.
- Gastos planeados/gastos reales (gráfico 3) En el mismo podemos observar la precisión con la cual están planeando los encargados de estimar los trabajos de mantenimiento, o lo mal que están cumpliendo sus funciones los operarios.
- Cantidad de órdenes de emergencia/órdenes totales (gráfico 4). Nos informa si tenemos dominada la situación o si la misma es de constante estado de alerta.

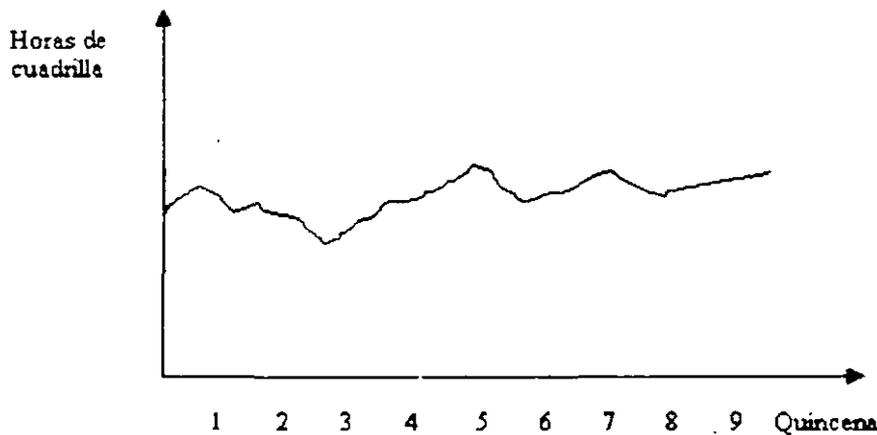


GRÁFICO 1

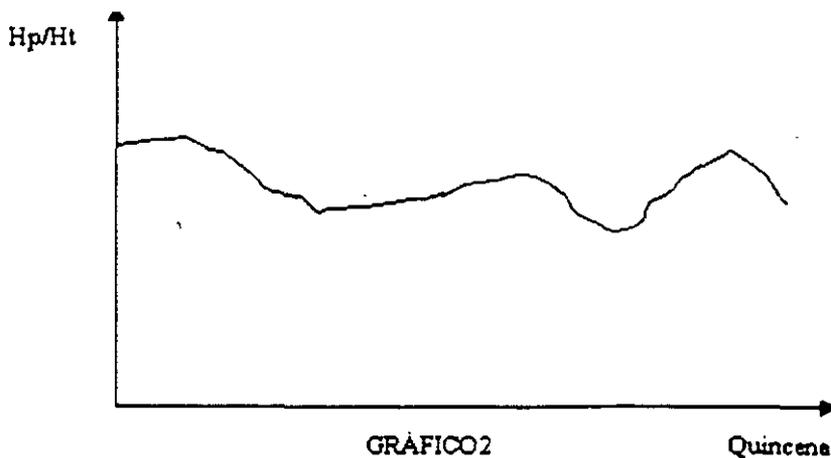


GRÁFICO 2

Quincena

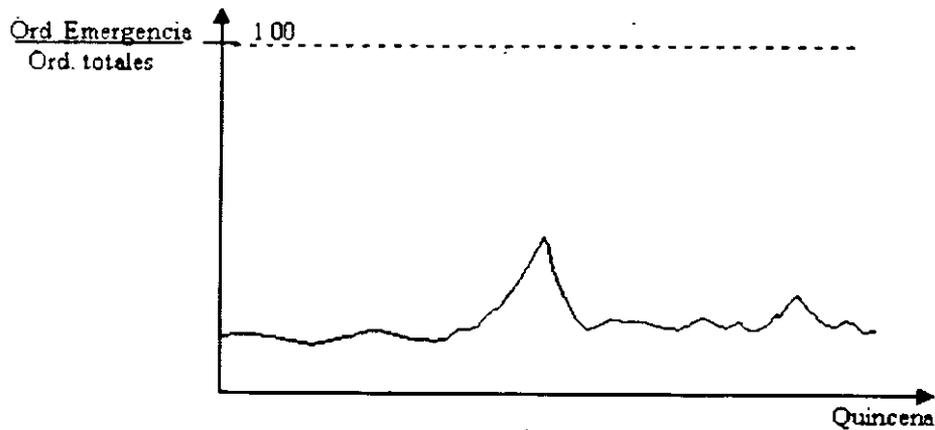
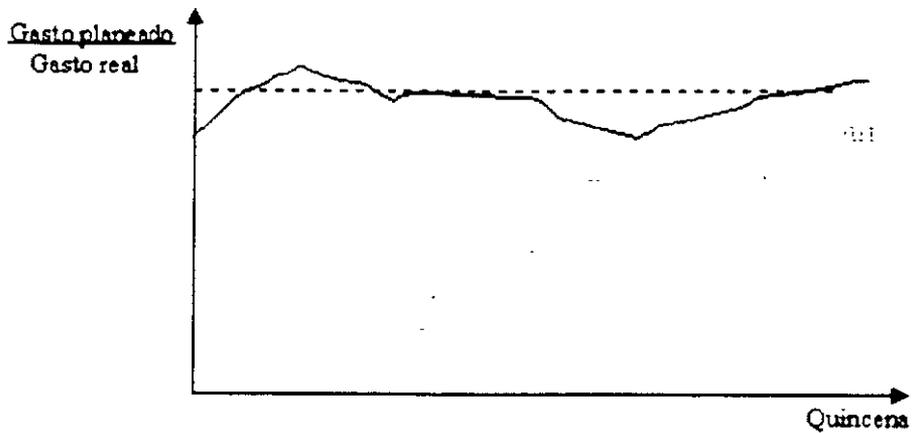


GRÁFICO 4

**MÓDULO II  
MANTENIMIENTO RUTINARIO. PARTE I****1. INTRODUCCIÓN AL TPM.**

Después de la Segunda Guerra Mundial, las industrias japonesas determinaron que para competir prósperamente en el mercado mundial, tenían que mejorar la calidad de sus productos, así, importaron, técnicas de manufactura y de administración de los Estados Unidos, y los adaptaron a sus circunstancias.

Para mejorar el mantenimiento del equipo, Japón importó de los Estados Unidos el concepto de mantenimiento preventivo, hace más de 30 años. Más tarde importó otros términos que incluían; mantenimiento productivo, prevención del mantenimiento, Ingeniería de confiabilidad, etc. Modificando lo anterior al ambiente industrial japonés, para formar lo que se conoce como TPM (Mantenimiento Productivo Total), algunas veces definido como; mantenimiento productivo implementado por todos los empleados. basado en que la mejora del equipo debe involucrar a todos en la organización, desde los operadores hasta la alta dirección.

El mantenimiento preventivo fue introducido en los años 1950's y el mantenimiento productivo viene a ser bien establecido durante los años 1960's. El desarrollo del TPM comenzó en los años 1970's. El tiempo anterior a los 1950's puede ser referido como el período del mantenimiento de las descomposturas.

El término TPM fue definido en 1971 por el Japan Institute of Plant Engineers, (hoy Japan Institute for Plant Maintenance) incluyendo las siguientes 5 metas:

1. Maximizar la eficacia del equipo
2. Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo por toda la vida del equipo.
3. Involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan, usan, o mantienen equipo, en la implementación de TPM.
4. Activamente involucrar a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los trabajadores de piso.
5. Promover el TPM a través de motivación con actividades autónomas de pequeños grupos.

La palabra "total" tiene 3 significados relacionados con 3 características de TPM.

- Eficacia total: perseguir la eficiencia económica.
- PM total: establecer un plan de mantenimiento para la vida del equipo, incluyendo prevención del mantenimiento (técnicas de monitoreo para diagnosticar las condiciones del equipo, identificando signos de deterioro y la inminente falla) y mantenimiento preventivo.
- Participación total: mantenimiento autónomo por operadores y actividades de grupos pequeños en cada nivel.

TPM tiene un doble objetivo: cero caídas en producción y cero defectos, cuando esto se ha logrado, el período de operación mejora, los costos son reducidos, el inventario puede ser minimizado, y en consecuencia la productividad se incrementa. Típicamente se requieren 3 años desde la introducción del TPM para obtener resultados satisfactorios. El costo depende del estado inicial del equipo y de la experiencia del personal de mantenimiento.

Para introducir TPM en la fábrica, la alta dirección debe incorporar el TPM dentro de las políticas básicas de la compañía, y concretar metas, tales como incrementar el período de uso del equipo a más del 80%, reducir las descomposturas en 50%, etc. Una vez que las metas han sido establecidas cada empleado debe entender, identificar y desarrollar las actividades de pequeños grupos en el lugar de trabajo, que aseguren el cumplimiento de las metas. En TPM, los grupos pequeños establecen sus propias metas basadas en las metas globales.

La mayoría de la gente tiene una resistencia innata al cambio, aún con los cambios que tienen consecuencias deseables. TPM, incrementa productividad, calidad, reduce costos, mejora las ganancias, y crea un ambiente favorable para los trabajadores. Aún así la alta gerencia de muchas compañías cuestionan el uso de TPM en su firma, aún observando los resultados dramáticos obtenidos por otras compañías.

Eliminar tal resistencia requiere educación preliminar en cada nivel. En Japón, sesiones de dos días han sido suficientes para los gerentes de departamento y de sección, y para líderes de grupo, mientras tres días se requirieron para los ingenieros de apoyo. Para los empleados de piso, se les instruye por sus supervisores, en como participar en las actividades de grupo, se les atiende con una presentación con movimiento acerca del TPM.

Para implementar el TPM en el curso de 3 años, se necesita un plan maestro, que sirva como lista de actividades para que el TPM sea dividido en etapas, se visualiza las funciones de los grupos en cada nivel.

Los pasos específicos para desarrollar el programa de TPM, deben ser desarrollados individualmente por cada compañía, es decir, ajustado a sus requerimientos. Hay cinco metas interdependientes, que representan los mínimos requerimientos para desarrollar el programa TPM:

- Mejora en la eficacia del equipo.
- Mantenimiento autónomo por los operadores.
- Un programa planeado de mantenimiento y administrado por el departamento de mantenimiento.
- Entrenamiento para mejorar las destrezas y operaciones de mantenimiento.
- Un programa de administración del equipo, para prevenir problemas que ocurren durante nuevas instalaciones o arranque de máquinas.

## 2. EFICACIA DEL EQUIPO.

La eficacia del equipo es una medida de valor agregado de la producción a través del equipo. TPM maximiza la eficacia del equipo por medio de dos tipos de actividad.

- Cuantitativa: incrementa la disponibilidad total del equipo y mejora su productividad en un período dado de tiempo.
- Cualitativa: Estabiliza la calidad.

Una meta de TPM es incrementar la eficacia del equipo para que cada parte pueda ser operada en todo su potencial y mantenida a ese nivel. El creer que las cero descomposturas pueden ser alcanzados es un prerrequisito para el logro de TPM.

**2.1 Índice de Eficacia del Equipo.** La eficacia puede ser medida utilizando la siguiente fórmula:

Eficacia del equipo = Disponibilidad x Tasa de Desempeño x Tasa de Calidad

La disponibilidad (tasa de operación); se mejora eliminando las descomposturas, ajustes de arranque, y las detenciones.

- La tasa de desempeño; se mejora eliminando las pérdidas de velocidad, detenciones menores y ocio.
- La tasa de calidad; se mejora eliminando los defectos en el proceso, durante los arranques



Las tasas pueden ser determinadas en cada área de trabajo. El alto nivel de eficacia solo se logrará cuando las tres tasas sean altas.

Los siguientes principios deben ser aplicados cuando se esté mejorando la eficacia:

- "Hacer medidas detalladas y exactas"
- "Establecer prioridades"
- "Establecer metas claras"

Para calcular las tasas a utilizar, es necesario revisar los siguientes conceptos:

- Tiempo de carga; se refiere a la disponibilidad neta del equipo durante un período dado. En otras palabras es el tiempo total disponible para operación menos los tiempos necesarios para descanso, encuentros, etc. (inevitables).
- Tiempo de operación; es el tiempo de carga menos el tiempo en el que el equipo está detenido debido a descomposturas, ajustes, cambio de herramienta y otros paros. Es el tiempo en el que el equipo está en operación.
- Tiempo de operación neto; es el tiempo en el que el equipo es operado estable y a constante velocidad. Al tiempo de operación se le resta el tiempo perdido por paros menores y por pérdida de velocidad.
- Tiempo valuable de operación; es el tiempo neto de operación, menos el tiempo estimado que se requiere para retrabajar los productos defectuosos. Es el tiempo durante el cual los productos aceptables son manufacturados.
- Tiempo de ciclo ideal; es el tiempo diseñado para la producción de un unidad.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{tiempo de carga} - \text{tiempos caídos}}{\text{tiempo de carga}}$$

$$\text{Tasa de desempeño} = \frac{\text{producción} \times \text{ciclo de tiempo ideal}}{\text{tiempo de operación}}$$



$$\text{Tasa de calidad} = \frac{\text{número de productos buenos}}{\text{producción.}}$$

Los niveles para la eficacia del equipo, difieren dependiendo de la industria, de las características del equipo, y sistemas de producción involucrados. La eficacia del equipo promedia de 40 a 60 por ciento en las compañías investigadas por JIPM (Japan Institute for Plant Maintenance). Este estándar puede ser elevado a 85 o 95 por ciento, a través de varias actividades de mejora, enfocándose a la reducción y eliminación de las pérdidas de eficacia del equipo.

**2.2 Pérdidas Crónicas y Esporádicas.** Las pérdidas crónicas son causadas por los defectos ocultos en la maquinaria, equipo y métodos de trabajo, es una condición fundamental que sean eliminados. El término crónico se refiere al fenómeno que ocurre repetidamente en un rango de distribución, lo que va más allá de este rango es referido como esporádico. Típicamente los problemas de mantenimiento se caracterizan como esporádicos, son eventos infrecuentes y eventuales que causan descomposturas y una pérdida obvia de calidad

El remedio para las pérdidas esporádicas es "reparación", del status. La clave para las pérdidas crónicas es "innovación", para cambiar el status.

Sumarizando, las pérdidas esporádicas son: problemas visibles, las acciones apropiadas son fáciles de diseñar. Los problemas crónicos: resultan de descuidos, ocurren frecuentemente, no llaman la atención de los supervisores, son difíciles de cuantificar, deben ser detectadas comparando con las condiciones originales.

### 3. PÉRDIDAS CRÓNICAS.

Las pérdidas crónicas permanecen cuando se presentan las siguientes circunstancias comunes:

- Las acciones no han prosperado.
- Las presiones de producción o entrega no permiten implementar la medida correctiva.
- El problema no es entendido o es malentendido.
- Hacer de menos el problema, o ausencia de entrenamiento.

Para reducir las pérdidas crónicas, se debe investigar completamente las características de las condiciones imperantes.

Las pérdidas crónicas pueden ser reducidas mediante algunos de los pasos siguientes:

- 3.1- Incrementando la confiabilidad del equipo.
- 3.2- Incrementando la restauración del equipo.
- 3.3- Estableciendo las condiciones de operación óptimas.
- 3.4- Eliminando los defectos leves del equipo.
- 3.5- Utilizar el análisis P-M.

**3.1 La confiabilidad del equipo.** Es la probabilidad de que el equipo, o el sistema, desempeñará las funciones requeridas satisfactoriamente, bajo condiciones específicas, en un cierto período de tiempo. La baja confiabilidad del equipo es la causa fundamental de las pérdidas crónicas. La confiabilidad es basada en dos factores:

*3.1.1 Confiabilidad intrínseca:*

- Confiabilidad de diseño; los malos diseños dan como resultado fallas mecánicas, corta vida en las partes, instrumental de detección pobre, mala forma en las piezas de trabajo, etc.
- Confiabilidad de fabricación; el fabricante de equipo, ensamble de partes, exactitud dimensional, forma de partes, etc. influyen en esta fuente.
- Confiabilidad en la instalación; la impropia instalación resulta en vibración, equipo desnivelado, mal cableado, mala plomería, etc.
- Confiabilidad operacional:

*3.1.2 Confiabilidad en operación y manipulación;* los errores de manipulación, errores de ajuste y arranque, estándares de operación incorrectos, inconsistencia en el mantenimiento de las condiciones básicas, reducen la confiabilidad.

- Confiabilidad en mantenimiento; los errores en mantenimiento como el mal reemplazo de partes o ensamble incorrecto, reducen también la confiabilidad del equipo.

**3.2 Restauración del equipo.** Todo el equipo cambia con el tiempo dependiendo de las características particulares, los cambios grandes causan descomposturas en el equipo, cuando los pequeños cambios son descuidados (referidos como deterioro), pueden desarrollarse como descomposturas.

Restauración se refiere a retornar el equipo a sus condiciones originales o condiciones ideales, cambiando las partes y mecanismos. Sí solo unas partes han sido cambiadas, las pérdidas continuarán. Esto no es aplicable a equipo que no puede satisfacer los requerimientos técnicos o de mercado.

Hay dos tipos de deterioro:

- Natural; que ocurre a pesar de todo y por causa del uso.
- Acelerada; que ocurre en un período más corto y es causada por factores humanos.

El deterioro debe ser identificado por inspección y corregido lo más rápido posible, desafortunadamente, los esfuerzos por detener el deterioro y la restauración son frenadas, por causa de que la siguiente información no siempre está disponible:

- "Condiciones óptimas originales"
- "Métodos para detectar deterioro"
- "Criterio para medir el deterioro"
- "Procedimientos adecuados de restauración"

Los problemas de deterioro pueden ser evitados estableciendo criterios y procedimientos como:

- Limpieza, es una manera efectiva para verificar y controlar el buen estado del equipo, sirviendo como forma primaria de inspección.
- Mantenimiento predictivo, los diagnósticos técnicos miden el deterioro en términos físicos y químicos. Si las condiciones están fuera de control, se toman medidas correctivas. Para llevar a cabo el mantenimiento predictivo es necesario tener la siguiente información: como medir el deterioro, como detectar signos de anormalidad, que son las condiciones normales, donde están los límites de normalidad-anormalidad.

**3.3 Condiciones de operación óptimas.** Son las óptimas para el mantenimiento y funcionamiento de la capacidad del equipo, de tal forma que el equipo puede ser completamente utilizado en un período dado de tiempo.

Son condiciones necesarias, los mínimos requerimientos para la operación. Son condiciones deseables, las que sobrepasan los niveles estándar de operación. Estas últimas también son conocidas como óptimas. Las siguientes preguntas pueden ayudar para establecer las condiciones óptimas:

- La precisión dimensional. ¿Son las partes medidas y maquinadas exactamente?
- Apariencia externa. ¿Cuál es la condición externa de las partes y unidades?
- Precisión de ensamble. ¿Son las partes y componentes precisos?
- Precisión de instalación. ¿Se sacude la máquina? ¿Está a nivel?
- Precisión operacional. ¿Se compara lo normal con lo óptimo?
- Partes funcionantes. ¿Son críticas, normales, son compatibles con el equipo o sistema?
- Ambiente. ¿Es favorable al equipo, polvo, suciedad, existen requerimientos?
- Fuerza de materiales. ¿Es el material adecuado? ¿Hay alguno más durable, es la rigidez suficiente?

Las condiciones óptimas deben ser conocidas para descubrir las condiciones defectivas donde se necesita mejora. Las condiciones básicas se encuentran en manuales, dibujos, fuentes técnicas, algunas veces en detalle de partes, instrucciones de ensamble y manuales de instalación. Para decidir sobre las condiciones óptimas y seleccionar los límites de control, hay que recurrir algunas veces a la base de prueba y error, o cambiar las condiciones para exponer defectos ocultos.

**3.4 Defectos leves del equipo.** Son tradicionalmente considerados no dañinos, porque su efecto individual en las descomposturas y defectos de calidad es mínimo. Incluye cualquier factor que parece tener efecto en el resultado, sin importar su probabilidad. Polvo, suciedad, vibración, 1 a 2 % de abrasión caen en esta categoría por ejemplo.

El objetivo de enfocar estos pequeños defectos es el de prevenir el efecto potencial que pueden producir al acumularse, y que pueden disparar otros factores. Ningún acercamiento analítico garantiza la identificación de cuales defectos causan tales problemas, la solución es eliminar todos los posibles defectos. Para ello, hay que seguir dos principios:

- Evaluar la relación entre el equipo y los defectos leves, desde una perspectiva ingenieril, revisar los factores relacionados y los principios básicos.

- No distraerse, mantener en mente que la probabilidad de que un defecto simple contribuya al problema total se muestra como irrelevante. Cualquier defecto sospechoso debe ser eliminado.

**3.5 Análisis P-M.** El análisis P-M es una técnica desarrollada para promover la completa y sistemática eliminación de los defectos que contribuyen a pérdidas crónicas. P-M es un acrónimo de las palabras empezando con P (phenomena, physical, problem) y M (mechanism, machinery, manpower, material). A través del análisis P-M todos los factores pertinentes en las pérdidas crónicas son eficientemente identificadas y eliminadas, incluye los siguientes pasos:

*3.5.1 Clarifique el problema.* Cuidadosamente investigue el problema y compare su aparición, condiciones, y partes afectadas con los de equipo similar, determine si el fenómeno es el mismo o ligeramente similar.

*3.5.2 Lleve a cabo un análisis físico del problema.* Considere las leyes naturales detrás del problema observado. reevalúe las causas básicas, acciones anteriores y puntos de control.

*3.5.3 Liste cada condición potencial relacionada con el problema.* Considere que condiciones deben estar presentes para producir el fenómeno.

*3.5.4 Evalúe el equipo, materiales y métodos.* Considere que condiciones identificadas en el paso 3, tienen relación con factores tales como el equipo, herramientas, material y métodos de trabajo involucrados. Liste los factores que tienen influencia.

*3.5.5 Planee la investigación.* Cuidadosamente planee la acción y dirección de la investigación para cada factor. Decida que medir y como medir y seleccione el plano de deducciones.

*3.5.6 Investigue los malfuncionamientos.* Todo lo planeado en el paso 5 debe ser completamente investigado. Mantenga en mente las condiciones óptimas a ser ejecutadas y la influencia de defectos leves.

*3.5.7 Formule planes de mejora;* en la base de las investigaciones que preceden, planee e implemente las estrategias de mejora para cada factor.

#### 4. PÉRDIDAS ESPORÁDICAS.

La eficacia del equipo es limitada por pérdidas esporádicas que pueden ser reducidas por medio de las siguientes actividades:

4.1 Tomando acción contra descomposturas; dos tipos de pérdidas son causadas; pérdidas de tiempo y pérdidas de cantidad.

4.2 Mejorando los tiempos de preparación y ajuste; estas pérdidas resultan cuando hay cambios de requerimientos en los productos. hay pérdidas de tiempo y de productos, por defectos.

4.3 Reduciendo el ocio y detenciones menores; son difíciles de cuantificar y fáciles de resolver, estas pérdidas de tiempo tienen un gran impacto en la eficacia y normalmente se deben a paros por malfuncionamiento, obstrucciones y ocio.

4.4 Reduciendo pérdidas por velocidad; se refiere a la pérdida de producción causada por la diferencia entre la velocidad diseñada para el equipo y la velocidad actual de operación.

4.5 Reduciendo los defectos crónicos de calidad; son pérdidas causadas al producir productos defectuosos.

**4.1 Tomando acción contra descomposturas.** La mayoría de la gente reconoce que las descomposturas son una forma de pérdidas en manufactura. Para tomar en serio este tipo de problemas, requiere primeramente, una forma distinta de pensar. En japonés, una descompostura significa daño causado por acciones humanas.

Una falla o descompostura es la pérdida de una función específica en cierto objeto (máquina, sistema, parte), pudiéndose dividir en dos categorías:

- Descompostura con pérdida de función; en el cual el equipo deja de funcionar.
- Descompostura con reducción en las funciones; son considerados menos serios y son problemas relacionados con el deterioro en partes específicas del equipo.

Una pobre administración del equipo promueve las descomposturas crónicas. Son muchas las razones para responder ineffectivamente a los problemas de



descomposturas crónicas, por ejemplo; división del trabajo, inadecuado entrenamiento o ausencia de el, dependencia de contratistas, el diseño no es muy confiable, poco personal de mantenimiento, ausencia de tecnología, equipo sobrecargado, inspección inefectiva, no hay acción contra deterioro etc. Estos problemas suceden cuando la administración no es lo suficientemente cuidadosa de la importancia del mantenimiento. Cuando se hace evidente produce una declinación en la moral y esto incrementa las descomposturas crónicas.

*4.1.1 Principios básicos para cero descomposturas.* Los defectos del equipo son desordenes que causan descomposturas. Cinco tipos de acciones son necesarias para descubrir apropiadamente los defectos ocultos .

A. Mantenimiento de las condiciones básicas del equipo. tres factores son involucrados para lograrlo:

- Limpieza; remover, el polvo y contaminación que causa fricción, los impedimentos, los goteos, examinar las tuercas. Descubrir defectos ocultos como abrasión, rayaduras, vibración, sobrecalentamiento, sonidos anormales.
- Lubricación; en muchas fábricas las reservas de lubricación se dejan vacías y se cubren con polvo y lodo, tapando o goteando, esto acelera el deterioro afectando las condiciones del equipo.
- Fijación de partes sueltas; Las partes quebradas o sueltas juegan un papel importante en las descomposturas incrementando las sacudidas, que afloja otras partes creando más vibración y causando una reacción en cadena.

B. Mantenimiento de las condiciones de operación. Son las que deben coincidir con el equipo para operar a su potencial, en sistemas hidráulicos, por ejemplo la temperatura del aceite, cantidad, presión, pureza y nivel de oxidación deben ser controlados. Las condiciones incompletas resultan en defectos ocultos, para eliminarlas, las condiciones deben ser establecidas y mantenidas para cada pieza del equipo y sus partes.

C. Restaurar el deterioro. Típicamente, cuando el equipo se descompone, solo las partes directamente involucradas en la descompostura son restauradas

Aún cuando la pieza quebrada o gastada es reemplazada las descomposturas persisten, por la razón de que el balance de precisión del equipo no ha sido restaurado.

D. Corregir las debilidades del diseño. Cuando la vida del equipo es corta los costos de mantenimiento son grandes, aún cuando las condiciones básicas son controladas. En estos casos los problemas son causados por el diseño del equipo, requiere cambios en el diseño, alteraciones en el material, dimensiones, y forma de las partes componentes. Para comprender la verdadera fuente de debilidad y desarrollar un plan de mejora se hace lo siguiente:

- Entienda apropiadamente la ocurrencia defectiva y sus condiciones, antes y después de la descompostura.
- Confirme la estructura del equipo y sus funciones.
- Confirme el apropiado mantenimiento de las condiciones básicas, de la operación, manipulación y condiciones de carga; confirme la restauración o deterioro en las funciones relacionadas.
- Clarifique el mecanismo que rompió el fenómeno.
- Investigue las causas.
- Planee la estrategia de mejora.
- Implemente la estrategia de mejora.
- Siga y evalúe los resultados de la mejora.

E. Mejora de operación y destreza de mantenimiento. Al pensar en las soluciones a descomposturas tendemos a olvidar al factor humano, la educación y entrenamiento de operadores, trabajadores de mantenimiento, diseñadores de equipo y gerentes; apoya cualquier esfuerzo para llegar a las cero descomposturas.

**4.2 Mejorando los tiempos de preparación y ajuste.** Los tiempos de preparación del equipo y ajuste, principian cuando la producción de un producto se completa, y termina, cuando la calidad estándar es lograda en la producción del siguiente producto. En otras palabras, es el tiempo requerido para remover dados, plantillas, etc. de un producto, más el tiempo usados para limpiar, preparar dados, plantillas, etc. para el siguiente producto, más el tiempo usado para ensamblar el equipo, ajustarlo, hacer corridas de prueba y volver a hacer ajustes, etc. hasta que el producto alcance una calidad aceptable.

Con las técnicas ampliamente difundidas de Shingeo Shingo's conocidas como SMED (Single-Minute Exchange of Die) y la creciente confiabilidad de los avances de Ingeniería Industrial a los problemas de la fábrica, los tiempos de preparación y ajuste han sido reducidos. Aún así queda lugar para mejoras en muchos casos, particularmente en el área de los ajustes.(que cuenta por el 50% del tiempo de preparación).



La mayoría de la gente se queja de la pérdida de tiempo en preparar y ajustar el equipo, pero pocos entienden la relación entre las variables para hacer mejoras.

*4.2.1 Actividades de preparación internas y externas.* El primer paso para mejorar el tiempo de preparación es distinguiendo las actividades que se llevan a cabo:

- Actividades externas de preparación; son esas que se pueden hacer cuando el equipo está en funcionamiento.
- Actividades internas de preparación; pueden hacerse solo cuando el equipo está sin funcionar

El tiempo es reducido eliminando del tiempo de preparación interna todas las tareas que pueden ser desempeñadas mientras el equipo está en funcionamiento, este es el primer paso en las mejoras.

Los siguientes métodos pueden ser usados para convertir las actividades internas a externas:

- Preensamble. Hacer esto durante la preparación externa, posicionarlo en la preparación interna.
- Uso de estándares o plantillas de rápido acomodo. Compare las formas de las herramientas y plantillas para diferentes productos y considere la preparación de una plantilla estándar, considere el uso de plantillas de rápido posicionamiento.
- Elimine los ajustes. Establezca valores constantes que permita preparaciones rápidas.
- Use plantillas intermedias. Tienen preparada la herramienta en la posición ya ajustada.

Para eliminar pequeñas pérdidas de tiempo considere las siguientes preguntas:

- Que preparaciones se necesitan hacer por adelantado.
- Que herramientas se deben tener a la mano.
- Están las herramientas y plantillas en buenas condiciones.
- Que tipo de mesa de trabajo es necesaria.
- Donde deberían los dados y plantillas colocase después de ser removidos, si serán transportados.
- Que tipo de partes son necesarias, cuantas se necesitan.

Tres reglas simples deben tenerse en mente al tratar de mejorar tiempos de preparación y ajuste:

- Que no se busque por partes o herramientas.
- No mover cosas innecesariamente, establecer la mesa de trabajo y el área de almacenamiento apropiadamente.
- No usar las herramientas o partes incorrectas.

Estas reglas son relacionadas a los principios japoneses de Seiri (organización) y Seiton (aseo, buen arreglo). Implementando mejoras descubiertas por este tipo de interrogaciones, puede reducir el tiempo de preparación en un 30-50%.

4.2.2 *Eliminando ajustes.* Muchos ajustes pueden ser desempeñados sin prueba y error, solo los ajustes inevitables deben permanecer. Para eliminar ajustes analice su propósito, causas, métodos actuales y eficacia.

A. Propósito del ajuste. Posicionar, centrar, medir, ajustar tiempo, balancear, etc.

B. Causas del ajuste. pueden ser necesarios por las siguientes circunstancias;

- Acumulación de errores. Cuando no hay límites específicos de mantenimiento, combinado con la falta de equipo, da lugar a acumular errores.
- Falta de rigidez. Si todo es revisado cuando el equipo no está funcionando, y se producen errores durante la producción, el equipo o las partes pueden ser flexibles.
- Falta de estándares. Los ajustes son requeridos cuando no hay estándares o cuando los estándares son inadecuados o cuando no hay suficientes datos disponibles para preparar el estándar.
- Falta de métodos de medición. Los métodos disponibles de medición y sus instrumentos deben ser adoptados.
- Ajustes inevitables. Algunos tipos de mecanismos y equipos requieren de la intervención humana, para el apropiado funcionamiento. a menos que el mecanismo sea rediseñado, los ajustes se seguirán requiriendo.
- Métodos inapropiados de trabajo. Cuando los métodos no son claros se hace necesario los ajustes.

C. Análisis de la eficacia de las operaciones de ajuste. Use el siguiente análisis para estudiar la eficacia de las operaciones para determinar cuales ajustes son esenciales y cuales deben ser eliminados:

- Identifique propósitos.. Algunos ajustes tienen más de un propósito.



- Analice métodos. Analice los detalles, considere los siguientes puntos: El orden de los pasos a seguir, criterio de los métodos, número de repeticiones, distinción entre ajustes iniciales y finales, funciones de los ajustes, métodos de manejo de materiales, métodos de medición, etc.
- Clarifique razones. Use los conocimientos adquiridos en los pasos anteriores, liste y organice las razones aparentes para los procedimientos.
- Analice principios. Busque más allá de los procedimientos, cuales son las funciones reales de las operaciones de ajustes.
- Investigue causas. Identifique porqué los ajustes son necesarios, que causó el ajuste.
- Considere alternativas. finalmente considere mejoras que eliminarán la necesidad de hacer ajustes.

**4.2.3 Mejora de ajustes inevitables.** Cuando los ajustes no pueden ser eliminados, varias estrategias pueden ser adoptadas.

- Seleccione valores definidos. Use valores constantes para evitar ajustes, considere métodos de medición que permitan evaluar con valores numéricos, o intente diferentes atributos.
- Establezca un procedimiento. Establezca un procedimiento estándar para ejecutar los ajustes y esté seguro que cada paso es completamente entendido.
- Mejore destrezas. Incremente las destrezas de los trabajadores practicando los procedimientos.

**4.3 Reduciendo el ocio y las detenciones menores.** El ocio y las detenciones menores ocurren como resultado de un problema temporal, toma tiempo y puede ser categorizando como descompostura, aunque son diferentes.

- Las detenciones ocurren cuando un problema es detectado por un instrumento y el equipo para automáticamente.
- Las detenciones causadas por sobrecarga, seguido se encuentran en empacadoras, ensambladoras, etc. y ocurren cuando las piezas chocan.
- Las detenciones debidas a anomalías de calidad ocurren en ensambladoras y otras máquinas automáticas equipadas con sensores que paran automáticamente la máquina cuando una falla ocurre.
- El ocio ocurre cuando el flujo de las piezas para, pero el equipo sigue funcionando sin procesar, ocurre en toda clase de máquinas automáticas.

#### *4.3.1 Características del ocio y detenciones menores.*

- Fácil de reparar. El ocio y las detenciones menores son fáciles de restaurar.
- Las condiciones de ocurrencia varían ampliamente. Pueden ocurrir con ciertos productos o partes y no otros, o con todos los productos o partes, pero bajo ciertas circunstancias, pueden ocurrir solo ciertos días, o solo en ciertas máquinas. Hay una variedad de condiciones inevitables que los hace fáciles de ignorar.
- Su localización constantemente cambia. El ocio y las detenciones rara vez ocurren en el mismo lugar en la máquina. El problema puede ser crónico, o un problema esporádico puede ocurrir junto con el crónico.
- La acción de la pérdida no es clara. La pérdida causada por el ocio o detención es difícil de cuantificar por períodos largos.

#### *4.3.2 Problemas comunes.* Típicamente las pérdidas debidas al ocio o detenciones menores no son adecuadamente medidas, tratadas u observadas.

- Las pérdidas permanecen sin notar. Un paso preliminar es la medición de las pérdidas que causan el ocio y las detenciones menores.
- Las acciones de remedio son inadecuadas. Los operadores y personal de mantenimiento, tratan el ocio y las detenciones menores superficialmente, tomando remedios o medidas con parte del problema.
- El fenómeno no es observado lo suficiente y de cerca. Observando que sucede cuando el ocio y las detenciones ocurren puede ser una importante clave para su solución.

#### *4.3.3 Estrategias de reducción del ocio y las detenciones menores.*

A. Corregir los defectos leves en partes y plantillas. Investigue y corrija todos los defectos leves en las partes involucradas en la transferencia del trabajo. Use métodos de magnificación y científicos, la precisión analítica es importante para detectar pequeñas diferencias. Use las siguientes estrategias para cambiar la forma en que los grupos piensan de los problemas del equipo.

- Reconozca que los problemas están ahí y deben ser encontrados.



- Descubra problemas ocultos comparando las cosas como son y como deberían de ser.
- Investigue cualquier cosa fuera de lo ordinario.

B. Asegure que las condiciones básicas del equipo sean mantenidas. El ocio y las detenciones menores son frecuentemente causadas al fallar en el mantenimiento de las condiciones básicas del equipo, (limpieza, lubricación, fijación) así que sea escrupuloso en ello.

C. Revise las operaciones básicas. Esté seguro que la preparación del equipo, ajustes y otras operaciones sean llevadas a cabo correctamente, una revisión completa de los procedimientos puede ser necesaria.

D. Conduzca un análisis físico del fenómeno. Las tres estrategias descritas alteran la ocurrencia, frecuencia y localización del ocio y detenciones menores, esas mejoras no pueden reducir por si solas los problemas a cero. Para reducir la ocurrencia, utilice un análisis P-M para ser revisado bajo principios físicos.

E. Adopte un acercamiento analítico. Analice cada posible conjunto de condiciones en relación con las máquinas, herramientas, plantilla, y materiales sin omitir ningún factor. cuando se usa este acercamiento sistemático, las acciones tomadas de seguro afectarán el problema.

F. Determine las condiciones óptimas. Las condiciones de instalación incluyen cada factor relacionado con la forma en que el equipo fue instalado. Las condiciones de procesamiento son las condiciones físicas relacionadas con el proceso. Este tipo de condiciones siempre son efectuadas en función de la experiencia y pueden ser optimizadas.

G. Elimine debilidades en el diseño. Si los precedentes acercamientos no redujeron las detenciones, la raíz del problema es a menudo el diseño del equipo, puede ser corregido con restauración siguiendo los pasos apropiadamente.

4.3.4 *Puntos clave y precauciones.* Los siguientes puntos deberán mantenerse en mente cuando conduzca actividades para eliminar ocio y detenciones menores.

- Se necesitan dos acercamientos. El primero es positivo, sigue todas las causas principales y da pasos para prevenir las detenciones. El segundo es negativo, involucra el uso creativo de técnicas de detección para señalar la ocurrencia de detenciones, así que puedan ser tratadas inmediatamente.



- Diríjase a los problemas comunes antes que a problemas particulares. Los mejores y más rápidos resultados son obtenidos bloqueando primero los problemas comunes.
- Tome acción contra cada tipo de ocurrencia. No descuide cualquier tipo de detención, no importa que tan infrecuente sea.

**4.4 Reduciendo pérdidas por velocidad.** Una pérdida de velocidad es la producción perdida por la diferencia de la velocidad de diseño de la máquina y su actual velocidad de operación. Una velocidad estándar es seleccionada para cada tipo de producto y es usada en lugar de la velocidad de diseño en algunas ocasiones.

#### *4.4.1 Problemas comunes relacionados con la pérdida de velocidad.*

- Especificaciones vagas del equipo. La ausencia de cuidado en la etapa del diseño, puede resultar en una especificación de velocidad no clara. Como un resultado, el equipo o es operado más allá de los límites de velocidad, produciendo defectos y descomposturas, o es operado a una velocidad innecesariamente baja.
- La velocidad especificada se puede lograr, pero no es ejecutada.
- Algunos equipos no pueden ser operados a la velocidad especificada porque los problemas pasados de calidad o mecánicos nunca fueron resueltos. Tales problemas son descuidados y no tocados, ningún esfuerzo se hace por seguir sus causas y aceleran el deterioro. La pérdida de velocidad puede ser eliminada simplemente corrigiendo esos errores.
- Una inadecuada investigación de los problemas expuestos al aumentar la velocidad. Cuando la velocidad es gradualmente aumentada sobre los niveles presentes, los problemas mecánicos o de calidad aparecen inmediatamente. Los defectos causados por esos problemas son ocultos o latentes a bajas velocidades, apareciendo solo al incrementar la velocidad, es por eso que es una manera productiva de exponer defectos.

**4.4.2 Acercamientos para incrementar la velocidad.** Un primer paso vital, es exponer los problemas ocultos y determinar si corresponde a cualquiera de los siguientes:

- Defectos no resueltos debido a insuficientes pruebas durante la etapa de ingeniería.
- Defectos en el sistema o mecanismos del equipo.
- Inadecuado mantenimiento diario.

- Insuficiente precisión, etc.

Generalmente las actividades de mejora para incrementar la velocidad deben ser organizados con el mismo entendimiento, usando la misma metodología recomendada para reducir las descomposturas, ocio, detenciones menores y defectos.

**4.5- Reduciendo los defectos crónicos de calidad.** Cuando un sistema de producción regularmente produce total o parcialmente productos defectuosos, a pesar de varias mejoras y control en la medición, esas partes defectuosas son llamados defectos crónicos de calidad.

Los productos defectuosos irreparables son pérdidas obvias; menos obvias son las pérdidas generadas por productos defectuosos parcialmente, que requieren una inversión adicional en horas-hombre en reparación o re trabajo.

**4.5.1 Características generales de los defectos crónicos de calidad.** Para progresivamente reducir los defectos crónicos, los grupos de mejora deben aprender a reconocerlos y evitar las más comunes trampas:

- Los esfuerzos de mejora no han sido progresivos. Aún los más determinados esfuerzos pueden rara vez seguir las causas de los defectos crónicos de calidad. Los equipos de calidad se desesperan y adoptan medidas de prueba y error, sin conocer las causas, por eso muy a menudo no tienen efecto. Los miembros de los equipos simplemente se dan por vencidos y los problemas quedan incorregidos.
- El problema es el acercamiento en el camino equivocado. Infortunadamente los defectos crónicos de calidad son seguidamente producidos por una combinación de causas que siempre está cambiando. Cada factor suspicaz debe ser bloqueado, el progreso vendra cuando varios sean seguidos.
- El pensamiento es limitado a campos técnicos específicos. Los ingenieros asesores de la mayoría de las compañías son expertos en determinados campos técnicos. Para resolver el problema para defectos crónicos, ellos tienden a ver por encima las soluciones fuera de sus campos y favorecen a las soluciones complejas sobre las simples, como resultado muchos problemas permanecen sin resolver. Las soluciones de algunos defectos crónicos de calidad pueden ser encontrados en áreas técnicas específicas, pero la mayoría de los problemas requieren un

amplio punto de vista que considere las causas en las operaciones actuales del taller.

- Es difícil identificar e investigar causas. Los equipos de mejora de la calidad se encuentran con dos problemas comunes: errores en la identificación de las causas de defectos crónicos de la calidad y una investigación inadecuada después de que las han identificado correctamente.

*4.5.2 Estrategias para reducir problemas crónicos de calidad.* Para resolver los problemas crónicos se requieren ideas que involucren las siguientes estrategias:

- Mejoras que cambien el status de equipo.
- Establecer metas de acuerdo a las metas de mejora de la compañía.
- Revisar los estándares existentes.
- Revisar los puntos de control existentes.
- Responsabilizar a los gerentes.

*4.5.3 Estabilice los factores actuales.* Para reducir los problemas crónicos de calidad se debe estabilizar todos los factores variables, identificar las diferencias significantes entre condiciones normales y anormales, y estudiar formas para prevenir defectos que se generan en primer lugar. Los factores causales son factores que pueden afectar los resultados, las causas son esos factores causales que se prevé o deducen son los que producen el problema directa o indirectamente. Estabilizar algo es evitar que cambie. Aunque los factores causales pueden parecer estables en fábricas y talleres, actualmente el trabajo se desempeña bajo condiciones inestables, en un enredo de factores causales. Las acciones que se toman mientras los factores están cambiando fallan.

Para reducir los problemas crónicos de calidad, estos deben ser estabilizados uno por uno. La variabilidad es causada por la falta de estándares o por fallas al seleccionar los estándares. Estabilice cada factor causal que pueda lógicamente tener un efecto en la producción:

- Principios de procesamiento.
- Mecanismos
- Operación o ajustes.
- Precisión de equipo, plantillas y herramientas.
- Métodos de trabajo.



**4.5.4 Estudios comparativos.** En cualquier programa para reducir defectos de calidad, las condiciones normales (no defectos) deben ser comparadas sistemáticamente con las condiciones anormales (defectos) para identificar diferencias significantes. Varios métodos pueden ser usados:

- Compare productos (resultados). Compare los productos defectuosos y no defectuosos en términos de forma, dimensiones y funciones. También investigue la variación en defectos en el tiempo y en términos de localización en el producto.
- Compare procesos. Compare las máquinas, plantillas, herramientas y dados que producen defectos, con el equipo que no los produce, identifique diferencias en forma, dimensiones, asperezas, etc. Hacer especial esfuerzo para desarrollar nuevos métodos de medición para los factores, no parecen ser cuantificables.
- Compare el efecto de cambiar partes. En los productos ensamblados el estudio de intercambiar partes puede estar relacionado con los defecto.
- Incremente la precisión analítica para detectar más diferencias sutiles. Use lentes de aumento, microscopios, y otros aparatos para detectar diferencias que no se pueden ver a simple vista. Considere las diferencias en forma.
- Investigue nuevos métodos de medición. Las nuevas formas pueden a menudo clarificar significantes diferencias, aún si las diferencias no son completamente claras, hay señales que delatan su existencia.
- Revise los factores causales. revise y controle los puntos de control y considere un nuevo acercamiento para su selección y estudio. El mejor acceso es el análisis P-M.

## 5. MANTENIMIENTO AUTONOMO.

Idealmente, quién opera el equipo debería darle mantenimiento, y originalmente, esas dos funciones fueron combinadas. Hoy, muchos gerentes comprenden que un factor decisivo en la competitividad, es un equipo más eficiente. En el fondo, el mantenimiento autónomo es prevención del deterioro. El mantenimiento desempeñado por los operadores del equipo o mantenimiento autónomo, pueden contribuir significantemente a la eficacia del equipo.

La producción eficiente depende de las siguientes actividades:

A. Actividades de producción:

- Prevención del deterioro. Operar el equipo correctamente, mantener las condiciones básicas del equipo, hacer los ajustes adecuados, anotar datos referentes a descomposturas y malos funcionamientos, colaborar con mantenimiento en el estudio de mejoras.
- Medición del deterioro. Hacer inspecciones diarias, hacer ciertas inspecciones periódicas.
- Restauración del equipo. Hacer reparaciones menores, hacer reportes de descomposturas y mal funciones, asistir en reparar las descomposturas esporádicas.

B. Actividades del departamento de mantenimiento.

- Mejorar la confiabilidad del equipo. Debe ser de las altas prioridades del departamento.
- Guiar y asistir a los operadores con mantenimiento autónomo. El mantenimiento autónomo solo puede ser establecido con la guía apropiada del departamento de mantenimiento.
- Otras actividades. Investigar y desarrollar tecnología de mantenimiento, seleccionar los estándares de mantenimiento, mantener los reportes de mantenimiento, etc.

**5.1 Establecer las condiciones básicas del equipo.** Es una importante actividad en mantenimiento autónomo, incluye limpieza, lubricación y fijación.

*5.1.1 Promover la limpieza.* Significa remover suciedad, aceite, polvo y cosas que se adhieren a las máquinas, dados, plantillas, materia prima, piezas de trabajo, etc. Los efectos dañinos de una inadecuada limpieza son muy numerosos, típicamente aparecen en las siguientes formas:

- Partículas de diversos tamaños. Producen resistencia friccional, desgaste, trabas, bloqueos y fallas eléctricas. Esto causa pérdida en precisión, mal funcionamiento del equipo y descomposturas.
- En ciertos tipos de equipo automático, la presencia de partículas de polvo causa malfuncionamiento, ocio y detenciones menores.
- En el ensamblado de partes eléctricas de control el polvo y suciedad en las plantillas y herramientas causan fallas eléctricas.

- En galvanizado, las piezas contaminadas en el electrolito producen defectos.

Además los operadores pueden tener alguna resistencia psicológica para inspeccionar cuidadosamente un equipo sucio. Limpiar es inspeccionar, al tocar y ver cada parte del equipo detectan defectos ocultos y anomalías como vibración, calentamiento y ruido. Además se gana respeto por el equipo dando una limpieza inicial, se genera también muchas preguntas como: que clase de malfuncionamiento ocurre cuando las partes están sucias, que causa esta contaminación, como puede prevenirse, hay una manera fácil de hacerlo, que partes están desgastadas, etc.

Para enfatizar los objetivos de la limpieza tomar los siguientes puntos:

- La importancia de las condiciones básicas y que hacer para mantenerlas.
- Los puntos importantes de limpieza.
- El significado de la frase "limpiar es inspeccionar".

Los supervisores y líderes de grupo pueden hacer buen uso de las ideas y ahínco de los operadores para mejorar el equipo. Activamente anime a los operadores para proponer formas prácticas de mejorar el equipo y aprender métodos particulares de mejora.

Después de la limpieza inicial las fuentes de suciedad y sus efectos en los equipos son fáciles de ver, tome acción contra esos contaminantes suprimiendo su fuente.

Usando la experiencia ganada en la limpieza y prevención de la contaminación, los operadores identifican las condiciones óptimas para su equipo. El grupo de mantenimiento autónomo debe entonces preparar los estándares de operación requeridos para mantener esas condiciones. El mayor obstáculo para la adherencia a los estándares ocurre cuando no es la misma gente quién los fija a quién los debe seguir. Más bien que forzar a los operadores a seguir estándares los supervisores deberían apoyar sus esfuerzos de la siguiente manera:

- Clarifique los estándares y como seguirlos.
- Explique claramente porque los estándares deben ser seguidos y que pasa cuando no son seguidos.
- Esté seguro que los operadores tienen las suficientes destrezas para seguir los estándares.
- Provea el ambiente necesario para asegurar que el tiempo es suficiente.

Si la motivación, habilidad y oportunidad no están presentes, los estándares no podrán ser obedecidos no importa que tan duro traten los supervisores que se logre. La mejor manera de asegurar la adherencia a los estándares es dejar que los fijen quienes los van a seguir.

*5.1.2 Promover la lubricación.* Asegurar la apropiada lubricación es el segundo punto para que los operadores ayuden a establecer las condiciones básicas del equipo, esto es descuidado por la razón de que no siempre está conectado con descomposturas y defectos de calidad. Las siguientes son las razones más comunes para la falta de una apropiada lubricación:

- La lubricación no ha sido enseñada en su importancia para mostrar las pérdidas causadas por una mala lubricación o por la ausencia de ello.
- Los estándares de lubricación (puntos de lubricación, tipos y cantidades de lubricantes, intervalos de lubricantes y herramientas) son incompletas o no bien enseñadas.
- Hay muchos tipos de lubricantes o de puntos a lubricar.
- No se permite suficiente tiempo para lubricar.
- Muchos puntos de lubricación son inaccesibles, así que la lubricación toma mucho tiempo.

Para reducir el tiempo de lubricación es necesario hacer varias mejoras, tales como cambiar la localización de los lubricantes, adecuando un sistema de lubricación, uso de etiquetas de instrucción y haciendo los niveles de aceite claramente visibles.

*5.1.3 Promover la apropiada fijación.* Los operadores están en la mejor posición para asegurar diariamente que todos los fijadores son apretados apropiadamente. La apropiada fijación es la tercera forma en la que los operadores ayudan en establecer las condiciones básicas del equipo. Las tuercas y tornillos flojos y otros medios de fijación pueden causar pérdidas mayores directa o indirectamente, pueden causar fracturas en los dados, plantillas y herramientas y producir productos defectuosos. Los problemas también ocurren cuando se fijan piezas y se desconoce el apropiado torque resultando en piezas sueltas o apretadas disparejo. Para eliminar piezas sueltas y eliminar vibración use piezas de presión, coloque marcas o puntos de referencia en las tuercas y tornillos para ayudar y visualizar fácilmente las piezas flojas.

*5.1.4 Inspección general.* En los programas de mantenimiento autónomo los operadores son entrenados para conducir inspecciones de rutina. Tres razones son las más comunes para que esto no funcione adecuadamente:

- La inspección es demandada pero los trabajadores no son animados a prevenir el deterioro (falta de motivación por falta de dirección).
- La inspección es demandada pero no se permite suficiente tiempo para realizarla (falta de oportunidad).
- La inspección es demandada pero las destrezas necesarias no son enseñadas (falta de habilidad).

Los problemas con la inspección son inevitables cuando los ingenieros de mantenimiento preparan hojas de inspección y simplemente se la pasan a los operadores y consideran su trabajo terminado cuando las hojas se llenan. Los operadores necesitan considerable tiempo antes de que puedan conducir inspecciones apropiadamente. Los intervalos adecuados para inspección en mantenimiento autónomo pueden ser diario, cada diez días, mensual, cada tres meses. Poco tiempo debe destinarse a la inspección diaria, enfocándose solamente al deterioro del equipo que afecta la seguridad y calidad del producto. El intervalo para cada inspección se determina a través de la experiencia y dependiendo del equipo y su ambiente.

Muchas compañías han encontrado que incrementando el conocimiento y destrezas de los operadores (sin llegar al nivel de los trabajadores de mantenimiento), adquieren habilidad para evitar las anomalías. La palabra anomalía no se refiere a efectos anormales, si una máquina se descompone y para o produce productos defectuosos, esos son efectos, y lo que lo causó son anomalías causales. Los operadores al detectar anomalías pueden ser llamados "sensores humanos".

Si aceptamos el reto de desarrollar operadores con esas destrezas, debemos entrenarlos bien. El currículum a ser enseñado depende en las necesidades de los trabajadores, por ejemplo como acondicionar y operar la máquina adecuadamente, como conducir una inspección, etc.

El material más importante para el entrenamiento son los manuales y las hojas de chequeo, considere que información técnica se requiere saber para conducir inspecciones, se debe proveer suficientes detalles en las funciones básicas, mecanismos y componentes de las unidades a ser inspeccionadas junto con los nombres y funciones de las partes, los criterios y métodos de inspección, aparición, causas y tratamiento del deterioro. Cubriendo estos tópicos completamente enseñará a los operadores la importancia de las condiciones básicas del equipo. Los manuales por si solos no transmiten un completo entendimiento de los temas, se debe usar ayudas como modelos cortados, gráficas entendibles, partes deterioradas o quebradas, etc.

El orden del entrenamiento no puede ser decidido por los asesores de mantenimiento nada más porque se involucran muchos factores. El programa de entrenamiento se extiende por un período largo y es costoso, debe ser planeado y aprobado por la alta dirección.

El entrenamiento es más efectivo llevado en dos pasos; los líderes de grupo son enseñados primero por mantenimiento, entonces toman el papel de profesores, comunicando lo que han aprendido a los miembros del grupo, al educar a su propio grupo los líderes aprenden las responsabilidades de liderazgo. Los instructores de mantenimiento deben asegurar que los líderes entiendan el contenido de la instrucción, si la educación basada en grupos prospera ellos deben enseñar a los líderes a enseñar y como presentar la información efectivamente.

La educación basada en grupos no debe ser confinada al salón de clases, los encuentros deben ser lo más próximo al equipo posible para permitir a los miembros del grupo examinar su propio equipo durante la instrucción y permite a los líderes a hacer preguntas sobre el equipo mismo.

Durante la actividad de inspección, la cooperación del departamento de mantenimiento es crucial. en esta etapa en el proceso de desarrollo de TPM, los operadores descubren una gran cantidad de deterioro. Más de la mitad de los malfuncionamientos encontrados tendrán que ser reparados por mantenimiento.

Cada vez que una inspección general de un equipo se complete, los grupos deberán considerar que inspección de rutina se requiere para mantener el estado mejorado del equipo y preparar los estándares preliminares de inspección autónoma.

**5.2 Seiri y Seiton.** Seiri (organización) y Seiton (buen arreglo), son principios fundamentales para la administración del lugar del trabajo. Son fáciles de promover, pero difícil de ponerlo en práctica. Seiri, involucra la identificación de objetivos a ser administrados y la selección de estándares relevantes. Seiton se refiere a la adherencia al conjunto de estándares, las actividades de grupo regularmente se enfoca en mejoras que hace fácil de cumplir los estándares.

Para mantener las condiciones básicas del equipo y la inspección del equipo, el papel de los operadores en mantenimiento autónomo, incluye lo siguiente:

- Corregir la operación y preparación/ajuste. (seleccionando las condiciones de operación y checando la calidad del producto).



- Rápida y pronta detección, tratamiento confiable y reporte de condiciones anormales. (descomposturas, defectos de calidad, seguridad, etc.)
- Apunte de datos en la condición de operación, calidad y procesamiento.
- Servicios menores de máquinas, plantillas y herramientas.
- Control de cualquier otro objeto para la confiabilidad de lo anterior

**5.3 Implementando mantenimiento autónomo en siete pasos.** Estas etapas o pasos son basadas en la experiencia de muchas compañías que han implementado el TPM prósperamente. Representan una óptima división de responsabilidades entre los departamentos de producción y mantenimiento al llevar a cabo las actividades de mantenimiento y mejora.

A.- Limpieza inicial. Completamente remueva polvo y contaminantes del equipo.

B.- Elimine fuentes de contaminación y áreas inaccesibles. Elimine la fuente de polvo y tierra, mejore la accesibilidad de áreas que son difícil de limpiar y lubricar, reduzca el tiempo para limpieza y lubricación.

C.- Estándares de limpieza y lubricación. Seleccione los estándares para limpieza, lubricación y fijación que serán fácilmente mantenidos en intervalos cortos, el tiempo requerido para el trabajo diario/periódico debe ser claramente especificado.

D.- Inspección general. Conduzca el entrenamiento sobre las destrezas de acuerdo con los manuales de inspección, encuentre y corrija defectos menores en inspecciones generales, modifique el equipo para facilitar la inspección.

E.- Inspección autónoma. Desarrolle y use la lista de verificación para mantenimiento autónomo (estandarice limpieza, lubricación e inspección para fácil aplicación).

F.- Organización y mantenimiento del lugar de trabajo. Estandarice varios elementos del lugar de trabajo, para mejorar la eficacia del trabajo, calidad del producto y la seguridad del ambiente: reduzca los tiempos de preparación y ajuste, elimine el trabajo en proceso. Estandarice el manejo de materiales en el taller. Colecte y registre datos para la estandarización. Controle los estándares y procedimientos para materias primas, trabajo en proceso, productos, partes de repuesto, datos, plantilla, y herramientas.



G.- Implemente el programa de mantenimiento autónomo completamente. Desarrolle metas para la compañía, comprometa en actividades de mejora continua, mejore el equipo basado en el registro del análisis de MTBF (Mean Time Between Failures).

Además para implementar el mantenimiento autónomo prósperamente, considere los siguientes elementos importantes:

- Educación introductoria y entrenamiento. Antes de iniciar cualquier actividad esté seguro que todos los departamentos relacionados y personal entiendan los objetivos y beneficios en el desarrollo de TPM, se requiere que cada uno atienda un seminario introductorio que explique los detalles de la implementación de TPM y en particular las funciones del mantenimiento autónomo.
- Cooperación entre departamentos. Los gerentes de todos los departamentos deben estar de acuerdo en como el departamento apoyará los esfuerzos del departamento de producción para ejecutar el mantenimiento autónomo.
- Actividades de grupo. La mayoría de las actividades son desempeñadas por pequeños grupos en los cuales todo el personal participa. Los grupos pueden ser divididos en sub o mini grupos de aproximadamente cinco a diez miembros. Los líderes de grupo de cada nivel vienen a ser miembros de pequeños grupos del nivel superior y sirve como eslabón entre niveles. Para manejar tal estructura promocional efectivamente se puede requerir una oficina administrativa del comité TPM.
- El mantenimiento autónomo no es una actividad voluntaria. Todos los participantes deben entender que las actividades de mantenimiento autónomo son mandatorias y necesarias, además, esas actividades son vitales, necesariamente parte del trabajo diario.
- Práctica. El entendimiento viene a través de la práctica más bien que del razonable entendimiento.
- La educación y entrenamiento debe ser progresiva. La implementación del mantenimiento autónomo depende de la combinación del desarrollo gradual de destreza, aprendizaje experimental y cambio de actitudes. Cada paso construye conocimiento, experiencia y entendimiento adquirido en el paso previo.
- Apunte sobre resultados concretos. Las mejoras claras, apropiadas y concretas deben ser articuladas con las metas para producir resultados.
- Los operadores deben determinar los estándares a seguir. Son los operadores quienes seleccionan los estándares y criterios para limpieza, lubricación, inspecciones, preparaciones y ajuste, operaciones, además

ellos deben adquirir las destrezas necesarias para desarrollar esas tareas autónomamente.

- La gerencia debe auditar el progreso del mantenimiento autónomo. La gerencia y asesores deben auditar las actividades de los grupos en cada paso y ofrecer guías y apoyo en las áreas problemáticas. deben animar y proporcionar liderazgo a cada grupo TPM.
- Use modelos. Seleccione piezas de equipos o grupos individuales de TPM para servir como modelos en el desarrollo del programa TPM.
- Corrija los problemas del equipo rápidamente. Sí el departamento de mantenimiento no puede resolver las nuevas demandas pronto, o las condiciones del taller no mejoran, el mantenimiento autónomo no progresará y los grupos pequeños fallarán. Para evitar este problema serio, el departamento de mantenimiento debe planear por anticipado como responder adecuadamente, reevaluando su fuerza de trabajo, programando trabajo, horas extras, y uso de contratistas.
- Toma tiempo el perfeccionar el mantenimiento autónomo. Es vital el perfeccionar cada etapa antes de pasar a la siguiente, si es apurado los progresos serán superficiales.

## 6. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

El mantenimiento preventivo es una inspección periódica para detectar condiciones que pudieran causar descomposturas, paros de producción o pérdida en detrimento de la función combinada con mantenimiento para controlar, eliminar o evitar tales condiciones en sus primeras etapas. En otras palabras el mantenimiento preventivo es rápida detección y tratamiento de las anomalías del equipo antes de que causen defectos o pérdidas. Es medicina preventiva para el equipo.

El mantenimiento preventivo consiste en dos actividades básicas; inspección periódica y restauración planeada del deterioro basadas en los resultados de inspecciones. La rutina de mantenimiento diario se considera como mantenimiento preventivo.

Aquí se analiza las actividades planeadas de plazo intermedio y largo conducidas por el departamento de mantenimiento: seleccionando estándares de mantenimiento, preparando y ejecutando planes de mantenimiento, manteniendo los registros de mantenimiento, actividades de restauración. Cubre los subsistemas como control de partes, control de lubricación y control del presupuesto de mantenimiento.

**6.1 Estandarización de las actividades de mantenimiento.** Las actividades de mantenimiento deben ser estandarizadas por varias razones:

- Las actividades diversas de mantenimiento no pueden ser ejecutadas efectivamente si cada quién las lleva como a el le gusta.
- Las técnicas y destrezas de mantenimiento llevan largo tiempo para ser ejecutadas adecuadamente.
- El trabajo de mantenimiento es menos efectivo que el de producción pues es menos repetitivo.

La estandarización dirige estos problemas incorporando manuales. Tales documentos permiten que un gran número de trabajadores, incluyendo los nuevos, hagan el trabajo que previamente fue hecho por trabajadores con experiencia. Esta capacidad de entrenar e involucrar muchos individuos en el trabajo de mantenimiento es clave para desarrollar un programa eficiente de mantenimiento. Los estándares se deben revisar al menos una vez al año.

#### *6.1.1 Tipos de estándares.*

- Estándares de desempeño del equipo o especificaciones del equipo. Indican como el equipo debe ser operado, incluye las principales dimensiones, capacidad y desempeño, precisión, funciones, mecanismos, los materiales con que están hechas sus partes principales, cantidad de energía eléctrica, vapor o agua necesaria para la operación, etc.
- Estándar para la obtención de materiales para el equipo. Cubre la calidad para materiales y partes, son basados en el diseño del equipo y en el estándar de desempeño.
- Estándar para la inspección de materiales del equipo. provee métodos de prueba e inspección para determinar los materiales y partes usadas en el equipo.
- Estándar de aceptación y corrida de prueba. Indica la aceptación y pruebas de operación a ser desempeñadas en el equipo que ha sido instalado, modificado o reparado.

#### *6.1.2 Estándares de mantenimiento.*

A. Estándares de mantenimiento del equipo. Indica métodos para medir el deterioro del equipo, detención de deterioro y restauración de equipo.

- Estándares de inspección. Son técnicas para medir o determinar el deterioro. Especifica el área y objetos a ser inspeccionado, los intervalos de inspección, métodos, instrumentos de medición, criterio de evaluación, acción correctiva a tomar, etc. Incluye dibujos ilustrativos y fotografías.
- Estándares de servicio. Especifican como dar servicio de rutina hecho con herramientas de mano. Incluyen guías y métodos para diferentes tipos de servicio, tal como limpieza, lubricación, ajuste y partes de reemplazo.
- Estándares de reparación. Especifica condiciones y métodos para el trabajo de reparación. Los estándares de reparación usualmente incluyen métodos de reparación y horas de trabajo.

**B. Procedimientos del trabajo de mantenimiento.** Son procedimientos y métodos de trabajo, tiempos para inspección, servicio, reparación y otros tipos de trabajo de mantenimiento

- Estándares del trabajo de mantenimiento. Estos estándares son preparados para el trabajo que se desempeña frecuentemente. Son de mucha ayuda en medir la eficiencia de la cuadrilla de mantenimiento, estimar las horas de trabajo disponible y capacidad de reserva, entrenar nuevos trabajadores, programar trabajo, etc.

**6.2 Planes de mantenimiento.** El mantenimiento periódico y rutinario debe ser bien planeado y ser razonable. Debe estar basado en las condiciones reales del equipo tomando en consideración las prioridades y recursos presentes y futuros y construirlo en pasos para asegurar que los recursos necesarios estén disponibles para cuando se necesite.

Los planes de mantenimiento son clasificados por período o por proyecto.

**6.2.1 Plan de mantenimiento anual.** Se designa para asegurar la confiabilidad del equipo por largo plazo. Para preparar planes de mantenimiento anual:

**A. Determine que trabajo es requerido.** Puede incluir;

- Regulaciones estatutarias. Seguridad, control de la polución, etc.
- Estándares de mantenimiento del equipo. Trabajo determinado para los requerimientos del control de precisión y los resultados de las medidas de deterioro.

- Registros de descomposturas. Trabajo de mantenimiento requerido para prevenir la recurrencia de descomposturas.
- Plan anual del año anterior. Trabajo pendiente debido a cambios en el programa.
- Ordenes de trabajo recibidas del taller. Trabajo necesario basado en registros de anomalías.

B. Seleccione el trabajo a ser hecho. Categorice el trabajo en orden de importancia, enfóquese en lo importante.

C. Tentativamente calcule los intervalos de mantenimiento. Haga pruebas de estimación del alcance de vida del equipo, componente por componente, parte por parte y decida los intervalos de mantenimiento, preferentemente usando los intervalos de descomposturas.

D. Estime la lista de trabajo y los costos y tiempos de mantenimiento. Use los planes de producción anual y las metas de desempeño del equipo para estimar el número de días caídos y el tiempo requerido para el trabajo de mantenimiento y confírmelo contra el presupuesto.

E. Cheque la obtención y colocación del trabajo. Confirme el arreglo para materiales y las piezas de repuesto difíciles de conseguir, y para el trabajo hecho por contratistas y manufactureros de fuera. Determine si el personal calificado es requerido.

6.2.2 *Planes de mantenimiento mensual.* Son planes de acción para hacer el trabajo requerido por el plan de mantenimiento anual.

A. Priorice el trabajo. Para mejores resultados ponga el trabajo en el siguiente orden de prioridad.

- Trabajo mensual indicado por el plan anual de mantenimiento.
- Trabajo indicado por un análisis de registros de descomposturas e inspección.
- Trabajo indicado por la inspección diaria y mejoras requeridas por el departamento de producción.
- Cambios en los planes de distribución e instalación de plantillas y herramientas.
- Planes para mejorar la calidad y seguridad del producto.
- Otro trabajo deberá incluirse en el plan como; órdenes de trabajo de varios departamentos, rescate de piezas reusables, preparaciones para el trabajo de mantenimiento y limpieza.

B. Estime la mano de obra y costos. Una vez que los detalles del trabajo han sido determinados, estime las horas-hombre y costos.

C. Balance las cargas de trabajo y prepare listas de trabajo. Para nivelar la carga de trabajo en el mes, divida el trabajo en semanas, empezando con el trabajo que ha de ser hecho en días designados o durante paros.

6.2.3 *Planes para proyectos mayores de mantenimiento.* Son trabajos grandes como reparaciones periódicas o trabajo de cambio, que requiere apagar el equipo por un determinado período. Son costosos y consumen mucho tiempo, así que el objetivo más importante es reducir su duración. El plan es necesario para materiales, fuerza de trabajo, movilización y subcontratos.

El trabajo consiste en una serie de trabajos pequeños, los procedimientos detallados deben ser preparados para cada trabajo, Para facilitar el control del progreso use PERT o CPM.

6.2.4 *Administración de proyectos.* Típicamente los proyectos consisten de exámenes periódicos y mantenimiento preventivo para mantener al equipo en un desempeño consistente, así como para construcciones nuevas o expansión de las existentes, reemplazo, reconstrucción, etc. Administración del proyecto significa ejecutar el trabajo en la forma planeada y de la forma más efectiva respecto al costo. Para administrar proyectos de este tipo, cuatro puntos claves son necesarios para la ejecución de planes de mantenimiento mensuales y proyectos mayores:

A. Identifique problemas. Identifique los problemas que podrían sobresalir. Las siguientes limitaciones deben ser consideradas:

- Los días y paros determinados por los planes de producción para mantenimiento.
- Capacidad y hombres disponibles para mantenimiento.
- Presupuestos y metas de mantenimiento.
- Capacidades y nivel de destrezas.
- Sí el trabajo será hecho en días de trabajo o días festivos.
- Sí el trabajo es sub - contratado.
- Sí las partes de repuesto críticas pueden ser enviadas e inspeccionadas cuando se necesite.

B. Confirme los detalles administrativos. Las razones más comunes para que los planes no se cumplan son el olvido de órdenes, retrasos en la expedición, insuficiente



expedición, etc. Confirme el trabajo subcontratado por adelantado y tenga cuidado con el equipo de mantenimiento.

**C. Implementando el proyecto de mantenimiento.** Reúna a los representantes de cada departamento involucrado para monitorear el progreso del proyecto e identificar problemas y dirija reuniones para discutir las acciones correctivas.

**D. Control del progreso.** Asegure que el trabajo proceda de acuerdo al programa. Los siguientes puntos clave deben ser observados:

- Estime las horas-hombre requeridas y acumule la carga de trabajo individual.
- Identifique la diferencia entre las horas-hombre reales y estimadas, use los datos para estimaciones futuras.
- Confirme y siga los arreglos administrativos.
- Asigne trabajos de acuerdo a las destrezas individuales de los trabajadores.
- "Para grupos de dos o tres mezcle el nivel de destrezas para fomentar el aprendizaje.
- Para evitar el ocio en las descomposturas planee trabajos de mejora o trabajo que pueda hacerse en ese tiempo.
- Analice otros requerimientos para mantener a los trabajadores en orden y tome acciones apropiadas.

**6.3 Conservación y uso de los registros de mantenimiento.** Documentar los resultados de mantenimiento es una importante actividad de mantenimiento, la calidad del mantenimiento de la fábrica es revelada por estos registros. Cada quién debe entender el propósito de la conservación de registros, porqué son mantenidos, qué está siendo controlado y como se deben de usar. Hay una gran variedad de tipos de registros en mantenimiento que evitan que sean generalizados, los siguientes son los tipos de registros mínimamente requeridos en TPM.

- Registros de mantenimiento de rutina. Son importantes los registros de los trabajadores enfocados a prevenir el deterioro y mantenimiento de las condiciones básicas.
- Registros de inspección periódica. Es importante el criterio seguido para indicar el desgaste permisible antes de reparar.
- Registro de los reportes de mantenimiento. Se requiere los utilizados para reparar y dar servicio para restaurar el equipo a su condición original.

- Registros de mejoras. Aquellas modificaciones para aumentar la confiabilidad del equipo, identifica equipo que se descompone frecuentemente y las formas consideradas para prevenir su recurrencia.
- Análisis de MTBF (Mean Time Between Failures). Los análisis de MTBF clarifican al clasificar las ocurrencias de descomposturas.
- Bitácora del equipo. Se deben mantener por la vida del equipo incluyendo, fechas, localización, detalle y costos para las descomposturas que se repararon, el mantenimiento periódico y mejoras, así como nombres, modelos, tamaños y números de partes y manufacturers.
- Registro de los costos de mantenimiento. Incluye mano de obra, material, costos de sub - contratos, etc. Estos costos son totalizados normalmente en el sistema de contabilidad de la empresa.

Las siguientes precauciones deben ser tomadas al mantener registros de mantenimiento:

- Califique el quién, qué, cuando, donde, porqué y como. Quién es el que llena las formas, qué debería registrarse, cuando se debe llenar la forma, en que lugar se llenarán, porqué deben ser llenadas y como deben ser llenadas.
- Registre las descomposturas. Describa condiciones en la descompostura tan detalladas como sea posible. Identifique condiciones anormales que condujeron a la descompostura. Ilustre con diagramas o dibujos, indique la localización y descripción a través de dibujos o diagramas que hacen el reporte más fácil de entender.
- Computarice los registros de mantenimiento. La deducción y análisis de los registros de mantenimiento toma muchas horas, el uso apropiado de computadores reduce las horas-hombre y hace más accesible los datos.

**6.4 Control de partes de repuesto.** El control de partes tiene tres propósitos:

- Promover la confiabilidad del equipo y extender su período de vida a través de la compra, fabricación y almacenaje de partes.
- Asegurar que las partes de repuesto necesarias estén disponibles cuando se necesiten y así minimizar los paros por descomposturas o para mantenimiento.
- Reducir inventarios, costos de ordenar y aceptación, y reducir costos de almacenamiento.

La clasificación es el primer paso en administración y control, primero verifique el estado actual del inventario. Los materiales de operación incluyen; herramientas de medición y materiales consumibles. Los materiales de mantenimiento pueden incluir materiales necesarios y no (partes quebradas, equipo viejo, etc.). los materiales necesarios incluyen: equipo de repuesto para reemplazo regular, partes de repuesto para descomposturas, reservas de almacén, partes reusables reconstruidas por el departamento, herramientas de mantenimiento.

Las partes de repuesto deben ser clasificadas como partes prioritarias y como comunes, las prioritarias son las partes más importantes del equipo más importante, las partes comunes deben ser suministradas automáticamente y deben ser repuestas por la colocación de una orden.

Los métodos para ordenar partes de repuesto pueden ser ampliamente clasificados, los órdenes individuales son órdenes para partes que son ordenadas solo cuando se necesitan. Los inventarios permanentes son materiales que se mantienen continuamente y hay varios métodos para reponer los inventarios cuando llegan a un nivel cierto, por ejemplo; método de punto de reorden, doble caja, por paquete, lote, cantidad fija, intervalo fijo, etc. existen también algunos métodos basados en contratos con proveedores como; envío parcial basado en el método de precio unitario, sistema de depósito.

Para seleccionar un método para inventario permanente, considere cada artículo y el tamaño de la pieza para ver si es posible, estimar que cantidad debería ser usada. Si la estimación es posible la parte debe ser tratada como inventario permanente, para ordenarlo más eficientemente. Si el uso de una parte de repuesto no puede ser estimada no se debe tratar como inventario permanente, puede resultar en inventarios costosos, la decisión debe tomarse en función de las pérdidas debidas a detenciones. Las partes de repuesto con las siguientes características deben designarse en el inventario permanente;

- Partes que deben estar disponibles en el evento de una descompostura.
- Partes que deben ser compradas tres o cuatro veces al año.
- Partes que es probable que fallen entre períodos de mantenimiento.
- Partes de repuesto reparadas para reparaciones de emergencia.
- Partes con tiempo de envío más largo que los intervalos de servicio planeados.

El método de cantidad fija es el más común para partes de repuesto.

**6.5 Control del presupuesto de mantenimiento y reducción de costos.** Los presupuestos de equipo son generalmente clasificados y controlados de acuerdo al propósito del gasto o tipo de trabajo, ya sea como egreso de capital o como costo corriente o como gasto del período. Los costos corrientes son desembolsos que son tratados como costo de mantener y restaurar el equipo. Los costos de mantenimiento son tratados como costos corrientes desde un punto contable e identificados en categorías como , material, mano de obra, otros (sub - contratos).

Para ayudar al control del presupuesto de mantenimiento deben ser clasificados como sigue para tener control efectivo de datos:

**A. Clasificación por propósito.**

- Costos de mantenimiento rutinario. Incluye mano de obra y material para las actividades que evitan el deterioro, limpieza, lubricación, inspección, ajuste.
- Costos de inspección del equipo. Incluye mano de obra y material de las inspecciones para descubrir anomalías y determinar si el equipo está defectuoso o no.
- Costos de reparación. Incluye mano de obra y materiales para las reparaciones que restauran el equipo a su condición original.

**B. Clasificación por método de mantenimiento.**

- Costos de mantenimiento preventivo (PM).
- Costos de arreglo de descomposturas (BM).
- Costos de mejora de mantenimiento (MI).

**C. Clasificación por elementos constituyentes.**

- Costos de material de mantenimiento.
- Costos de mano de obra.
- Costos de sub - contratos.

**D. Otros métodos de clasificación.**

- Escala de trabajo.
- Tipo de trabajo.

Los métodos para estimar el presupuesto de mantenimiento más comunes son:

- Estimado basado en los egresos actuales. Como los costos de mantenimiento no aumentan o disminuyen en proporción con la producción, pueden ser estimados en la base de los egresos del año pasado. Los cambios en la producción influye ligeramente por lo que se hacen algunos ajustes.
- Método de la tasa de costo de reparación. Aquí el costo del equipo es multiplicado por el porcentaje del costo de mantenimiento calculado de los últimos desembolsos.
- Método del costo unitario. Los costos son correlacionados con cantidades de producción, tiempos de operación, electricidad y otras variables. Calculándose esa relación normalmente por regresión lineal.
- Método de base cero. El presupuesto es calculado justificando cada elemento o equipo en el plan anual y calculando la cantidad de mano de obra y material necesario.

Para propósito de impuestos los egresos para capital fijo debe ser diferenciado, así como los sub-contratos, instalaciones, reparaciones mayores, etc.

El control del presupuesto de mantenimiento, significa controlar las actividades de mantenimiento para el período en el que el presupuesto sea ejecutado.

Para que el control sea efectivo considere los siguientes puntos:

- Verifique que cada uno cuide la necesidad de controlar el presupuesto.
- Monitoree los desembolsos de mantenimiento.
- Trate efectivamente los problemas.

*6.5.1 Reduciendo los costos de mantenimiento.* Cada compañía puede reducir sus costos de mantenimiento. Las prioridades son diferentes para las diferentes industrias y tipos de industria, pero varios puntos generales pueden ser observados:

- Revise los intervalos periódicos de mantenimiento. Es importante introducir técnicas de diagnóstico de equipo y cambiar poco a poco, a los métodos basados en las condiciones.
- Cambie de los contratos exteriores de mantenimiento preventivo al servicio interno. El mantenimiento sub-contratado debe ser gradualmente hecho por personal de la empresa para que la ejecución sea más pronta.
- Revise las partes de repuesto. Reduzca el número de artículos en el inventario permanente e incremente el número de artículos de compra planeada.

- Use el equipo ocioso efectivamente. Intente conservar los recursos considerando si el equipo puede ser reconstruido.
- Reduzca el uso de energía y recursos. Una vuelta a la planta normalmente revela desperdicio de energía (vapor, agua, luces prendidas, etc.)
- Elimine pérdidas en los equipos. Maximizando la eficiencia, introduzca TPM.

6.5.2 *Actividades de reducción de costos de la compañía.* Los costos de mantenimiento son difíciles de reducir a pesar de los esfuerzos diarios del personal de mantenimiento. Se logra reducción de costos cuando otro personal indirecto es involucrado. Esas actividades de grupos a lo ancho de la compañía pueden ser organizadas de la siguiente manera:

- Forme un grupo en proyecto. Combine los departamentos de mantenimiento, ingeniería, y producción con compras y contabilidad.
- Identifique los costos corrientes de mantenimiento. Examine los egresos del año anterior, establezca cuanto egresa cada departamento en cada artículo de equipo, que clase de trabajo se hace y por quién.
- Establezca metas. Seleccione mejoras después de examinar los costos de mantenimiento para la fábrica total.
- Prepare planes progresivos. Muestre metas y quién es el responsable de su cumplimiento.
- Seleccione equipo prioritario. Prepare un análisis de pareto para cada artículo o equipo desde la perspectiva de los costos y defina importancias.
- Seleccione artículos de costo prioritario. De los tipos y usos de costos, determine el orden preparando análisis de pareto.
- Lleve medidas de las mejoras para cada artículo. Analice las fuentes de los costos de mantenimiento y prepare planes de mejora para bloquearlos, tome acciones apropiadas.
- Mida resultados y siga adelante. Evalúe cada paso del proceso.

**6.6 Control de lubricación.** El control de la lubricación incrementa la eficacia del costo del equipo levantando la productividad y reduciendo los costos de mantenimiento. El control es generalmente dividido en control de los materiales lubricantes y control de las técnicas usadas.

Los lubricantes que se usan en la mayoría de los equipos pueden ser categorizados dependiendo de su uso en:

- Aceites lubricantes. Estos pueden ser aceites lubricantes en general (mineral, vegetal, animal) y aceites de corte (para reducir la fricción entre herramientas y equipo maquinado).
- Grasas. Son aceites lubricantes mezclados con jabón o agentes inorgánicos haciéndolos semisólidos o semilíquidos.
- Lubricantes sólidos. La mayoría son usados en conjunción con grasas, ejemplo, grafito, disulfuro de molibdeno.

6.6.1 *Métodos de lubricación.* Estos pueden ser clasificados en desechables o de pérdida total, y auto contenido.

A. Métodos de pérdida total.

- Lubricación manual. El aceite se agrega a intervalos cortos, es para equipo con poco movimiento.
- Alimentador con mirilla. El aceite es alimentado de un recipiente transparente por una válvula.
- Sifón tipo mecha. Se usa para baja viscosidad y el suministro varía con el nivel de aceite.
- Lubricante forzado mecánicamente. El suministro es controlado por la acción de un émbolo con un tornillo de ajuste.
- Felpa. provee lubricante de la reserva suavemente y actúa como filtro.
- Atomizador. Inyecta gota a gota en una corriente de aire presurizada atomizándola.

B. Métodos auto contenidos.

- Mechero con alimentación desde el fondo. Protege el equipo del polvo, filtrando el aceite.
- Anillo. El aceite es usado por largos períodos de tiempo, algunas veces se usa cadena en lugar de anillo.
- Baño. se usa por largos períodos en engranes y mecanismos de transmisión.
- Circulante por presión. Suministra aceite a muchos puntos en equipos grandes.

Puntos clave para la inspección diaria.



- Control del nivel del lubricante. Seleccione el nivel apropiado que pueda ser mantenido.
- Cheque la temperatura del lubricante. Con el aumento de la temperatura se reduce la fricción y aumenta el deterioro. asegure que la temperatura no llegue más allá de lo especificado.
- Controle el rango de lubricación. Aplicar la cantidad correcta, mucho significa problema, menos es insuficiente.

**6.7 Mantenimiento predictivo y técnicas de diagnóstico.** Las metodologías de mantenimiento conocidas como mantenimiento predictivo y mantenimiento basado en las condiciones, están ganando atención como reemplazos confiables del mantenimiento periódico y reexaminación.

Los métodos constituyen un nuevo tipo de mantenimiento preventivo que usa medición moderna y técnicas de señal de proceso para diagnosticar la condición del equipo durante operación y determinar cuando se requiere mantenimiento. Para permanecer competitivas las compañías deben cambiar del mantenimiento periódico al predictivo, en el equipo que es caro en reparación o que causa serias pérdidas si se descompone.

**6.7.1 Técnicas de diagnóstico.** Los intervalos para el mantenimiento periódico convencional y reexaminación son usualmente decididos determinando el máximo tiempo de operación de las estadísticas de descomposturas y de la inspección visual y ha sido sujeto de largos errores experimentales. La reexaminación y los intervalos de mantenimiento deben ser derivados científicamente, basados en una exacta comprensión de las condiciones de la máquina. La tecnología de diagnóstico mide la tensión en el equipo y sus mal funciones, deterioro, fuerza, desempeño, y otras propiedades sin desmantelarlo. Es una tecnología para monitorear cambios continuos.

Los tipos de descomposturas a las cuales el mantenimiento predictivo es aplicable, está limitado a esos equipos a los cuales los cambios, en los parámetros seleccionados previamente son usados para proyectar descomposturas. No es apropiado cuando no hay medio de detectar mal funciones por adelantado, tampoco es apropiado cuando los costos del monitoreo sean más altos que los costos de reparación o que las pérdidas de producción.

El mantenimiento predictivo tiene como fines los siguientes:

- Reducir descomposturas y accidentes causados por el equipo.
- Incrementar los tiempos de producción y operación.
- Reducir los costos y tiempos de mantenimiento.

- Incrementar la calidad de los servicios y productos.

Las técnicas aplicadas para el diagnóstico de la máquina son siete y son las siguientes:

- Métodos térmicos. Incluyen el uso de pintura térmica para dar al equipo una termografía visible de los calentamientos.
- Monitoreo del lubricante. Monitorea color, oxidación, y partículas de metal contenidos en un análisis espectro químico.
- Detección de fugas. Fugas de vasos de presión se detectan con ultrasonido o gases halógenos.
- Detección de fisuras. Son detectados usando un flujo magnético, resistencia eléctrica, ondas ultrasónicas o radiación.
- Monitoreo de vibración. Choque y pulso son usados en maquinaria con partes móviles.
- Monitoreo del ruido. Varios tipos de detectores monitorean a través del ruido que genera.
- Monitoreo de la corrosión. Las emisiones acústicas y otros métodos son usados para monitorear la condición de los metales.

Los más usuales son el monitoreo térmico, monitoreo del lubricante y vibración, son extremadamente importantes, son una forma rápida en la detección de malfuncionamientos.

## 7. PREVENCIÓN DEL MANTENIMIENTO.

La administración del equipo o maquinaria puede ser dividido en Ingeniería del proyecto e Ingeniería de mantenimiento. La prevención del mantenimiento (PM) es un aspecto significativo de Ingeniería del proyecto y sirve como interfase entre ésta y la Ingeniería de mantenimiento. La meta de las actividades de prevención del mantenimiento es reducir los costos de mantenimiento y pérdidas por deterioro en el equipo nuevo, considerando los datos de mantenimiento pasados y la última tecnología, cuando se diseña, para alta confiabilidad de mantenimiento, operatividad, seguridad y otros requerimientos. En otras palabras significa diseñar e instalar equipo que será fácil de mantener y operar.

Para ejecutar las metas de PM, los ingenieros de ingeniería y diseño responsables del desarrollo de equipo deben ser altamente adiestrados y deben de hacer un uso completo de todos los datos técnicos disponibles, incluyendo; registros de operación

y mantenimiento, registros de mejoras al equipo existente, registros de desarrollo y modificación de equipo, datos técnicos de fuera, registros de actividades pasadas de MP, diseños estándar y listas de verificación, basadas en esos datos.

Sin las actividades de prevención del mantenimiento, los problemas emergen cuando el equipo nuevo es instalado durante las pruebas de arranque y adaptación a la producción, aunque el diseño, fabricación e instalación parezca haber ido bien. Si la operación normal es difícil de establecer, las reparaciones menores, ajustes, lubricación y limpieza para prevenir deterioro y descomposturas se hace complicada y los trabajadores se desaniman.

Esta clase de problemas ocurren en la etapa de arranque, y las modificaciones subsecuentes del equipo consisten en atar los cabos sueltos dejados en la etapa de diseño y fabricación.

La calidad del subsecuente mantenimiento productivo es determinada ampliamente por; si la tecnología de confiabilidad en el equipo, es traída de fuera o es desarrollada a través de los esfuerzos y experiencias de producción, por el diseño y personal de mantenimiento, es también determinada por la investigación y desarrollo internos.

Sin embargo, los datos de mejoras técnicas obtenidas por los ingenieros de mantenimiento y diseño de las actividades rutinarias de PM no es usada en el diseño de confiabilidad en el mantenimiento. Los ingenieros de mantenimiento no presentan estos datos en la forma que es aceptada por los ingenieros de diseño. Una comunicación más efectiva entre ambos debería ser el primer paso. Los ingenieros de mantenimiento deberían de considerar como compilar los datos usables de MP para apoyar al departamento de diseño en planear y diseñar su equipo.

Para recoger y estandarizar los datos de PM, los datos de seguridad, calidad, ingeniería y mantenimiento se deben de juntar, analizar y codificar. Los datos se arreglan cronológicamente y almacenar en archivos, los datos comunes que pueden ser usados en muchos tipos de equipo, acumulados y estandarizados en la forma de estándares de diseño de equipo y estándares de seguridad. Estos datos pudieran ordenarse de la siguiente manera:

- Accidentes relacionados con el equipo.
- Investigaciones de la capacidad del proceso.
- Mejoras de diseño, defectos de diseño.
- Descomposturas.
- Iniciación del control de comisionamiento.
- Actividades rutinarias de control.



- Investigación del tiempo de vida de las partes.

**7.1 Estandarización del diseño en prevención del mantenimiento.** Cuando el equipo nuevo es diseñado o el equipo existente es modificado, los requerimientos de confiabilidad en el mantenimiento no pueden ser efectivamente incorporados si los datos técnicos no son apropiadamente cotejados y comunicados. Los ingenieros sin experiencia no pueden aumentar sus destrezas técnicas si la tecnología que requieren solo está en las cabezas del personal con experiencia.

Los datos y conocimientos técnicos que representan a la experiencia acumulada de una compañía, debe ser estandarizada y puesta en forma de guía para incrementar la destreza de los diseñadores técnicos y prevenir errores. Los estándares no serán usados si son muy abultados, o si la información es difícil de encontrar, difícil de entender, o si está fuera de fecha. Prepare listas de verificación basados en los estándares de los artículos más importantes en cada etapa, entonces use esas listas para detectar y corregir, tan rápido como sea posible, partes fuera del estándar, errores de diseño y fabricación y otros errores.

**7.2 Control del comisionamiento.** Es la etapa que sigue a la instalación y corrida de pruebas y termina hasta lograr una operación normal. Se hace una severa revisión, y se hacen esfuerzos para prevenir defectos. El comisionamiento es la última oportunidad para detectar y corregir defectos de diseño que son imposibles de predecir. La depuración en esta etapa identifica problemas en la estabilización de la calidad del producto, alimentación de las materias primas y el manejo de materiales en el taller. En esta etapa se preparan manuales de operación y de herramientas, estándares para mantenimiento rutinario de lubricación, inspección, servicio de rutina, etc. Incluye entrenar al personal de mantenimiento y operación para cuando maneje el equipo.

**7.3 Metodología para prevención de problemas.** Las actividades de prevención de problemas se intencionan para eliminar, durante las etapas de planeación, diseño, fabricación, instalación y comisionamiento, muchos problemas que típicamente ocurren antes y después. Su meta importante es predecir la posibilidad de problemas.

Esto es perfeccionado usando listas de verificación estándar en cada etapa y observando los resultados de las medidas preventivas tomadas. El siguiente acercamiento a la prevención de problemas puede ayudar a evitarlo:

**7.3.1 Forme el grupo de proyecto.** La gente que operará y mantendrá el equipo debería participar desde la etapa de diseño. Los departamentos de producción y mantenimiento deben unir fuerzas con el departamento de diseño para formar un

grupo de proyectos centralizado en el departamento de ingeniería. Los departamentos de ingeniería y mantenimiento pueden examinar los problemas en cada etapa desde sus diferentes perspectivas y experiencias. Esto conduce a mayor exactitud de problemas y para prever medidas que el departamento de ingeniería no provee.

*7.3.2 Uso de registros para la prevención de problemas.* Usando estos registros, el grupo de proyecto predice o anticipa problemas potenciales en cada etapa de la administración del equipo, planea las medidas preventivas por adelantado, y revisa los resultados después de que las medidas se han tomado. Los pasos para elaborar estos registros son:

- Etapa de planeación. Primero, los miembros del grupo de proyecto se reúnen en la etapa de planeación, usando su experiencia y conocimiento de equipo similar, listan las especificaciones que deben ser clarificadas en esta etapa. El grupo usa las especificaciones básicas preparadas por planeación o por el departamento de ingeniería, como su punto de partida, entonces cada punto identificado se discute, revisa, o se sigue en la etapa de diseño y revisión de dibujo.
- Etapa de diseño y revisión de dibujo. Los miembros del grupo de proyecto se reúnen para seguir los resultados de las acciones tomadas y registradas en la etapa de planeación. Los puntos con resultados satisfactorios se indican con un círculo y los insatisfactorios con un triángulo, los resultados son discutidos, revisados o seguidos hasta la fabricación.
- Fabricación del equipo, inspección, y etapas subsecuentes. El mismo procedimiento es repetido en la fabricación, inspección y etapas subsecuentes, en cada etapa los miembros del grupo de proyecto se reúnen para discutir, revisar y seguir los artículos identificados en la etapa previa. Los problemas son predichos, las medidas preventivas son proyectadas, los miembros del personal responsable para llevarlas a cabo son asignados, y los resultados son revisados y confirmados.

Los registros son criticados porque toma tiempo prepararlos y seguirlos. Esto es cierto solo en el principio, una vez familiarizándose con ello, son rápidas y fáciles de usar.

## 8. ENTRENAMIENTO EN MANTENIMIENTO .

En los últimos años el movimiento para incrementar la productividad y una producción de costo competitivo ha conducido a más equipo sofisticado y operado a altas velocidades. La experiencia del personal de mantenimiento y producción es limitado a ediciones y tecnologías relacionadas a sus propias áreas de responsabilidad. Bajo estas circunstancias el TPM no progresará.

Para llevar a cabo las actividades de TPM, la compañía requiere de personal con fuerte destreza en mantenimiento relacionada al equipo. Los operadores deben ser instruidos con su propio equipo y desarrollar experiencia práctica y destreza necesaria para mantener operando bien el equipo. Los operadores deben entender la estructura y funciones de su equipo demasiado bien para operarlo apropiadamente. El personal de mantenimiento debe tener destreza y conocimiento para que los operadores confíen en ellos. La relación entre los dos grupos puede ser simplemente entendida comparando a los operadores del equipo como los choferes de autos y los trabajadores de mantenimiento como los mecánicos.

Como los choferes de autos, los operadores de equipo desempeñan cuatro tipos de trabajo de mantenimiento simple para mantener el equipo corriendo suavemente;

- Lleva una revisión del equipo al arrancar, revisa el nivel de aceite en el sistema hidráulico, busca vibraciones inusuales u otras anomalías.
- Periódicamente revisa la temperatura, velocidad, etc. durante la operación y continúa escuchando por ruido y vibraciones inusuales.
- Revisa el tablero de instrumentos regularmente para ver el nivel de corriente y ve otros medidores de corriente y presión.
- Se asegura que el equipo está bien lubricado y se agregue el lubricante que se requiera.

Finalmente cuando nota una condición que pudiera ser un problema de seguridad o mecánico, informa a mantenimiento quién encuentra la anomalía. Aunque el personal de mantenimiento se empeña en arreglar las descomposturas tan rápido y eficiente como es posible, sus deberes van más allá del tratamiento de fallas del equipo. El personal de mantenimiento ha sido siempre responsable por asegurar la operación confiable de la máquinas y otro equipo usado por el departamento de producción, sus deberes incluyen:

- Planeación del mantenimiento periódico.
- Medición periódica de vibración y temperatura.
- Estimación óptima del intervalo de reemplazo de partes.

- Planear y seleccionar óptimamente el lubricante, material y partes de máquinas.
- Corregir las debilidades de diseño del equipo.
- Restaurar el equipo descompuesto rápidamente.
- Proveer educación y entrenamiento de mantenimiento a los operadores de equipo.
- Mejorar sus destrezas de mantenimiento y aprender nuevas tecnologías.

**8.1 Currículum de entrenamiento.** El entrenamiento de las destrezas de mantenimiento en ésta sección está organizado en función de las partes comunes y enfatiza la experiencia de manos-a-la-obra. El currículum del programa se muestra a continuación

#### UNIDAD 1. Tornillos y tuercas.

Típicamente, las partes que forman el equipo de producción son separadamente maquinadas y ensambladas. La mayoría de esas partes se juntan por medio de tuercas y tornillos. Cada máquina usa un gran número de tuercas y tornillos como fijadores que requiere considerable tiempo para asegurarlas y fijarlas. A estos fijadores frecuentemente no se les da torque adecuado. La unidad 1 explica el adecuado torque para diferentes tipos de materiales. En el proceso se debe aprender y preparar dibujos técnicos y tablas para hacerse familiar con los símbolos de los materiales, se aprende la importancia del uso de marcas, métodos confiables de asegurar los tornillos y tuercas de la maquinaria.

#### UNIDAD 2. Cuñas y baleros.

Las cuñas son importantes al conectar flechas y partes como poleas, juntas, etc. Las cuñas vienen en varias formas y tamaños de acuerdo a las condiciones de carga y a la estructura del mecanismo. Los defectos en la forma en la que las flechas y el fresado se encuentran, o en la forma en que la cuña se ajusta, pueden causar daño o evitar la rotación o que las partes se roten. En ésta unidad se aprende los tipos de cuñas, como deben ajustarse y como medir las secciones fresadas de mandriles y engranes para que ajusten con precisión. También aprenden a reemplazar cuñas y practican con varios métodos de ajuste. Al final de la unidad aprenden los estándares y tipos de baleros o cojinetes, sus características y un reconocimiento general de lubricación.

#### UNIDAD 3. Trasmisiones de poder (engranes, bandas y cadenas).

Después de una introducción en la nomenclatura de engranes, cadenas y bandas-V, se empieza trabajando con un balero de doble bola. habiendo trabajado con cuñas en

la unidad 2, están listos para ensamblar un artefacto completo para operación de prueba. Usan varios instrumentos para medir los defectos de ensamble y defectos de baleros durante la operación de prueba. Repetidamente ajustan la cantidad de lubricante aprendiendo como la cantidad afecta la temperatura de operación. Después reemplazan la banda-V por una cadena y repetidamente ajustan la tensión en la cadena para sentir la relación entre la tensión y las características de operación, como ruido y temperatura, entonces conectan una cuña ajustada a un engrane y practican corrigiendo la pérdida de carrera causada por el engrane así como por su alineación.

#### UNIDAD 4. Hidráulica, neumática y sellado.

El poder hidráulico está basado en presión de aceite y el poder neumático en presión de aire, se usa esa fuerza en muchos tipos de equipo industrial. Para hacer el uso de las funciones de hidráulica y neumática más efectivo, se debe entender las características y estructura del equipo que se maneja. se empieza estudiando los principios básicos de hidráulica y neumática, y aprendiendo como leer los símbolos usados para explicarlos, se aprende como prevenir las fugas de fluido y la introducción de materia extraña, con el apropiado uso de varios tipos de empaques. Para entender completamente el trabajo de sellado, se aprende a ensamblar máquinas que usan tubería de alta presión y tratan con fugas causadas con presión de agua. Se les requiere para hacer modelos de corte, que muestran las parte y subensambles, cortados y relacionados con la función mecánica de operación, juntan las partes para mostrar un tablero y titular sus funciones, creando un modelo que puede ser usado posteriormente para entrenamiento

**8.2 Implementando el curso de entrenamiento.** El curso de entrenamiento básico para la máquina, organizado de acuerdo al curso de cuatro unidades descrito, toma tres días completos cada unidad, y las cuatro unidades son distribuidas una por mes en cuatro meses. La razón de lecturas a práctica en el lugar de trabajo es generalmente de tres a siete, y su énfasis de aprendizaje en práctica ayuda a adquirir conocimiento y destreza. Se requiere preparar reportes diarios describiendo su trabajo y al final de cada unidad de tres días, suman lo que han aprendido. El instructor del curso revisa y evalúa los reportes, administra pruebas de comprensión rutinarias y los regresa con comentarios. Al final del curso, el instructor evalúa a cada uno sobre su progreso en general.

Antes de ir a la siguiente unidad, en las semanas intermedias se entrena lo que se ha aprendido en el lugar de trabajo y pasan lo que han aprendido a sus compañeros de trabajo. Se preparan notas de las aplicaciones prácticas y se lista cualquier pregunta del proceso en sus reportes diarios. las preguntas que no son contestadas en el

contexto del trabajo diario, son dirigidas al instructor en la siguiente unidad. Este acercamiento se sigue en la unidad 3 y 4 donde tienen que presentar sus modelos de corte de máquinas. Después de completar el período de cuatro meses en unidades de curso, se fijan metas por ellos mismos y las tratan de ejecutar en un término de seis meses, durante ese término usan lo que han aprendido desarrollando soluciones a problemas específicos en el lugar de trabajo.

**8.3 Entrenamiento de mantenimiento para los operadores de equipo.** Día tras día los operadores deben mantener el equipo operando normalmente, pero ellos raramente entienden el funcionamiento del equipo que usan. En TPM las funciones de mantenimiento que se enseñan a los operadores salvan esa situación. El programa de entrenamiento de mantenimiento para operadores de equipo recomendada por JIPM incluye una semana de información básica y entrenamiento en la compañía, seguida por una instrucción diaria, uno por uno en el taller de la fábrica por personal de mantenimiento. Los tópicos cubiertos en el entrenamiento incluye manejo y mantenimiento de:

- Tuercas y tornillos.
- Flechas y coples.
- Baleros.
- Engranés.
- Transmisión de poder.
- Empaques.
- Lubricantes y lubricación.

Algunos otros cursos ayudan a promover el completo mantenimiento:

- Entrenamiento para instructores. Este curso ayuda a preparar instructores para los programas de entrenamiento interno, como parte del entrenamiento se les invita a formar parte del curriculum. La experiencia lograda como entrenadores, prueba sus destrezas de mantenimiento, y provee una oportunidad para practicar el liderazgo.
- Curso de procedimientos de mantenimiento. Para llevar a cabo las reparaciones actuales, los trabajadores necesitan procedimientos estándares y valores de referencia para actividades como remover tuercas y tornillos, o remover engranes sin utilizar marcas de referencia y reensamblarlos para que los dientes cacen adecuadamente.
- Curso de alambrado eléctrico e instrumentación. Aunque las fallas mecánicas son las fallas más obvias de descomposturas de equipo, las fallas también ocurren por alambrado eléctrico e instrumentación. Las causas de esas fallas son mucho más difíciles de fijar y generalmente

requieren mucho más tiempo para repararlas. Algunas veces las conexiones eléctricas sueltas causan fallas y en otras los circuitos eléctricos son la causa. El personal de mantenimiento debe enseñar las bases del control de circuitos usando programas de simulación, para poder identificar las fallas simples y conexiones sueltas.

- Monitoreo de máquinas. La tendencia hacia máquinas mayores en sofisticación, tamaño y rapidez está produciendo estructuras de máquinas complejas que requieren mantenimiento basado en las condiciones y el uso de varias técnicas nuevas de monitoreo y diagnóstico.

En los últimos años el movimiento para incrementar la productividad y una producción de costo competitivo ha conducido a más equipo sofisticado y operado a altas velocidades. La experiencia del personal de mantenimiento y producción es limitado a ediciones y tecnologías relacionadas a sus propias áreas de responsabilidad. Bajo estas circunstancias el TPM no progresará.

Para llevar a cabo las actividades de TPM, la compañía requiere de personal con fuerte destreza en mantenimiento relacionada al equipo. Los operadores deben ser instruidos con su propio equipo y desarrollar experiencia práctica y destreza necesaria para mantener operando bien el equipo. Los operadores deben entender la estructura y funciones de su equipo demasiado bien para operarlo apropiadamente. El personal de mantenimiento debe tener destreza y conocimiento para que los operadores confíen en ellos. La relación entre los dos grupos puede ser simplemente entendida comparando a los operadores del equipo como los choferes de autos y los trabajadores de mantenimiento como los mecánicos.

Como los choferes de autos, los operadores de equipo desempeñan cuatro tipos de trabajo de mantenimiento simple para mantener el equipo corriendo suavemente;

- Lleva una revisión del equipo al arrancar, revisa el nivel de aceite en el sistema hidráulico, vibraciones inusuales u otras anomalías.
- Periódicamente revisa la temperatura, velocidad, etc. durante la operación y continúa escuchando por ruido y vibraciones inusuales.
- Revisa el tablero de instrumentos regularmente para ver el nivel de corriente y ve otros medidores de corriente y presión.
- Se asegura que el equipo está bien lubricado y se agregue el lubricante que se requiera.

Finalmente cuando nota una condición que pudiera ser un problema de seguridad o mecánico, informa a mantenimiento quién encuentra la anomalía. Aunque el

personal de mantenimiento se empeña en arreglar las descomposturas tan rápido y eficiente como es posible, sus deberes van más allá del tratamiento de fallas del equipo. El personal de mantenimiento ha sido siempre responsable por asegurar la operación confiable de la máquinas y otro equipo usado por el departamento de producción, sus deberes incluyen:

- Planeación del mantenimiento periódico.
- Medición periódica de vibración y temperatura.
- Estimación óptima del intervalo de reemplazo de partes.
- Planear y seleccionar óptimamente el lubricante, material y partes de máquinas.
- Corregir las debilidades de diseño del equipo.
- Restaurar el equipo descompuesto rápidamente.
- Proveer educación y entrenamiento de mantenimiento a los operadores de equipo.
- Mejorar sus destrezas de mantenimiento y aprender nuevas tecnologías.

## 9. ACTIVIDADES DE GRUPOS PEQUEÑOS TPM.

El estilo japonés en actividades de grupos pequeños comenzó con los círculos de calidad, introducidos en 1962. El concepto americano de cero defectos (CD), que es una actividad individual más que de grupo, viene a ser popular tres años después. NEC, la primera firma japonesa en implementarlo, combinó las actividades de mejora individual con el estilo japonés de círculo de calidad, formando las actividades de grupo CD.

Más tarde, la industria del acero japonés siguió con las actividades del ampliamente usado JK (Jinshu Kanri o "administración autónoma"). Desde entonces muchas otras compañías han desarrollado su propia tecnología y procedimientos conduciendo los círculos CC y grupos CD. De hecho la mayoría de las compañías japonesas promueven alguna forma de actividades de grupos pequeños, aún en las industrias de servicio como hoteles, bancos y seguros.

**9.1 Grupos pequeños de PM basados en el modelo CD.** JIPM (Japan Institute for Plant Maintenance) promueve el uso de "grupos pequeños autónomos", de acuerdo a TPM las actividades son basadas en el modelo CD y construidos en la estructura de la organización, la función de los grupos pequeños en cada nivel y a través de las divisiones, es cumplir con los objetivos de la compañía.

Durante la etapa de implementación de TPM, el tiempo usado por los grupos pequeños en varias actividades, es cuidadosamente monitoreada. Las actividades son categorizadas y registradas como actividades de mantenimiento, educación y entrenamiento y juntas. Esta documentación de como los grupos pequeños usan su tiempo permite a la compañía a compensar a sus empleados adecuadamente.

*Alta moral = Altas ganancias.*

**9.2 Promoción de las actividades de grupos pequeños.** Las actividades de los grupos pequeños deben estar basados en la administración participativa, para mejorar la productividad y las condiciones de trabajo. Los trabajadores son los jugadores líderes, tomando responsabilidad más bien que seguir órdenes o hacer lo suficiente para ganarse la paga. Cada trabajador administra su trabajo autónomamente procurando mejores resultados. Mientras los trabajadores deben jugar un papel de líder, al mismo tiempo los administradores deben llevar una gran parte del trabajo para mantener a los trabajadores motivados. Cuatro factores son importantes en la motivación de las actividades por grupos pequeños:

- Reconozca la importancia del trabajo. Un trabajador debe entender la importancia de su trabajo para tomar responsabilidad por el y querer hacerlo bien.
- Seleccione y ejecute metas. Trabajar sin metas es como un corredor sin línea de meta. El seleccionar metas y promover su cumplimiento puede ser una manera efectiva para motivar gente. Los administradores deben tener cuidado al guiar a los grupos pequeños para que seleccionen metas de acuerdo a las metas anuales de la compañía.
- Actuar sobre sugerencias. El número de sugerencias propuestos por trabajadores individuales ha sido vista como una medida de la forma en que se han llevado las actividades de los grupos pequeños. Sí se producen buenos resultados cuando una sugerencia es adoptada e implementada, los que propusieron tienen un sentimiento gratificante de cumplimiento. En plantas donde las actividades de grupos pequeños se han tomado, cada trabajador contribuye con al menos una sugerencia al mes.
- Recompensar los esfuerzos de los trabajadores. La adjudicación satisface el deseo de la gente de reconocimiento y es usualmente dado por el cumplimiento de metas y por sugerencias prósperas. Aunque esto es para satisfacer a los individuos la adjudicación tiene significancia posterior en el contexto de las actividades de grupos pequeños. Se demuestra que los administradores reconocen esa ejecución en un hecho concreto. Mientras que la adjudicación puede ser monetaria, más

importante que la cantidad es la oportunidad de los administradores de reconocer y expresar su apreciación por las ejecuciones de los trabajadores

**9.3 El papel de la alta dirección.** La clave para progresar en todas las actividades de grupos pequeños descansan en tres condiciones; motivación, habilidad y un ambiente favorable de trabajo. La dirección es responsable por la promoción de esas condiciones. De estas tres claves, la motivación y habilidad es responsabilidad de los trabajadores, pero la creación del ambiente de trabajo está fuera de su control. Este ambiente tiene componentes físicos y psicológicos que deben ser satisfechos.

La primera responsabilidad de la dirección es proveer un entrenamiento necesario para desarrollar una fuerza de trabajo capaz, motivada y trabajadores verdaderamente autónomos. Se debe proveer la educación humana, entrenamiento técnico en mantenimiento y técnicas de operación. La educación es fuente de motivación porque facilita a la gente a entenderse ellos mismos.

La segunda responsabilidad de la dirección es proveer un ambiente de trabajo favorable para eliminar los obstáculos físicos y psicológicos para trabajar autónomamente en el ambiente. La creación de un ambiente favorable psicológico requiere, primero, escapar de la dirección autoritaria y segundo, cambios en la estructura de la compañía para promover administración participativa.

**9.4 Evaluando el progreso de los grupos pequeños.** Si las metas de los grupos pequeños son las mismas que las metas de la compañía, podemos evaluar su progreso midiendo el grado para el cual las actividades de grupo contribuye en el cumplimiento de las metas de la compañía. El progreso en las actividades de los grupos pequeños puede separarse en cuatro etapas:

- A. Autodesarrollo. Primero, los miembros del grupo deben dominar las técnicas, su motivación incrementa como ellos reconozcan la importancia de cada una.
- B. Actividades de mejora. Las actividades de mejora de grupo son propuestas e implantadas, conduciendo a una sensación de perfección.
- C. Resolución de problemas. En esta etapa, las metas de los grupos pequeños que complementan las metas de la compañía pueden ser seleccionadas y el grupo viene a ser activamente involucrado en la resolución de problemas.
- D. Dirección autónoma. El grupo selecciona metas de alto nivel consistentes con la política corporativa y dirige su trabajo independientemente.



Las actividades en la etapa A a la C no son inconsistentes con la tradicional organización basada en orden y control. Durante la etapa D la administración participativa es establecida.

## 10. MIDIENDO LA EFICACIA EN TPM.

Para integrar un programa de TPM más efectivamente a través de la compañía o planta, deben ser clarificados, los problemas corrientes, el potencial para su solución y los beneficios a ser ganados. La eficacia de TPM es medida por dos razones: ayuda a establecer prioridades para proyectos de mejora dándole exactitud y reflejando sus resultados. La medición de la eficacia revela los frutos de los esfuerzos diarios, aisla puntos en los que debemos enfocarnos y ayuda en planear las contramedidas.

Para implementar TPM efectivamente, debemos saber que áreas en la planta tiene problemas y cuales son, requiere índices que muestren exacta y continuamente donde se necesita la mejora y que clase de resultados podemos esperar. Tales índices enfocan actividades de mejora señalando los aspectos más importantes, facilitan la pronta identificación y respuesta al cambio, juicios mas exactos, y ayudan a promover las actividades de TPM más eficientemente.

Los resultados de las actividades de TPM son también medidos usando índices que muestran exacta y claramente la eficacia relativa de las actividades y medidas de mejora en las diferentes plantas o divisiones. Un cercano monitoreo en todos los niveles ayuda a mantener y mejorar resultados, promueve el desarrollo más eficientemente y nos ayuda a entender y prevenir caídas repentinas en la eficacia.

**10.1 Eficacia del equipo.** Como se explicó anteriormente, la eficacia del equipo tiene tres factores: disponibilidad (tasa de operación), tasa de desempeño, y tasa de calidad.

La eficacia del equipo completo se calcula de la formula:

Eficacia del equipo = t. operación X t. desempeño X t. Calidad

$$\text{Tasa de operación} = \frac{\text{tiempo de carga} - \text{tiempos caídos}}{\text{tiempo de carga}}$$

Tasa de desempeño = tasa de operación neta X tasa de velocidad de operación  
producción x ciclo de tiempo actual ciclo de tiempo ideal  
=  $\frac{\text{producción} \times \text{ciclo de tiempo actual}}{\text{ciclo de tiempo ideal}}$   
tiempo de carga - tiempos caídos ciclo de tiempo actual

Los tiempos caídos incluyen tiempo para preparar, ajustar, cambiar herramientas, y otras detenciones.

Tasa de calidad =  $\frac{\text{entrada} - (\text{defectos y retrabajos})}{\text{entrada}}$

**10.2 Índices de confiabilidad y mantenimiento.** Las siguientes medidas son usadas para clasificar y administrar las descomposturas.

MTBF (Mean Time Between Failures) =  $\frac{\text{detenciones totales}}{\text{tiempo de carga}}$

MTTR (Mean Time To Repair) =  $\frac{\text{tiempo de detención total}}{\text{total de detenciones}}$

**10.3 Actividades de mantenimiento.** Los índices para medir la eficiencia del departamento de mantenimiento difiere, dependiendo del tipo de trabajo de mantenimiento que se hace y como se organiza. Sin embargo se deben dirigir las siguientes preguntas generales:

- Hasta que término está cumpliéndose el trabajo de acuerdo al plan.
- Hasta que término está el trabajo ayudando a levantar las tasa de operación y calidad del producto.
- Está el trabajo que se está haciendo usando los métodos más efectivos y económicos.

Tasa BM (Breakdown Maintenance) =  $\frac{\text{trabajos de BD}}{\text{total de trabajos de mantenimiento}}$

El total de trabajos de mantenimiento es igual al trabajo total hecho en descomposturas esporádicas, mejoras y mantenimiento planeado o preventivo.

$$\text{Tasa BM horas-hombre} = \frac{\text{horas-hombre en BM}}{\text{horas-hombre totales en mantenimiento}}$$

$$\text{Tasa de cumplimiento PM} = \frac{\text{total de trabajos ejecutados en PM}}{\text{total de trabajos PM planeados}}$$

**10.4 Índices de medición relacionados a PQCDMSM.** Varios índices se utilizan en el control de artículos PQCDMSM (productivity, quality, cost, delivery, industrial hygiene and safety, morale).

**P = Productividad**

Mide los índices de productividad de la mano de obra, valor agregado por persona, efectividad del equipo, tasa de operación, tasa de desempeño, número de trabajos de mantenimiento en descomposturas, tiempo medio entre descomposturas (MTBF), tiempo de preparación y ajuste, número de detenciones menores, número de máquinas por persona.

**Q = calidad**

Mide los índices relacionados con la calidad como;  $C_p$ , número de reclamos.

**C = costo**

Mide los índices en la tasa de reducción de personal como; tasa de reducción de costos de mantenimiento, tasa de reducción de costos en partes de repuesto, tasa de reducción de costo de energía, pérdidas por tiempos caídos.

**D = envíos**

Mide los índices en retrasos en las entregas como; tiempo de inventario, tasa de rotación de inventario.



S = seguridad

Mide la cantidad de accidentes que requieren discontinuar el trabajo.

M = morales

Mide el número de sugerencias de mejora; número de juntas de grupos pequeños.

Cada tasa o índice usado para medir la eficacia de TPM tiene ventajas y desventajas, por ejemplo, algunos índices no pueden expresar los resultados de ciertas áreas. Los índices de eficiencia del departamento de mantenimiento, en particular difiere de acuerdo al tamaño de la compañía y la configuración de su equipo. Los índices desarrollados entonces, deben ser usados en el entendimiento de que son sujetos de ciertas limitaciones.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Patton J D (1987), "*Preventive Maintenance*", Instrument Society of America, USA.
2. Takatsuki R (1982), "*Productivity and quality innovation with TPM*", en Monden Y (Editor): "*Applying Just In Time: The American/Japanese Experience*", Industrial Engineering and Management Press, Norcross, Georgia.
3. Bailey C L, Maggard B N, D W (1987), "*Total productive maintenance: A team implementation approach*", in Proceedings of International Industrial Engineering Conference, May., 22-25, 1988, Orlando: Industrial Engineering and Management Press.
4. Takeuchi H, Quelch J A (1983), "*Quality is more than making a good product*", Harvard Business review, (jul.-Ago.) Págs. 139-145.
5. Hohner G (1988), "*JIT/QC: Integrating product design with shopfloor effectiveness*", Industrial Engineering, págs. 42-48.
6. Susaki K (1987), "*The new manufacturing challenge-techniques for continuous improvement*", The Free Press, New York.
7. Tersine R J (1983), "*Preventive maintenance: A path to higher productivity*", Society for Advancement of Management (S.A.M.), Advanced Management Journal, primavera 1983, págs. 39-44.
8. Willmott P (1990), "*Managing maintenance*", Manufacturing Engineering, Jun., págs. 28-30.
9. Willmott P (1990), "*Maintaining profitability*", Manufacturing Engineering, May., págs. 30-32.
10. Senker P (1986), "*Automation and maintenance training*", Robotica (1986), Vol. 4, págs. 47-50.
11. Priestley C (1983), "*Purchasing must push for planned maintenance*", Purchasing, Sept., 29, pág. 29.

12. Seddon G (1988), *"Maintenance matters"*, Industrial Computing, Abr., págs. 29-34.
13. Nakajima Seiichi (1989), *"TPM development program: implementing total productive maintenance"*, Productivity Press.
14. Ohno, Taiichi (1988), *"Toyota Production System: Beyond Large Scale Production"*, Cambridge: Productivity Press.
15. Nakajima Seiichi (1978), *"New developments in ZD"*, Tokyo: Japan Management Association.
16. Hibi S. *"Measuring PM Effectiveness"*. Tokyo: Plant Engineering Association, n.d.
17. E. T. Newbrough (1989), *"Administración de mantenimiento industrial"*, Ed. Diana.
18. L. C. Morrow (1984), *"Manual de mantenimiento industrial"*, CECSA.
19. Asociación Nacional de Contadores de los Estados Unidos (1984), *"Control de costos de Mantenimiento"*. Ed. Infotec.
- 20.

**EXPERIENCIA DE APRENDIZAJE**

- Hacer un trabajo de aplicación.
- Exposición de temas.

**EVALUACION**

- 3 Exámenes 70%.
- 1 Trabajo final 20%.
- Exposición 10%.





## CONTENIDO

MENSAJE DEL PRESIDENTE DE ANFHER	5
SECCION PRINCIPAL	7
DIRECTORIO DE FABRICANTES	79
SECCION PUBLICITARIA	87
INDICE ALFABETICO	106

## TABLE OF CONTENTS

<i>ANFHER PRESIDENT MESSAGE</i>	6
<i>MAIN PART</i>	7
<i>MANUFACTURERS DIRECTORY</i>	79
<i>ADVERTISING SECTION</i>	87
<i>ALPHABETICAL INDEX</i>	109

## MENSAJE DEL PRESIDENTE

La ASOCIACION NACIONAL DE FABRICANTES DE HERRAMIENTAS, A. C. (ANFHIER), fue fundada en la ciudad de México en 1971, y asocia a los mas destacados fabricantes de herramientas de México.

Nos enorgullece presentar a ustedes la GUIA DE HERRAMIENTAS MEXICANAS. Esta es la primera edición que se realiza, y cuyo propósito es orientar al comprador nacional e internacional sobre la amplia gama de herramientas fabricadas en México, así como de los fabricantes nacionales. Además, es una aportación para ampliar el conocimiento de las herramientas a vendedores y usuarios.

Nace esta Guía en tiempos difíciles para nuestro país, su industria y su comercio. Esta guía es nuestra aportación para preservar y fortalecer nuestro muy importante sector industrial. Los fabricantes nacionales estamos listos para reiniciar el crecimiento económico aportando nuestros productos, tanto para ser usados por mexicanos, como para ser vendidos fuera de nuestras fronteras

La industria de herramientas mexicanas, se caracteriza por producir artículos dirigidos al usuario profesional, herramientas para el trabajo duro y continuo, herramientas de calidad comprobada. Orgullosamente podemos afirmar que todas las empresas participantes en esta Guía son líderes en una o más herramientas, muchos exportando por años. Los invitamos a que descubran su gran calidad garantizada, y lo competitivo de sus precios

Gracias por confiar en México.

Atentamente

ASOCIACION NACIONAL DE FABRICANTES DE HERRAMIENTAS, A.C.

Marco Antonio Hernández Lozada  
Presidente

## MENSAJE DEL PRESIDENTE

The Tool Manufacturers National Association (ANFHER) was founded in México City in 1971, and associates the most recognized mexican tools manufacturers.

We are proud to present you the Mexican Tools Guide 1995. This is our first issue, and its purpose is to guide the national and international buyer about the wide range of tools manufactured in México, as well as the national manufacturers. Also, it is a contribution to increase the know ledge of tools for the salesmen and user.

This guide appears in difficult times for our contry, its industry and its trade. This guide is our contribution to preserve and strengthen our very important industrial sector. The national tool manufacturers are ready to reiniciate the economic growth contributing with our products, either if they are going to be used by our people, or they are going to be sold abroad.

The mexican tool industry characterizes for making products for the professional user is mind, tools for the heavy and continuous work, quality tested tools. We can proudly state that every one of the companies in this guide are leaders in one or more products, most of them in the world market for years. We invite you to discover their great quality, and their competitive prices.

México thanks your confidence.

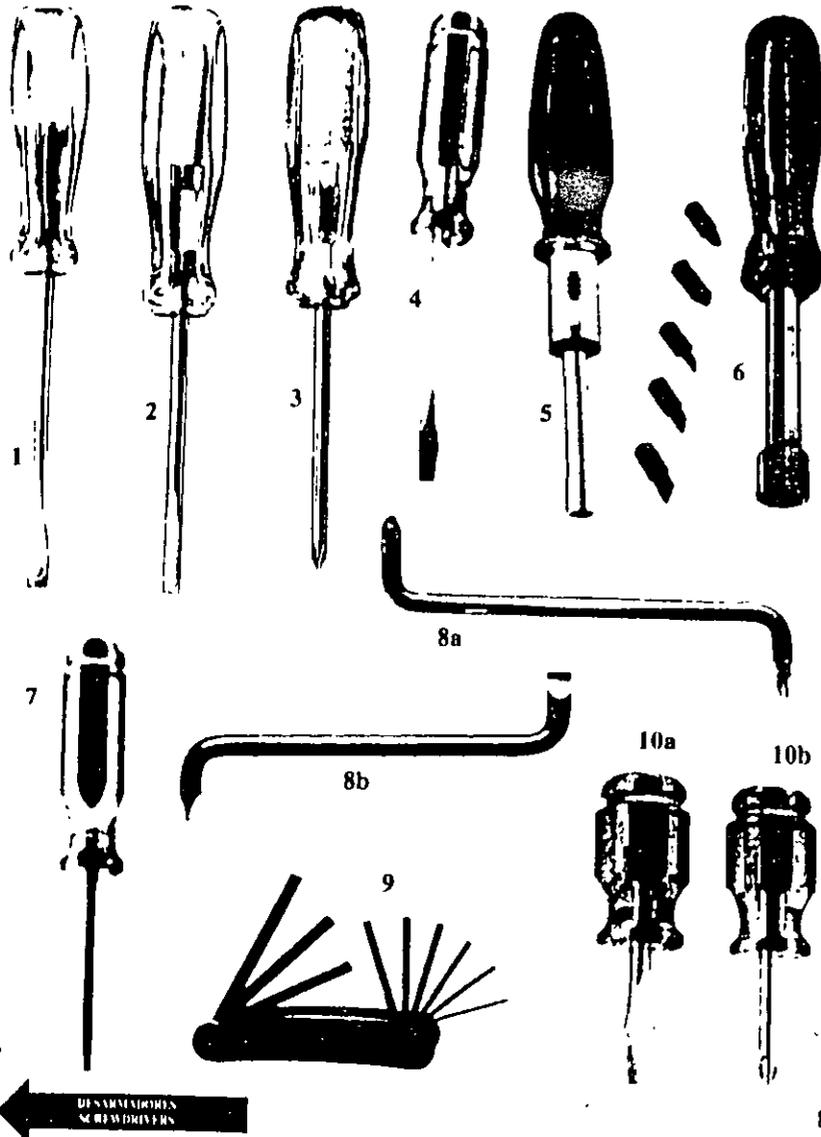
Sincerely

Marco Antonio Hernández Lozada  
President  
ASOCIACION NACIONAL DE FABRICANTES DE HERRAMIENTAS, A.C.

# SECCION PRINCIPAL

---

## MAIN PART



← DE DESARMADORES  
SCREW DRIVERS



**ANFER**  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A C

**HERRAMIENTAS DE MANO  
GENERALES, DESARMADORES**

**HAND TOOLS  
GENERAL, SCREWDRIVERS**

- 1 - Plano de barra redonda
- 2 - Cabinet
- 3 - Phillips
- 4 - Plano de barra cuadrada
- 5 - Con puntas cambiables
- 6 - De caja
- 7 - Torx
- 8 - Acodados en "Z", plano y phillips
- 9 - Torx, tipo navaja
- 10 - Trompo, plano y phillips

- 1.- Standard, round shank
- 2.- Cabinet-point
- 3.- Phillips-lead
- 4.- Standard-square shank
- 5.- With interchangeable bits
- 6.- Nut drivers
- 7.- Torx
- 8.- Offset drivers, standard and phillips
- 9.- Torx, folding set
- 10.- Stubby, standard and phillips

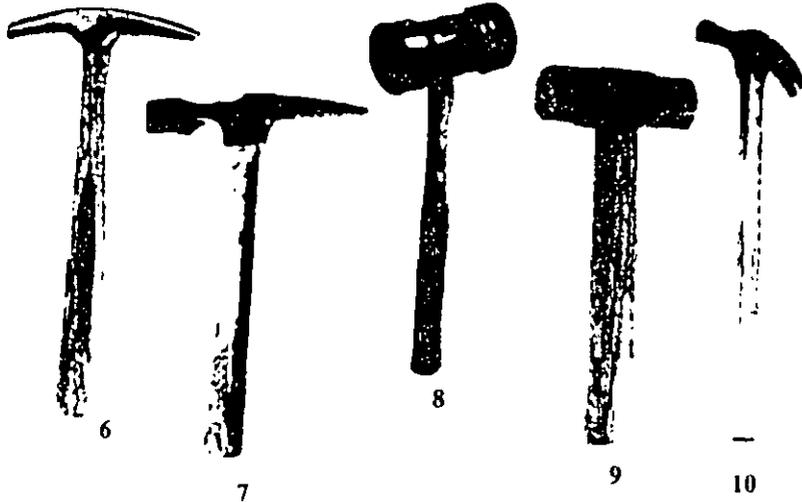
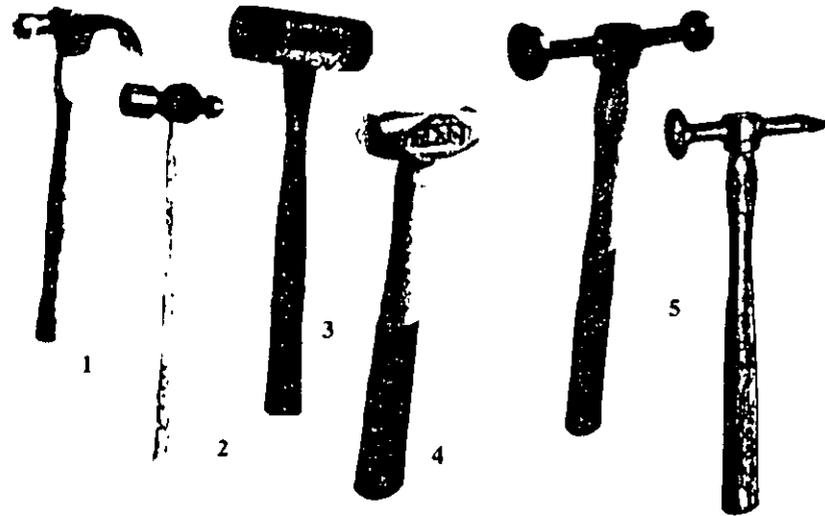
**FABRICANTES  
MANUFACTURERS:**

**PRODUCTOS  
PRODUCTS**

HERRAMIENTAS KLEIN, S.A. DE C.V.

(1, 2, 3 y 4)

URREA HERRAMIENTAS PROFESIONALES, S.A. DE C.V. (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 10)



← MARTILLOS Y MARROS  
HAMMERS



**ANFHER**  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS, A. C.

## HERRAMIENTAS DE MANO GENERALES, MARTILLOS Y MARROS

### HAND TOOLS GENERAL, HAMMERS

- 1.- De uña
- 2.- De bola
- 3.- Con cabezas de acetato
- 4.- De bronce
- 5.- De hojalatero
- 6.- Para tapicero
- 7.- Ladrillero
- 8.- Mazo con cabeza de hule
- 9.- Marros
- 10.- Constructor

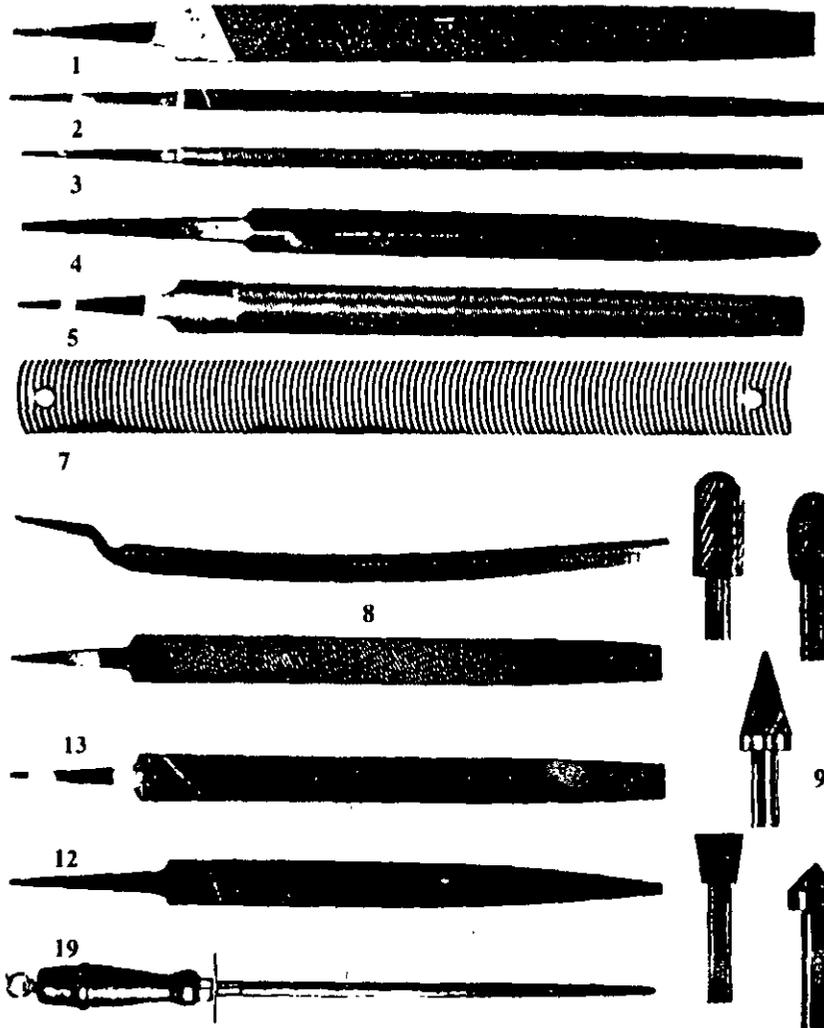
- 1.- Curved-claws
- 2.- Ball pein
- 3.- Plastic tip-head
- 4.- Brass head
- 5.- Tinner's
- 6.- Upholsterer
- 7.- Bricker
- 8.- Rubber head
- 9.- Sledge
- 10.- Constructor's

#### FABRICANTES MANUFACTURERS:

#### PRODUCTOS PRODUCTS:

H.K. PORTER CO. DE MEXICO, S.A. DE C.V.	(1, 2, y 9)
HERRAMIENTAS DE MANO EL CUERVO, S.A. DE C.V.	(9)
HERRAMIENTAS KLEIN, S.A. DE C.V.	(1 y 2)
HERRAMIENTAS STANLEY, S.A. DE C.V.	(1, 2, 6, 7, 9 y 10)
HERRAMIENTAS TRUPER, S.A. DE C.V.	(1, 2, 6, 7 y 9)
URREA HERRAMIENTAS PROFESIONALES, S.A. DE C.V.	(1, 2, 3, 4, 5, 6 y 8)
HERRAMIENTAS C.H., S.A. DE C.V.	(2 y 9)

→ CLAVES DE HERRAMIENTAS DE MEXICO



← LIMAS Y ESCOFINAS  
FILES & RASPS

12



## HERRAMIENTAS DE MANO GENERALES, LIMAS Y ESCOFINAS

### HAND TOOLS GENERAL, FILES & RASPS

**ANFHER**  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A.C.

- |   |   |
|---|---|
| 1.- Planas (muzas o bastardas)                    | 1.- Flat (smooths or bastardas)         |
| 2.- Cuadradas (muzas o bastardas)                 | 2.- Square (smooths or bastardas)       |
| 3.- Redondas (muzas o bastardas)                  | 3.- Round (smooths or bastardas)        |
| 4.- Triangulares (muzas o bastardas)              | 4.- Triangular (smooths or bastardas)   |
| 5.- Media caña (muzas o bastardas)                | 5.- Half round (smooths or bastardas)   |
| 6.- Cuchillas                                     | 6.- Knife                               |
| 7.- Flexibles para hojalatero                     | 7.- Flexible type                       |
| 8.- Rígidas para hojalatero                       | 8.- Rigids for tinner                   |
| 9.- Rotativas de acero rápido o carburo           | 9.- High speed steel or carbide rotary  |
| 10.- Para sierras (triangulares)                  | 10.- Saw (triangulars)                  |
| 11.- Para cerrajero                               | 11.- Locksmith                          |
| 12.- Plana para torno                             | 12.- Lathe (flats)                      |
| 13.- Para machetes (triangulares)                 | 13.- Bush knife (triangulars)           |
| 14.- Pitsau                                       | 14.- Pitsau                             |
| 15.- Para sierra de cadena (redondas)             | 15.- Chain saw (rounds)                 |
| 16.- Para aluminio (medias caña)                  | 16.- Aluminum (half rounds)             |
| 17.- Escofinas para madera (planas y medias caña) | 17.- Wood rasps (flats and half rounds) |
| 18.- Escofinas para herrar (planas)               | 18.- Farrier's rasp (flats)             |
| 19.- Chairas                                      | 19.- Butcher steels                     |

FABRICANTES  
MANUFACTURERS:

BELLOTA MEXICO, S.A. DE C.V.

NICHOLSON MEXICANA, S.A. DE C.V.

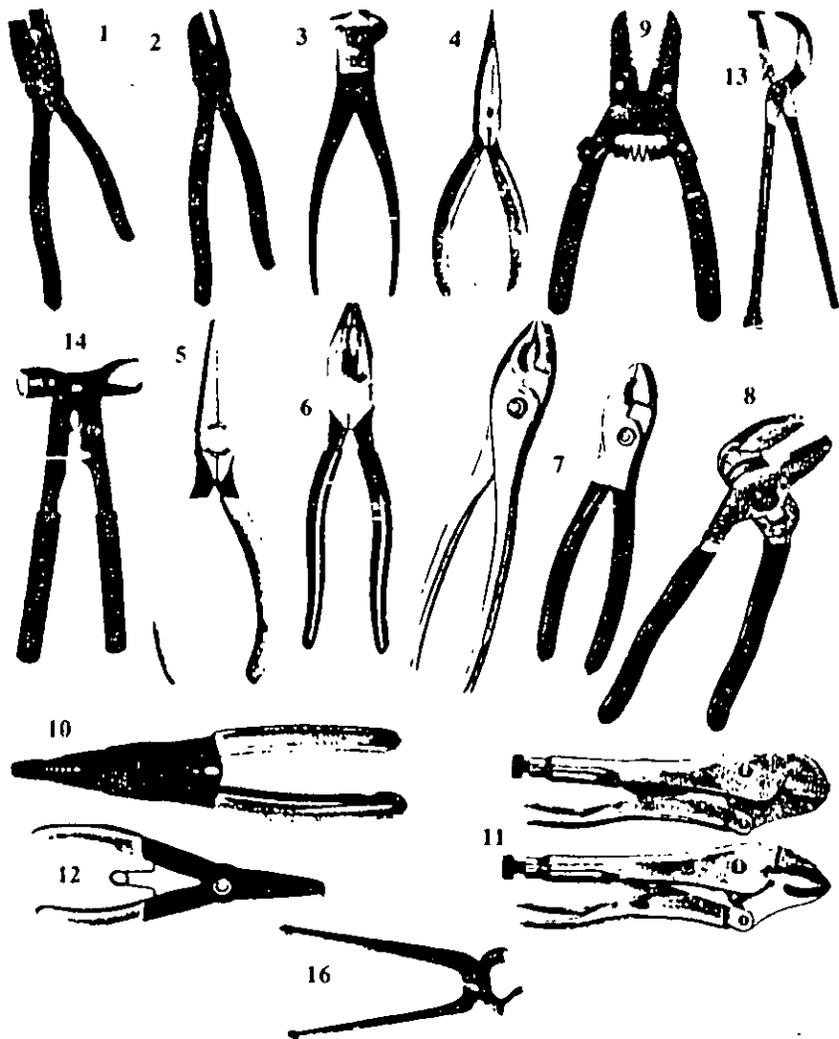
PRODUCTOS  
PRODUCTS

(1, 2, 3, 4, 10, 13 y 15)

(TODAS MENOS 9)

13

→ GUÍA DE HERRAMIENTAS DE MANO



**ANFHER**

ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS, A.C.

## HERRAMIENTAS DE MANO GENERALES, PINZAS Y TENAZAS

### HAND TOOLS GENERAL, PLIERS & NIPPERS

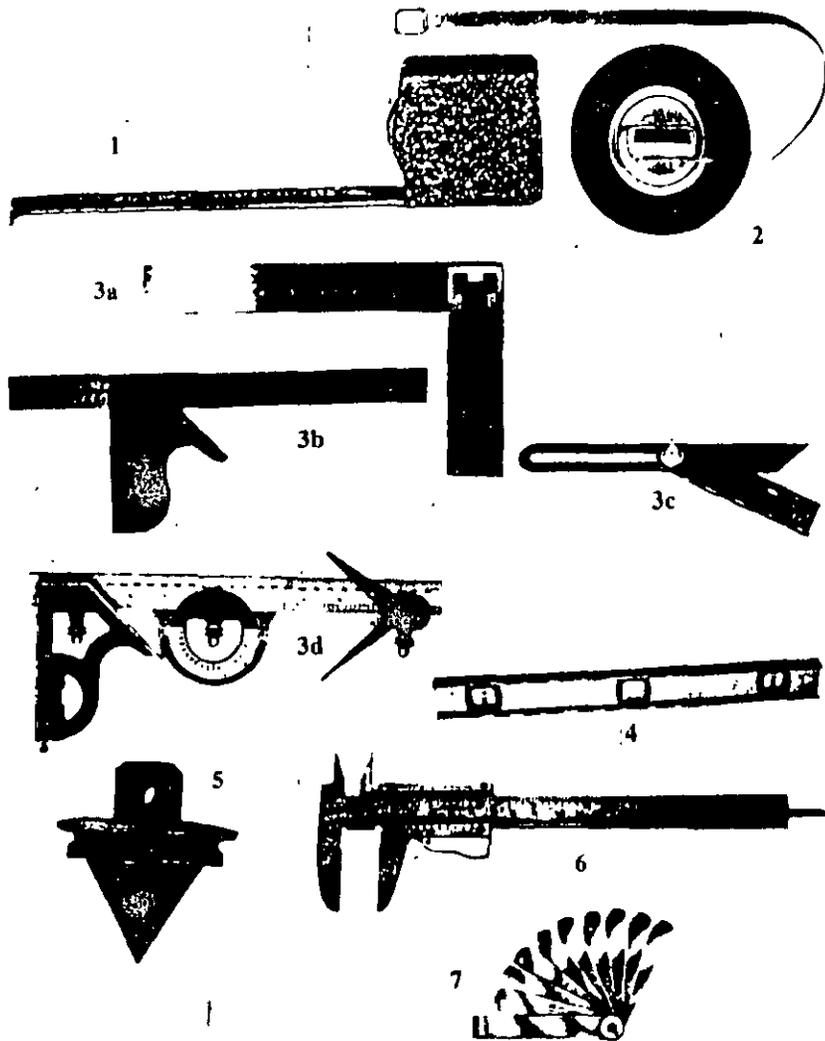
- 1 - De electricista
- 2 - De corte diagonal
- 3 - De corte transversal
- 4 - De punta cónica
- 5 - De punta plana
- 6 - Universales
- 7 - De mecánico
- 8 - De extensión
- 9 - Pela alambres
- 10 - Pela alambres universal
- 11 - De presión
- 12 - Para anillos de retención
- 13 - Tenazas para frenos
- 14 - Quita plomos
- 15 - Para abrazadera de manguera
- 16 - Tenazas

- 1.- Lineman's or side cutting
- 2.- Diagonal cutting
- 3.- End cutting
- 4.- Long nose
- 5.- Flat nose
- 6.- Universal
- 7.- Slip-joint
- 8.- Pump
- 9.- Wire-stripper
- 10.- All-purpose wire-stripper
- 11.- Locking
- 12.- Retaining ring
- 13.- Brake
- 14.- Wheel weight
- 15.- Hose clamp
- 16.- Nippers

FABRICANTES  
MANUFACTURERS:

PRODUCTOS  
PRODUCTS:

II.K PORTER CO. DE MEXICO, SA DE C.V.	(16)
HERRAMIENTAS KLEIN, S.A. DE C.V.	(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 16)
HERRAMIENTAS TRUPER, S.A. DE C.V.	(16)
URREA HERRAMIENTAS PROFESIONALES, S.A. DE C.V.	(1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14 y 15)



DE MEDICIÓN  
MEASURING



**ANFHER**

ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A C

## HERRAMIENTAS DE MANO GENERALES, DE MEDICION

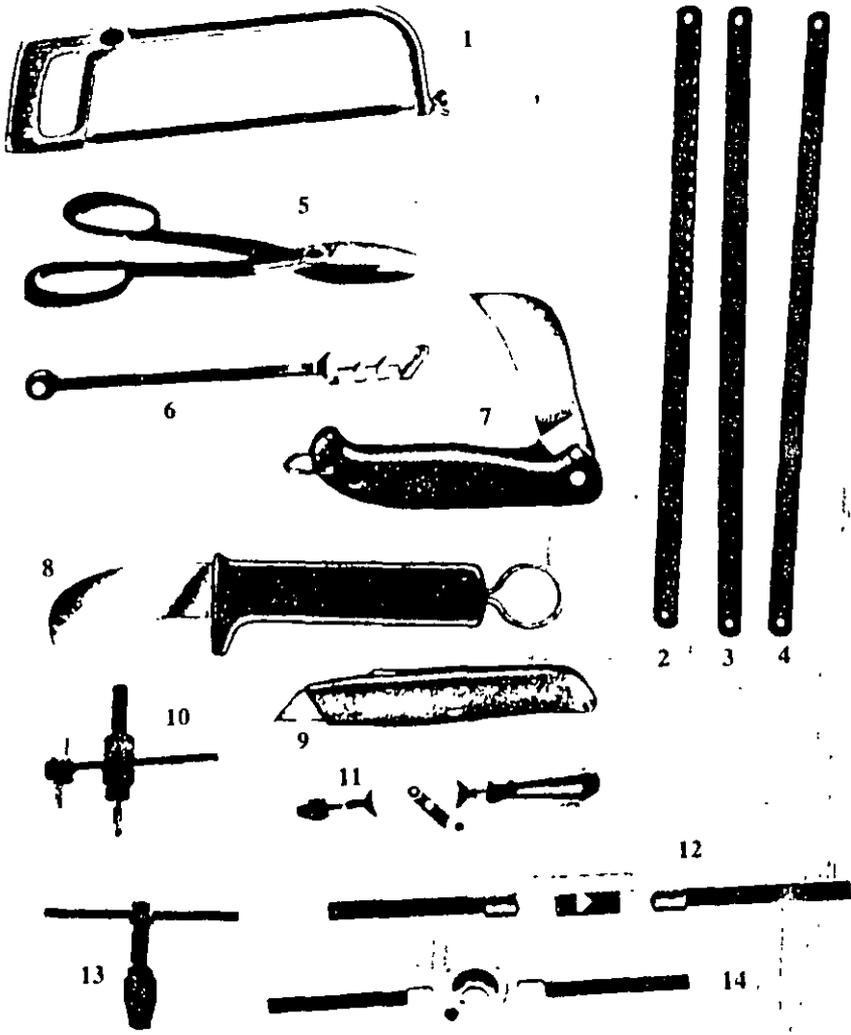
### HAND TOOLS GENERAL, MEASURING

- |                                  |                      |
|----------------------------------|----------------------|
| 1.- Flexómetros                  | 1.- Steel tapes      |
| 2.- Cintas largas                | 2.- Long tapes       |
| 3.- Escuadras                    | 3.- Squares          |
| a) Para carpinteros de precisión | a) Carpenters        |
| b) Universal                     | b) Universal         |
| c) Falsa para carpintero         | c) Bevel             |
| d) De combinación                | d) Combination       |
| 4.- Niveles                      | 4.- Levels           |
| 5.- Plomadas                     | 5.- Plumbs           |
| 6.- Calibrador Pie de Rey        | 6.- Vernier caliper  |
| 7.- Calibrador de láminas        | 7.- Thickness gauges |

#### FABRICANTES MANUFACTURERS:

#### PRODUCTOS PRODUCTS

H. K. PORTER CO. DE MEXICO, S.A. DE C.V.	(1 y 2)
HERRAMIENTAS ATIZAPAN, S.A. DE C.V.	(1 y 2)
HERRAMIENTAS STANLEY, S.A. DE C.V.	(1)
HERRAMIENTAS TRUPER, S.A. DE C.V.	(1, 2, 3 y 4)
METROMEX, S.A. DE C.V.	(1, 2, 3 y 4)
NICHOLSON MEXICANA, S.A. DE C.V.	(1 y 2)
URREA HERRAMIENTAS PROFESIONALES, S.A. DE C.V.	(1)



PARA LINEAS  
DE CORTE



**ANFER**  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A.C.

**HERRAMIENTAS DE MANO  
GENERALES, PARA CORTE DE  
MATERIALES VARIOS**

**HAND TOOLS FOR CUTTING  
GENERAL, VARIOUS MATERIALS**

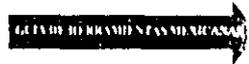
- 1 - Arco para següeta
- 2 - Següeta de acero al carbón
- 3 - Següeta de acero rápido
- 4 - Següeta bimetálica
- 5 - Tijeras para lámina
- 6 - Cortavidrios
- 7 - Navajas
- 8 - Cuchillas
- 9 - Cortadores
- 10 - Cortacirculos
- 11 - Taladro manual
- 12 - Manerales rectos para machuelos
- 13 - Manerales "T" para machuelos
- 14 - Manerales para dados de roscar

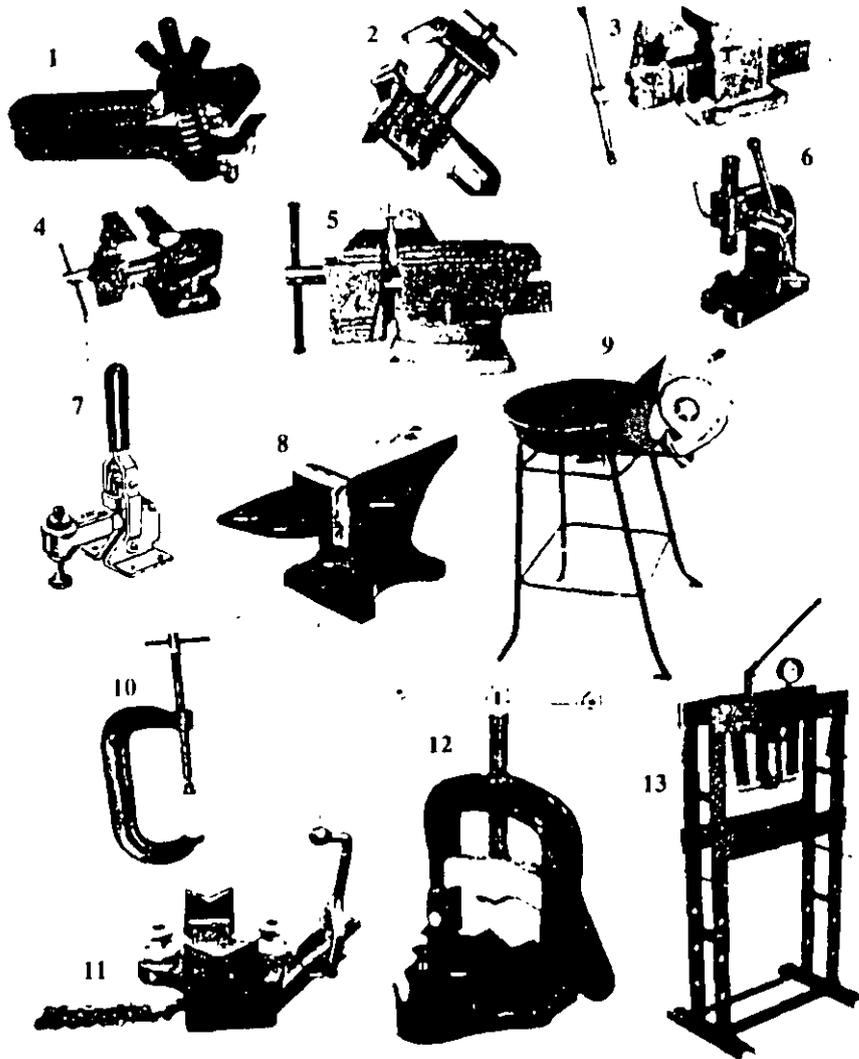
- 1 - Hack saw
- 2 - Carbon steel hack saw blade
- 3 - Rapid steel hack saw blade
- 4 - Bimetallic hack saw blade
- 5 - Tin snips
- 6 - Glass cutters
- 7 - Pocket knives
- 8 - Knives
- 9 - Utility knives
- 10 - Circle cutters
- 11 - Hand drill
- 12 - Straight tap wrenches
- 13 - "T" handle tap wrenches
- 14 - Threading dies wrenches

**FABRICANTES  
MANUFACTURERS:**

**PRODUCTOS  
PRODUCTS**

ACERO CONTROL, S.A. DE C.V.	(2 y 3)
HERRAMIENTAS ATIZAPAN, S.A. DE C.V.	(1, 2, 3 y 14)
HERRAMIENTAS KLEIN, S.A. DE C.V.	(8)
HERRAMIENTAS STANLEY, S.A. DE C.V.	(1, 3 y 5)
INDUSTRIAS ARCHER DE MEXICO, S.A. DE C.V.	(6)
INDUSTRIAS MAYC, S.A. DE C.V.	(12, 13 y 14)
NICHOLSON MEXICANA, S.A. DE C.V.	(2, 3 y 4)
TIJERAS BARRILITO, SA DE C.V.	(5)
URREA HERRAMIENTAS PROFESIONALES, S.A. DE C.V.	(1, 5 y 6)





← PRESAS Y YUNQUES  
VICES & ANVILS



**ANFHER**  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A.C.

## HERRAMIENTAS DE MANO GENERALES, PRESAS Y YUNQUES

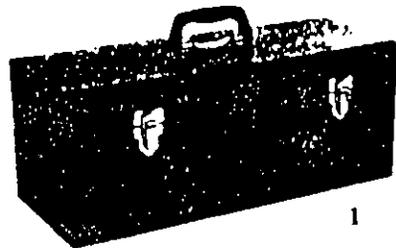
### HAND TOOLS GENERAL, VICES & ANVILS

- |  |  |
|--|--|
| 1.- Presas de mano o entenallas                          | 1.- Hand vices                                 |
| 2.- Tornillos de banco con prensa para fijación          | 2.- Bench vices with clamp                     |
| 3.- Tornillos de banco fijos                             | 3.- Bench vices                                |
| 4.- Tornillos de banco giratorios                        | 4.- Bench vices with swivel base               |
| 5.- Tornillos de banco giratorios con mordazas para tubo | 5.- Bench vices with swivel base and pipe jaws |
| 6.- Presas de cremallera (changos)                       | 6.- Arbor presses                              |
| 7.- Sujetadores de acción rápida                         | 7.- Quick action clamps                        |
| 8.- Yunques  | 8.- Anvils                                     |
| 9.- Fraguas con ventilador                               | 9.- Forges                                     |
| 10.- Presas "C" (forjados)                               | 10.- "C" clamps (forged)                       |
| 11.- Presas de cadena para tubo                          | 11.- Chain vices for pipes                     |
| 12.- Presas de yugo para tubo                            | 12.- Yoke vices for pipes                      |
| 13.- Prensa hidráulica tipo "H"                          | 13.- "H" type hydraulic press                  |

#### FABRICANTES MANUFACTURERS:

#### PRODUCTOS PRODUCTS:

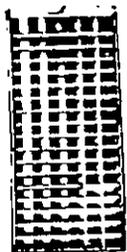
HERRAMIENTAS PARA TUBOS REED, S.A. DE C.V.	(11 y 12)
HERRAMIENTAS TRUPER, S.A. DE C.V.	(2, 3 y 10)
INDUSTRIAS MAYC, S.A. DE C.V.	(11)
HERRAMIENTAS PROAL, S.A. DE C.V.	(7)



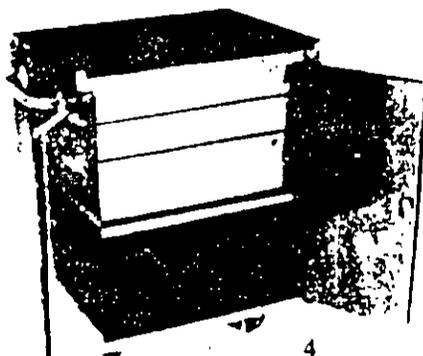
1



2



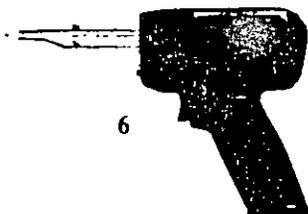
3



4



5



6



7

CAJAS Y HERRAMIENTAS DE ADHESION  
TOOL BOXES AND ADHESION TOOLS



**ANFHER**

ASOCIACION NACIONAL  
DE HERRAMIENTAS DE  
HERRAMIENTAS A.C.

**HERRAMIENTAS DE MANO  
CAJAS DE HERRAMIENTAS Y  
HERRAMIENTAS DE ADHESION**

**HAND TOOLS**

**TOOL BOXES AND ADHESION TOOLS**

- 1.- Cajas de herramientas
- 2.- Portaherramientas
- 3.- Organizadores
- 4.- Gabinetes para herramientas

**DE ADHESION**

- 5.- Remachadoras
- 6.- Cautin tipo pistola
- 7.- Cautin tipo lápiz

- 1.- Tool boxes
- 2.- Tool pouches
- 3.- Organizers
- 4.- Tool cabinets

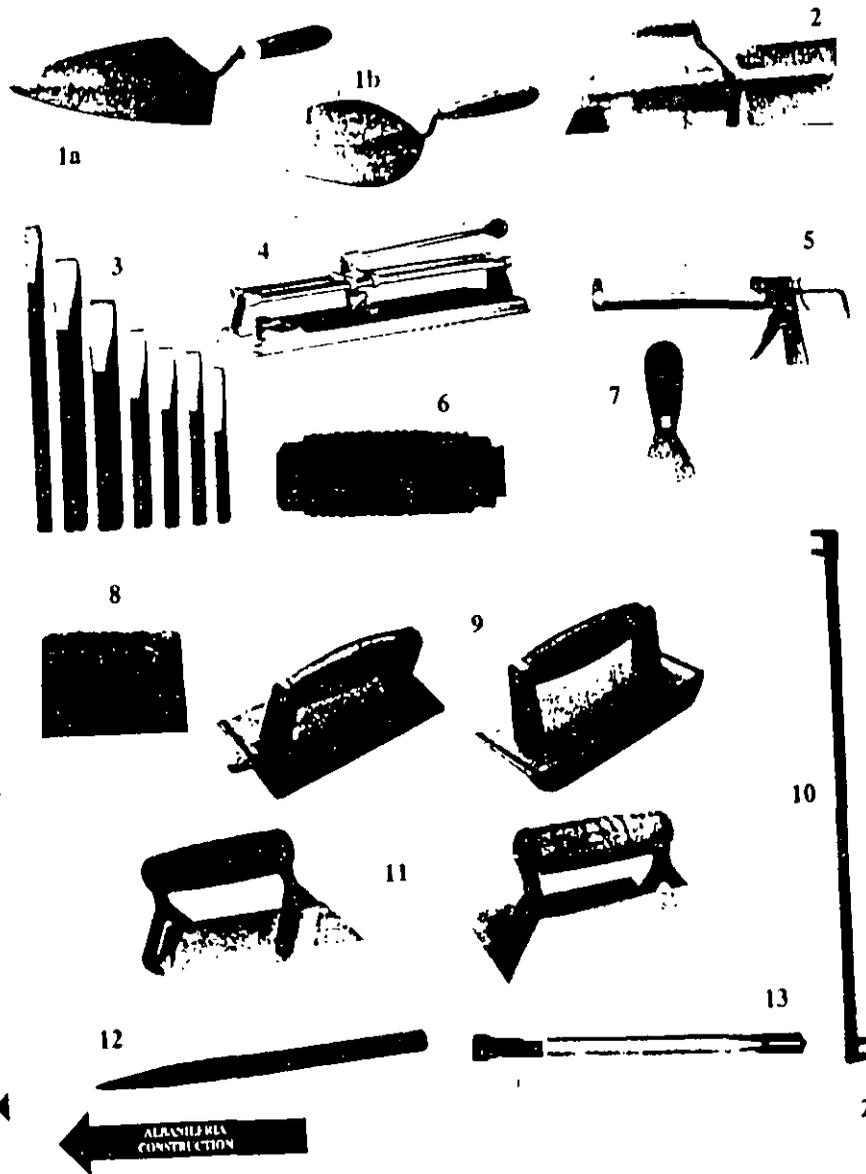
**ADHESION**

- 5.- Hand riveter
- 6.- Electric soldering gun
- 7.- Electric soldering pencil

**FABRICANTES  
MANUFACTURERS:**

**PRODUCTOS  
PRODUCTS**

BLACK AND DECKER, S.A. DE C.V.	(5)
HERRAMIENTAS KLEIN, S.A. DE C.V.	(2)
HERRAMIENTAS TRUPER, S.A. DE C.V.	(1 y 5)
"GONI" INDUSTRIAL DE HERRAMIENTAS, S.A. DE C.V.	(7)
NICHOLSON MEXICANA, S.A. DE C.V.	(6 y 7)
URREA HERRAMIENTAS PROFESIONALES, S.A. DE C.V.	(1, 2, 3 y 4)



**ANFHER**  
 ASOCIACION NACIONAL  
 DE FABRICANTES DE  
 HERRAMIENTAS A.C.

**HERRAMIENTAS DE MANO  
 ALBAÑILERIA**  
**HAND TOOLS  
 CONSTRUCTION**

- 1- Cuchara de albanil  
 a) Tipo Filadelfia  
 b) Tipo Guadalupe
- 2- Llanas
- 3- Cinceles
- 4- Corta azulejos
- 5- Calafateadoras
- 6- Rodillo para pasta
- 7- Espátulas
- 8- Cuchas para emplastecer
- 9- Volcadores y rayadores
- 10- Grillos para doblar varillas
- 11- Esquineros
- 12- Lunas para concreto
- 13- Brocas de golpe

- 1- Trowels  
 a) Philadelphia type  
 b) Guadalupe type
- 2- Plasterer trowel
- 3- Chisels
- 4- Glazed tile cutters
- 5- Calking tool
- 6- Paste roller
- 7- Scrapers
- 8- Scrapers without handle
- 9- Edgers and grinders
- 10- Bar bender
- 11- Corner trowels
- 12- Concrete wedge
- 13- Star drill

**FABRICANTES  
 MANUFACTURERS:**

**PRODUCTOS  
 PRODUCTORS:**

GRUPO FERRETERA ORIZABA, S.A. DE C.V.	
HERRAMIENTAS ATIZAPAN, S.A. DE C.V.	(1, 2, 3, 7, 8, 9, 11)
HERRAMIENTAS DE MANO DE CUERVO, S.A. DE C.V.	(3)
HERRAMIENTAS STANLEY, S.A. DE C.V.	(1, 3)
H.K. PORTER CO. DE MEXICO, S.A. DE C.V.	(1, 2, 3, 7, 8, 9, 11)
HERRAMIENTAS TRUPER, S.A. DE C.V.	(1, 2, 3, 8)
INDUSTRIAS RODICEL, S.A. DE C.V.	
METROMEX, S.A. DE C.V.	(2)
PRODUCTOS METALICOS SANSON, S.A. DE C.V.	(3, 12)
HERRAMIENTAS C.H., S.A. DE C.V.	



**ANFHER**  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A.C.

## HERRAMIENTAS DE MANO AGRICULTURA

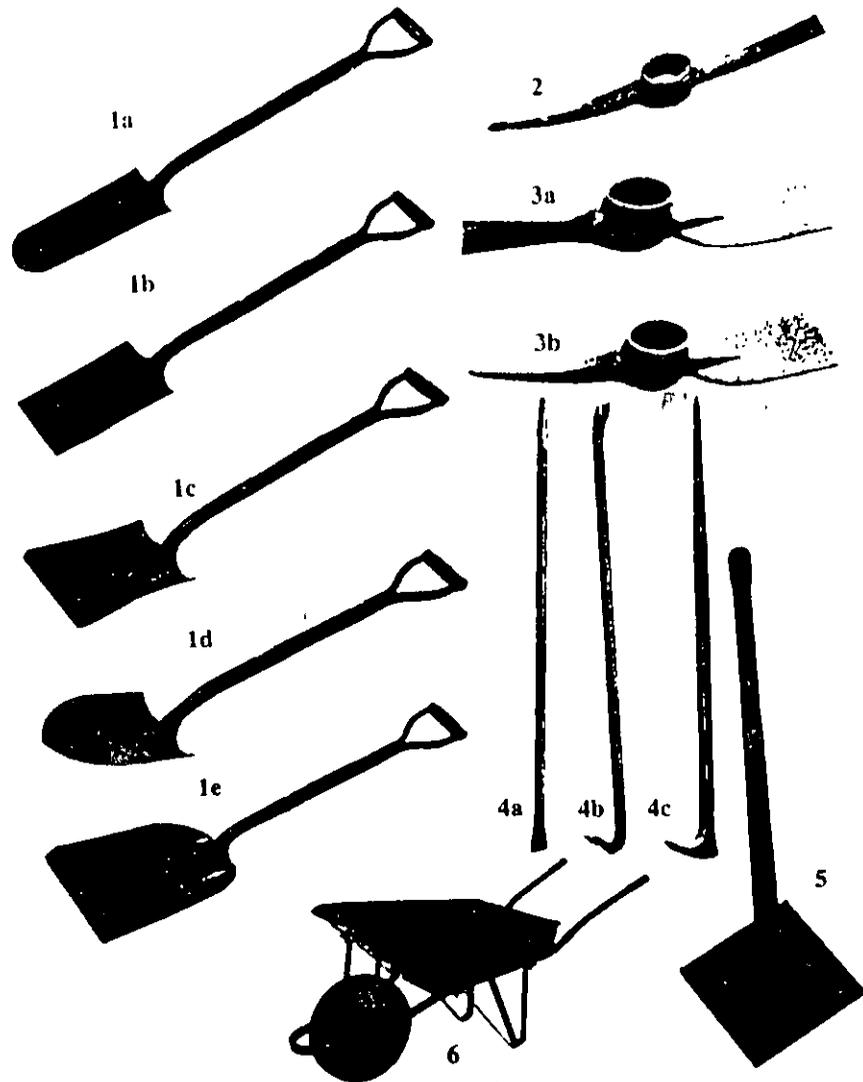
### HAND TOOLS FARMING

- |                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| 1.- Azadones          | 1.- Hoes                      |
| 2.- Machetes          | 2.- Bush knives               |
| a) Estándar           | a) Standard                   |
| b) Acapulqueño        | b) Acapulco                   |
| c) Caguayana          | c) Caguayana                  |
| d) Costeño            | d) Coaster                    |
| e) Cañero             | e) Cane                       |
| 3.- Hoces             | 3.- Oxes                      |
| 4.- Guadañas          | 4.- Scythes                   |
| 5.- Hachas            | 5.- Axes                      |
| a) Media labor        | a) Single bit                 |
| b) Labor entera       | b) Single bit, wide           |
| c) Cazador            | c) Camp                       |
| d) Michigan           | d) Michigan                   |
| 6.- Bieldos           | 6.- Forks                     |
| 7.- Discos para arado | 7.- Plow discs                |
| 8.- Fumigadores       | 8.- Sprayer (spraying nozzle) |

**FABRICANTES  
MANUFACTURERS:**

**PRODUCTOS  
PRODUCTS:**

HERRAMIENTAS DE MANO "EL CUERVO", S.A. DE C.V.	(1 y 6)
HERRAMIENTAS STANLEY, S.A. DE C.V.	(1, 2 y 5)
HERRAMIENTAS TRUPER, S.A. DE C.V.	(1 y 6)
HERRAMIENTAS C.H., S.A. DE C.V.	(1, 3 y 5)
NICHOLSON MEXICANA S.A. DE C.V.	(2)
PRODUCTOS METALICOS SANSON S.A. DE C.V.	(1)



**ANFHER**  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A.C.

**HERRAMIENTAS DE MANO  
AGRICULTURA Y CONSTRUCCION**

**HAND TOOLS  
FARMING & CONSTRUCTION**

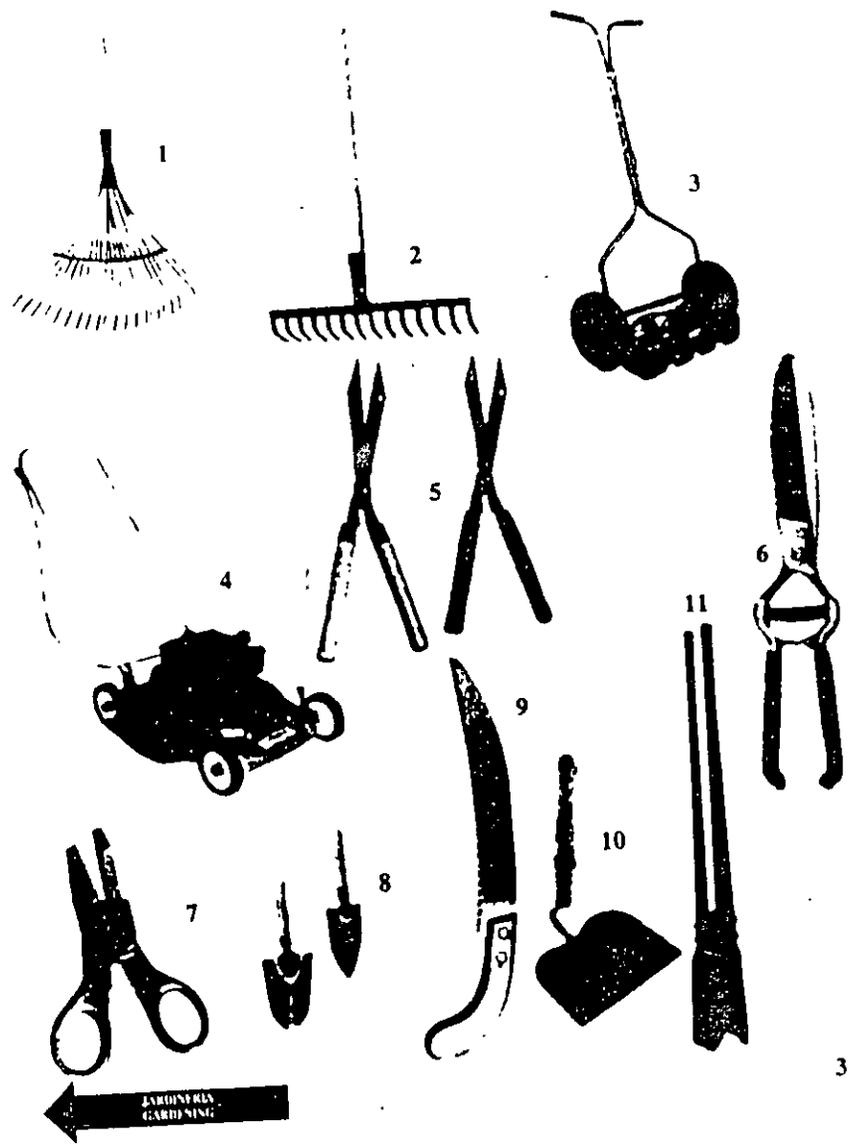
- 1.- Pajas (con mango corto "Y" o largo)
  - a) Espadón
  - b) Escarraman
  - c) Cuadrada
  - d) Redonda
  - e) Carbonera
- 2.- Zapicicos
- 3.- Talachos
  - a) Talacho hacha
  - b) Talacho pico
- 4.- Hietelas
  - a) Con punta
  - b) Con uña
  - c) Pata de cuervo
- 5.- Pisones
- 6.- Carretillas (llanta hule sólido o neumático)
  - a) Concha estandar
  - b) Honda
  - c) Super honda

- 1.- Shovels (with short "D" grip or long handle)
  - a) Drain spade
  - b) Garden spade
  - c) Square point
  - d) Round point
  - e) Scoop # 2
- 2.- Picks
- 3.- Mattocks
  - a) Mattocks-ax
  - b) Mattocks pick
- 4.- Bars
  - a) Bull point bars
  - b) Wrecking bars, claw bars
  - c) Rolling head bars - Pry bar
- 5.- Tampers
- 6.- Wheelbarrow (solid rubber or pneumatic tire)
  - a) Standard bucket
  - b) Deep bucket
  - c) Extra deep bucket

**FABRICANTES  
MANUFACTURERS:**

**PRODUCTOS  
PRODUCTS.**

II K PORTER CO DE MEXICO, S.A. DE C.V.	(1, 2, 3, 4 y 6)
HERRAMIENTAS C.H., S.A. DE C.V.	(1, 2, 3 y 6)
HERRAMIENTAS DE MANO "EL CUERVO", S.A. DE C.V.	(1, 2, 3, 4 y 6)
HERRAMIENTAS STANLEY, S.A. DE C.V.	(TODOS)
HERRAMIENTAS TRUPER, S.A. DE C.V.	(TODOS)
PRODUCTOS METALICOS SANSON, S.A. DE C.V.	(1 y 4)



**HERRAMIENTAS DE MANO  
JARDINERIA**  
**HAND TOOLS  
GARDENING**

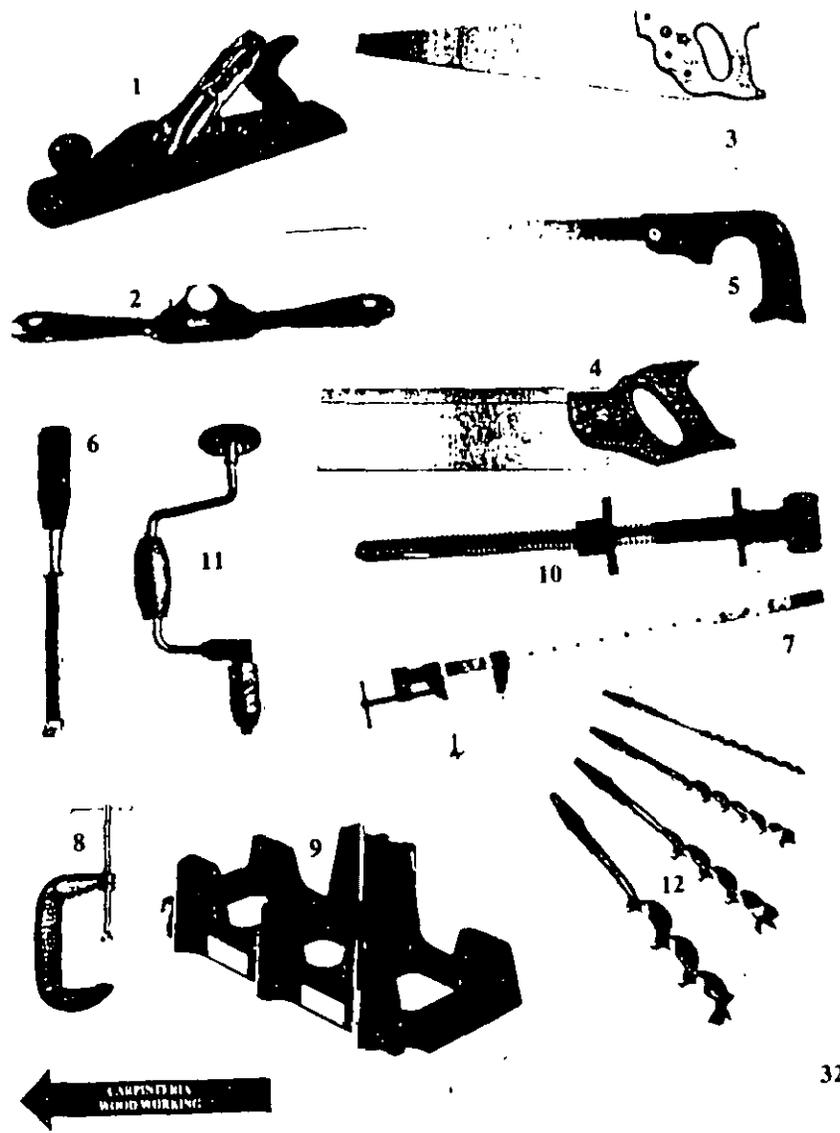
- |  |                                    |
|--|------------------------------------|
| 1.- Escobas de jardín                    | 1.- Garden brooms                  |
| 2.- Rastrillos                           | 2.- Rakes                          |
| 3.- Podadoras manuales                   | 3.- Manual mowers                  |
| 4.- Podadoras motorizadas                | 4.- Motorized mowers               |
| 5.- Tijeras para podar (lisa y dentada)  | 5.- Pruning shears                 |
| 6.- Tijeras para pasto                   | 6.- Grass Shears                   |
| 7.- Tijeras para flores, tallos y frutas | 7.- Flowers, shank and fruit snips |
| 8.- Palas para jardinería                | 8.- Garden shovels                 |
| 9.- Serruchos de podar                   | 9.- Pruning hand-saws              |
| 10.- Azadónes de jardín                  | 10.- Garden hoes                   |
| 11.- Cavahoyos                           | 11.- Post-hole diggers             |

**FABRICANTES  
MANUFACTURERS:**

**PRODUCTOS  
PRODUCTS:**

II.K. PORTER CO. DE MEXICO, S.A. DE C.V.	(2, 9, 10 y 11)
HERRAMIENTAS DE MANO "EL CUERVO" S.A. DE C.V.	(1, 2, 8, 10 y 11)
HERRAMIENTAS STANLEY, S.A. DE C.V.	(2 y 10)
HERRAMIENTAS TRUPER, S.A. DE C.V.	(1, 2, 5, 6, 7, 8, 10 y 11)
METROMEX, S.A. DE C.V.	(9)
PRODUCTOS METALICOS SANSON, S.A. DE C.V.	(1, 2, 5, 6, 7, 8, 10 y 11)
HERRAMIENTAS C.H., S.A. DE C.V.	(8, 10 y 11)





← CARPINTERIA  
WOODWORKING



**HERRAMIENTAS DE MANO  
CARPINTERIA**  
**HAND TOOLS  
WOODWORKING**

- 1.- Cepillos para madera
- 2.- Escochebres
- 3.- Serrotes o serruchos
- 4.- Serrotes o serruchos de costilla
- 5.- Serrotes o serruchos de punta
- 6.- Furmones
- 7.- Sargentos
- 8.- Prensas "C" (fundidos)
- 9.- Cajas de Ingletes
- 10.- Husillos para carpintero
- 11.- Berbiquies
- 12.- Brocas para madera

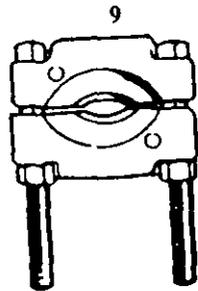
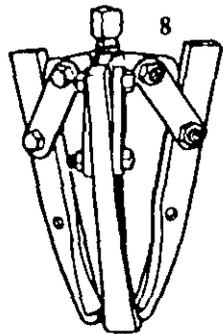
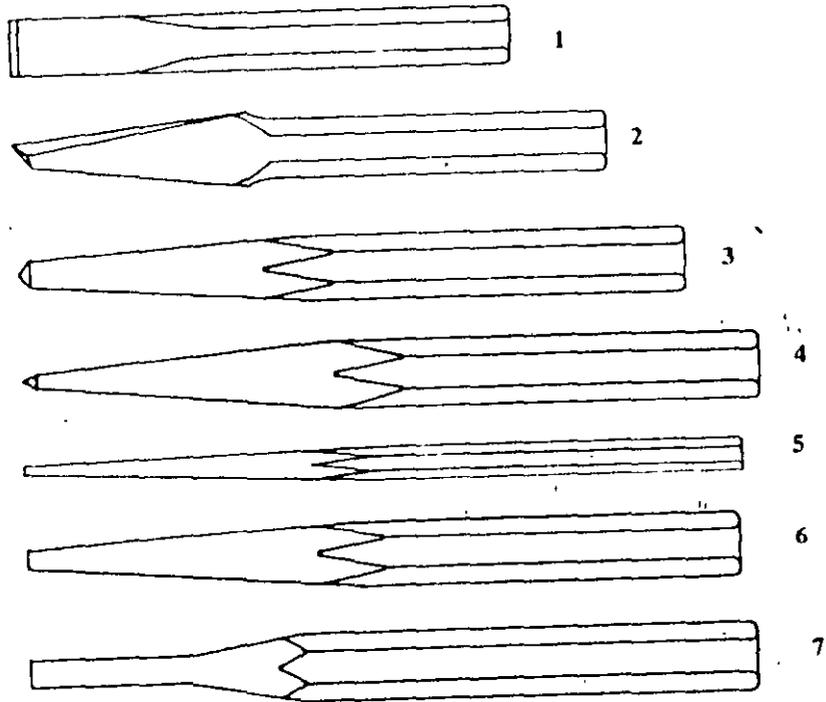
- 1.- Planes
- 2.- Spoke Shaves
- 3.- Hand saws
- 4.- Back saws
- 5.- Compass saws
- 6.- Wood Chisels
- 7.- Bar-Clamps
- 8.- "C" clamps (cast)
- 9.- Miter-boxes
- 10.- Screw vices
- 11.- Bit braces
- 12.- Auger bits

**FABRICANTES  
MANUFACTURERS:**

**PRODUCTOS  
PRODUCTS**

H. K. PORTER CO. DE MEXICO, S.A. DE C.V.	(1, 3, 4 y 5)
HERRAMIENTAS ATIZAPAN, S.A. DE C.V.	(3 y 4)
HERRAMIENTAS STANLEY, S.A. DE C.V.	(1 y 2)
HERRAMIENTAS TRUPER, S.A. DE C.V.	(1, 2, 3, 4, 7, 8 y 10)
METROMEX, S.A. DE C.V.	(3, 4, y 5)





← CINCELES, PUNTOS Y BOTADORES  
CHISELS AND PUNCHES



**ANFHER**  
ASOCIACIÓN NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS S.C.

**HERRAMIENTAS DE MANO  
MECANICA; CINCELES, PUNTOS Y  
BOTADORES**

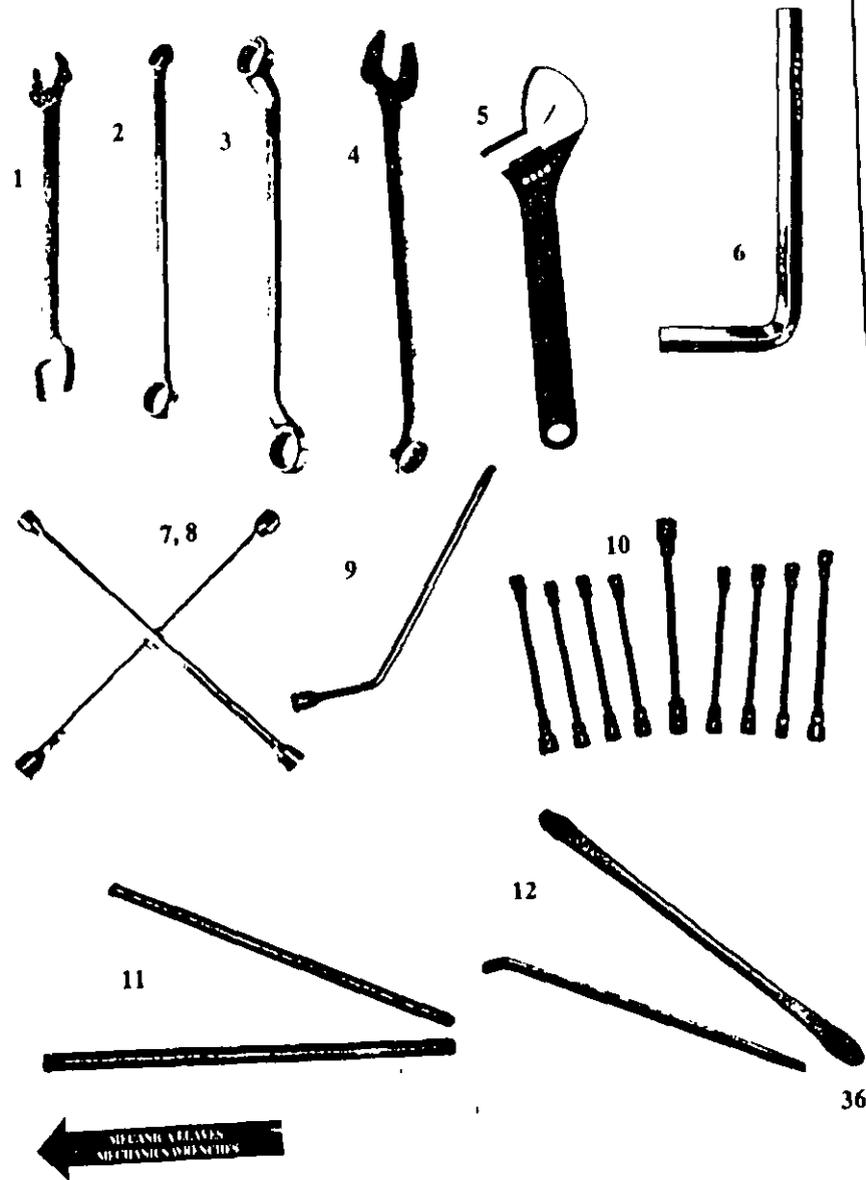
**HAND TOOLS  
MECHANICS; CHISELS AND PUNCHES**

- |                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.- Cinceles cortafrio               | 1.- Cold chisels                    |
| 2.- Cinceles pata de cabra           | 2.- Round nose chisels              |
| 3.- Puntos para taladrar             | 3.- Center punches                  |
| 4.- Puntos para marcar               | 4.- Prick punches                   |
| 5.- Punzones guía y botadores largos | 5.- Aligning and long taper punches |
| 6.- Punzones guía y botadores cortos | 6.- Solid punches                   |
| 7.- Punzones botadores rectos        | 7.- Pin punches                     |
| 8.- Extractores                      | 8.- Pullers                         |
| 9.- Separadores                      | 9.- Separators                      |
| 10.- Letras y números de golpe       | 10.- Letter and number sets         |

**FABRICANTES  
MANUFACTURERS:**

**PRODUCTOS  
PRODUCTS**

HERRAMIENTAS STANLEY, S.A. DE C.V.	(1 y 2)
HERRAMIENTAS TRUPER, S.A. DE C.V.	(1)
PRODUCTOS METALICOS SANSON, S.A. DE C.V.	(1 x 3)
URREA HERRAMIENTAS PROFESIONALES, S.A. DE C.V.	(1 al 9)



**ANFHER**  
 ASOCIACION NACIONAL  
 DE FABRICANTES DE  
 HERRAMIENTAS A.C.

## HERRAMIENTAS DE MANO MECANICA, LLAVES

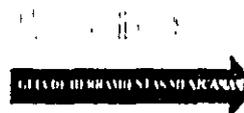
### HAND TOOLS MECHANICS, WRENCHES

- |  |   |
|--|---|
| 1.- Española                             | 1.- Open end                            |
| 2.- De estrías 15°                       | 2.- 15° box                             |
| 3.- De estrías 45°                       | 3.- 45° box                             |
| 4.- Combinadas                           | 4.- Combination                         |
| 5.- Ajustables                           | 5.- Adjustables                         |
| 6.- Allen                                | 6.- Hex keys                            |
| 7.- De cruz para auto                    | 7.- Automobile cross rim wrenches       |
| 8.- De cruz para camión                  | 8.- Truck cross rim wrenches            |
| 9.- En "L"                               | 9.- Tire wrenches                       |
| 10.- De artillería                       | 10.- Hub nut or double way rim wrenches |
| 11.- Manerales para llaves de artillería | 11.- Tommy bar for hub nut wrenches     |
| 12.- Espátulas para rueda de camión      | 12.- Tire irons for truck wheel         |

**FABRICANTES  
 MANUFACTURERS:**

**PRODUCCION  
 PRODUCTS**

FORJA INDUSTRIAL LARA, S.A. DE C.V.	(7, 8, 9, 10, 11 y 12)
H.K. PORTER CO. DE MEXICO, S.A. DE C.V.	(7, 8, 10 y 11)
HERRAMIENTAS KLEIN, S.A. DE C.V.	(1, 4 y 5)
HERRAMIENTAS STANLEY, S.A. DE C.V.	(1, 2 y 4)
URREA HERRAMIENTAS PROFESIONALES, S.A. DE C.V.	(TODOS MENOS EL 6)





6 puntos/6pt.

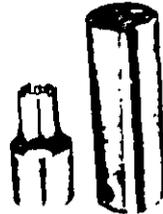
1, 2, 3, 4



12 puntos/12pt.



6 puntos  
6pt. deep



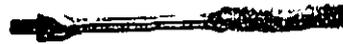
12 puntos largos  
12pt. deep



8



5



6

7



9



10

11-



12



14 y 15



13

MECANICA DADOS  
MECHANICAL SOCKETS



## HERRAMIENTAS DE MANO MECANICA, DADOS

### HAND TOOLS MECHANICS, SOCKETS

**ANFHER**

ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A.C.

- |   |   |
|---|---|
| 1. Dados con cuadro de 1/4" (estándar, milimétricos y largos de 6 puntos)                                 | 1.- 1/4" drive sockets (6pt fractional, metric and deep)                            |
| 2. Dados con cuadro de 3/8" (estándar y milimétricos de 12 puntos, largos y estándar de 6 puntos)         | 2.- 3/8" drive sockets (12 pt fractional and deep, 6 pt. standar and deep)          |
| 3. Dados con cuadro de 1/2" (estándar, milimétricos y largos de 12 puntos, estándar y largos de 6 puntos) | 3.- 1/2" drive sockets (12 pt fractional, metric and deep 6 pt fractional deep)     |
| 4. Dados con cuadro de 3/4" (estándar de 12 puntos y largos de 6 puntos)                                  | 4.- 3/4" drive sockets (12 pt fractional, metric and deep 6 pt fractional and deep) |
| 5. Mairacas reversibles   | 5.- Reversible ratchets   |
| 6. Mangos articulados   | 6.- Hinge handles   |
| 7. Barras cuerdizas   | 7.- "T" handles   |
| 8. Extensiones  | 8.- Extensions  |
| 9. Mangos "L"   | 9.- "L" handles   |
| 10. Nudos universales   | 10.- Universal knots  |
| 11. Adaptadores   | 11.- Adapters   |
| 12. Berbiques   | 12.- Speed braces   |
| 13. Desarmadores estándar, phillips y tipo embrague   | 13.- Standard, phillips and clutch type screwdrivers                                |
| 14. Dados de impacto con cuadro de 1/2" (estándar y milimétrico de 6 puntos)                              | 14.- 1/2" drive impact socket (6 pt fractional and metric)                          |
| 15. Dados de impacto con cuadro de 3/4" (estándar de 6 puntos)  | 15.- 3/4" drive impact socket (6 pt fractional)                                     |

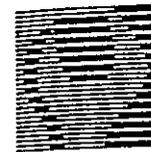
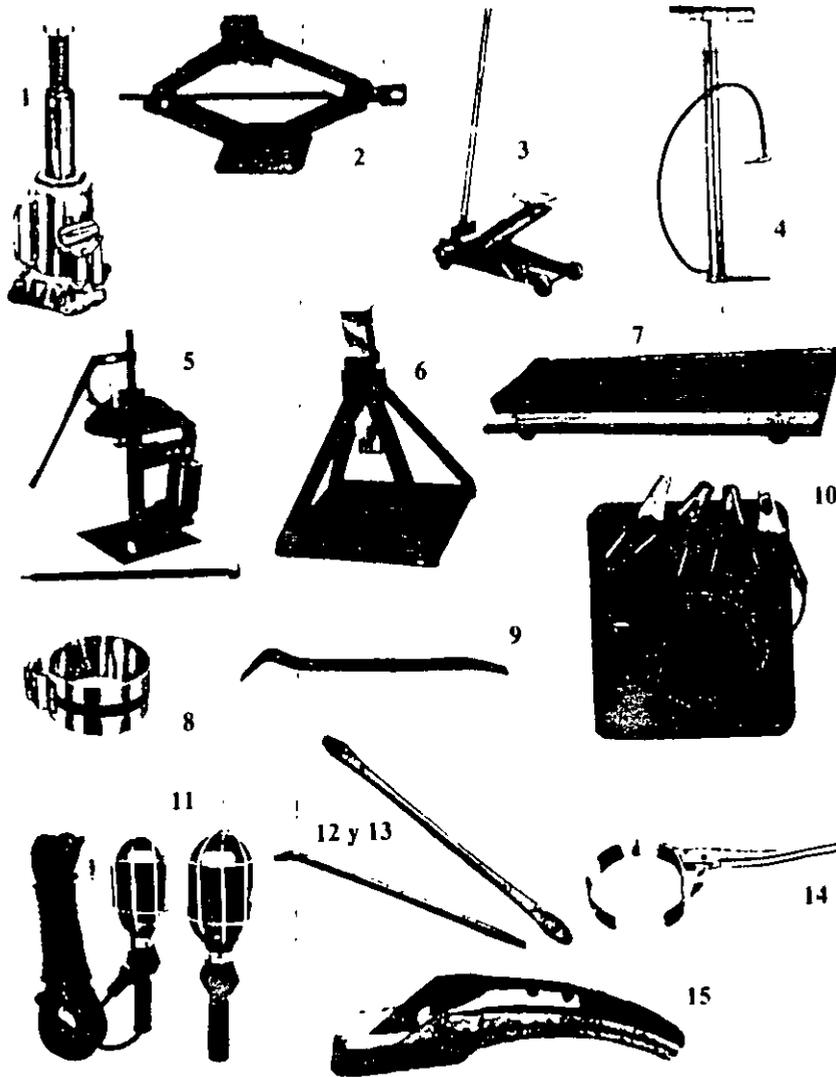
FABRICANTES  
MANUFACTURERS:

PRODUCTOS  
PRODUCTS:

URREA HERRAMIENTAS PROFESIONALES, S.A. DE C.V.

(TODOS)





**ANFHER**  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A.C.

**HERRAMIENTAS DE MANO  
MECANICA AUTOMOTRIZ**

**HAND TOOLS  
AUTO MECHANICS**

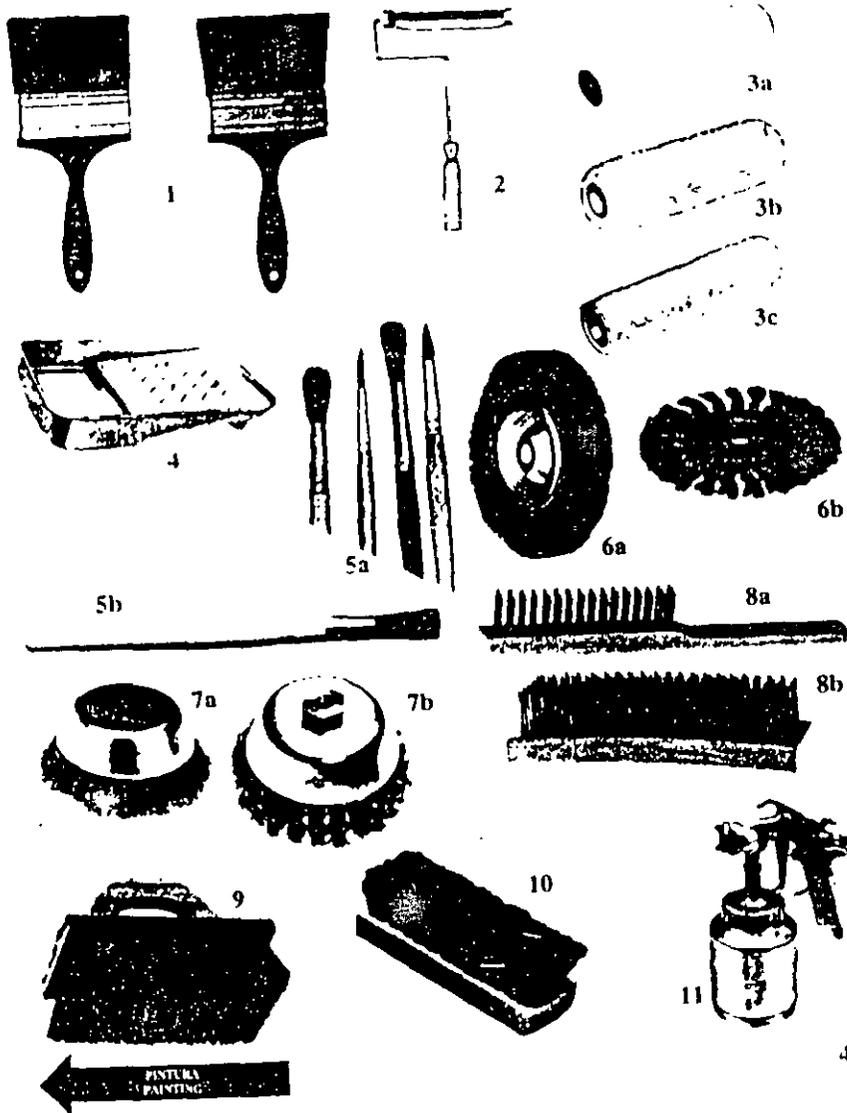
- |                                   |                             |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1.- Gatos hidráulicos de botella  | 1.- Hydraulic jacks         |
| 2.- Gatos mecánicos               | 2.- Scissor jacks           |
| 3.- Gatos hidráulicos de patín    | 3.- Hydraulic service jacks |
| 4.- Bombas de aire                | 4.- Air pumps               |
| 5.- Desmontadores de llantas      | 5.- Pneumatic tire removers |
| 6.- Torres ajustables             | 6.- Adjustable supports     |
| 7.- Camillas para mecánico        | 7.- Creepers                |
| 8.- Opresores de anillos          | 8.- Ring compressors        |
| 9.- Barras para ajuste de frenos  | 9.- Brake adjusting bars    |
| 10.- Cables para corriente        | 10.- Battery jumper cables  |
| 11.- Lámparas para mecánico       | 11.- Mechanic's lamps       |
| 12.- Espátulas de uña             | 12.- Lock ring tools        |
| 13.- Espátulas plana              | 13.- Tire spoons            |
| 14.- Llaves para filtro de aceite | 14.- Oil filter wrenches    |
| 15.- Vertederos                   | 15.- Spillway               |

**FABRICANTES  
MANUFACTURERS:**

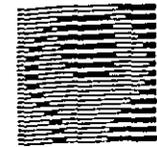
**PRODUCTOS  
PRODUCTS**

FORJA INDUSTRIAL LARA, S.A. DE C.V.	(2, 12 y 13)
GRUPO FERRETERA ORIZABA, S.A. DE C.V.	(11)
INDUSTRIAS MAYC, S.A. DE C.V.	(4)
URREA HERRAMIENTAS PROFESIONALES, S.A. DE C.V.	(6, 7, 8, 9, 10, 14 y 15)





PINTURA  
PAINTING



**HERRAMIENTAS DE MANO  
PINTURA**  
**HAND TOOLS  
PAINTING**

**ANFHER**  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A.C.

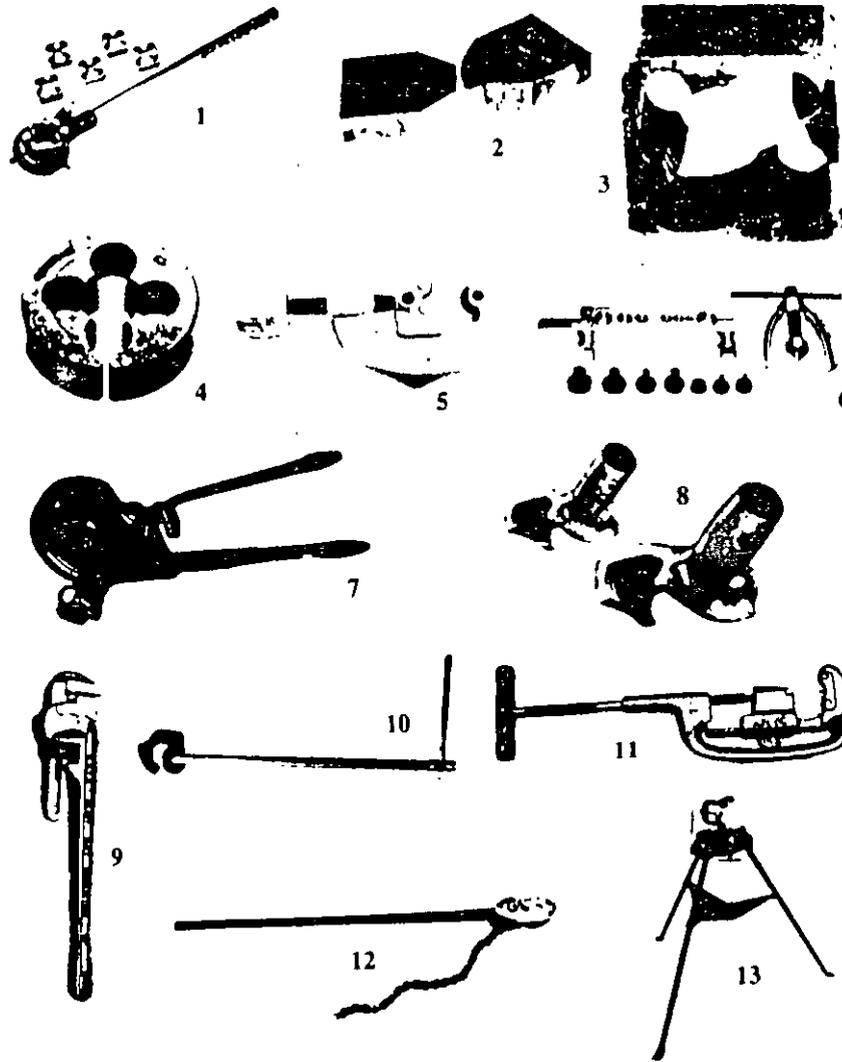
- |      |                                      |      |                                 |
|------|--------------------------------------|------|---------------------------------|
| 1 -  | Brushes                              | 1 -  | Paint brushes                   |
|      | a) Cerdas china de puerco            | a)   | Chinese bristle                 |
|      | b) Cerdas nylon                      | b)   | Synthetic bristle               |
|      | c) Cerdas fibra vegetal              | c)   | Natural fiber                   |
| 2 -  | Mangos de rodillo                    | 2 -  | Roller handles                  |
| 3 -  | Rodillos                             | 3 -  | Paint rollers                   |
|      | a) Normal                            | a)   | Standard                        |
|      | b) Ciruela                           | b)   | Lambswool                       |
|      | c) Resinado                          | c)   | Resinated                       |
| 4 -  | Charolas                             | 4 -  | Trays                           |
| 5 -  | Pinceles                             | 5 -  | Small brushes                   |
|      | a) Para artista                      | a)   | For artist                      |
|      | b) Para rotular                      | b)   | For labelling                   |
| 6 -  | Cepillos circulares de alambre       | 6 -  | Wire wheel brushes              |
|      | a) Ondulado                          | a)   | Crimped                         |
|      | b) Trenzado                          | b)   | Twist knot                      |
| 7 -  | Cepillos de copa de alambre          | 7 -  | Wire cup brushes                |
|      | a) Ondulado                          | a)   | Crimped                         |
|      | b) Trenzado                          | b)   | Twist knot                      |
| 8 -  | Cepillos manuales de alambre         | 8 -  | Wire scratches                  |
|      | a) Con mango                         | a)   | With handle                     |
|      | b) Sin mango                         | b)   | Rectangular                     |
| 9 -  | Cepillos de cerda para picar pintura | 9 -  | Bristle brushes for prick paint |
| 10 - | Cepillos para calzado                | 10 - | Shoe cleaning brushes           |
| 11 - | Pistolas de aire                     | 11 - | Spray guns                      |

**FABRICANTES  
MANUFACTURERS:**

**PRODUCTOS  
PRODUCTS:**

DISTRIBUIDORA PERFECT, S.A. DE C.V.	(1 al 10)
EXITO, S.A. DE C.V.	(1 al 10)
FABRICA DE BROCHAS Y PINCELES LA AZTECA, S.A. DE C.V.	(1, 5, 8, 9 y 10)
"GONI" INDUSTRIAL DE HERRAMIENTAS, S.A. DE C.V.	(11)
INDUSTRIAS RODICEL, S.A. DE C.V.	(1, 2, 3, 4 y 9)





**HERRAMIENTAS DE MANO**  
**PLOMERIA**  
**HAND TOOLS**  
**PLUMBING**

- |                                       |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|
| 1.- Ferrajas para tubo                | 1.- Pipe threader ratchets |
| 2.- Dados ajustables                  | 2.- Adjustable dies        |
| 3.- Dados cuadrados fijos             | 3.- Square fixed dies      |
| 4.- Dados redondos                    | 4.- Round dies             |
| 5.- Cortadores para tubos de cobre    | 5.- Tubing cutters         |
| 6.- Avellanadores para tubos de cobre | 6.- Flaring tools          |
| 7.- Dobladores de tubing              | 7.- Tubing benders         |
| 8.- Dobladores para tubos conduit     | 8.- Conduit benders        |
| 9.- Llaves Stillson                   | 9.- Pipe wrenches          |
| 10.- Llaves de plomero                | 10.- Basin wrenches        |
| 11.- Cortadores para tubos de fierro  | 11.- Pipe cutters          |
| 12.- Llaves de cadena                 | 12.- Chain wrenches        |
| 13.- Tripodes                         | 13.- Tripods               |

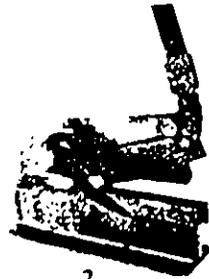
**FABRICANTES**  
**MANUFACTURERS:**

**PRODUCTOS**  
**PRODUCTS**

H K PORTER CO. DE MEXICO, S.A. DE C.V.	(5 y 6)
HERRAMIENTAS PARA TUBOS REED, S.A. DE C.V.	(1, 2, 3, 11 y 13)
INDUSTRIAS MAYC, S.A. DE C.V.	(1, 2, 3, 5, 6, 8 y 11)
URREA HERRAMIENTAS PROFESIONALES, S.A. DE C.V.	(5, 6 y 11)



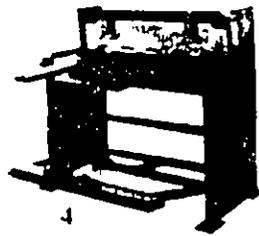
1a



2



3



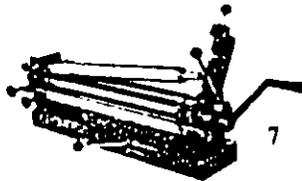
4



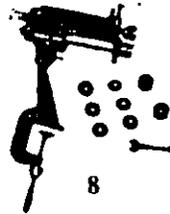
5



6



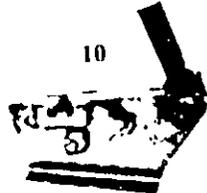
7



8



9



10



11

ESTACIONARIAS  
STATIONARIES



**ANFHER**  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A.C.

# HERRAMIENTAS DE MANO ESTACIONARIAS PARA TRABAJAR LAMINA, TUBOS Y PERFILES

## HAND TOOLS STATIONARIES FOR WORKING SHEET METAL, PIPES & PROFILES

- |   |  |
|---|--|
| 1.- Cizallas de combinación                     | 1.- Combination shears                           |
| 2.- Cizallas de palanca para cortes rectos      | 2.- Slitting hand lever shears for straight cuts |
| 3.- Cizallas de palanca para cortes irregulares | 3.- Throatless metal shear (for any cut)         |
| 4.- Guillotinas de pedal para lámina            | 4.- Shearing machines<br>(foot squaring shears)  |
| 5.- Dobladoras universales de caja y molde      | 5.- Box and pan hand bending brakes              |
| 6.- Dobladoras de tubos hidráulicas             | 6.- Segment type hydraulic benders               |
| 7.- Roladoras de lámina                         | 7.- Slip roll metal forming machines             |
| 8.- Roladoras                                   | 8.- Rotary sheet metal forming machines          |
| 9.- Punzonadoras de perfiles                    | 9.- Profile bench punches                        |
| 10.- Cortavarillas                              | 10.- Bar shears                                  |
| 11.- Dobladoras de varillas                     | 11.- Bar benders                                 |

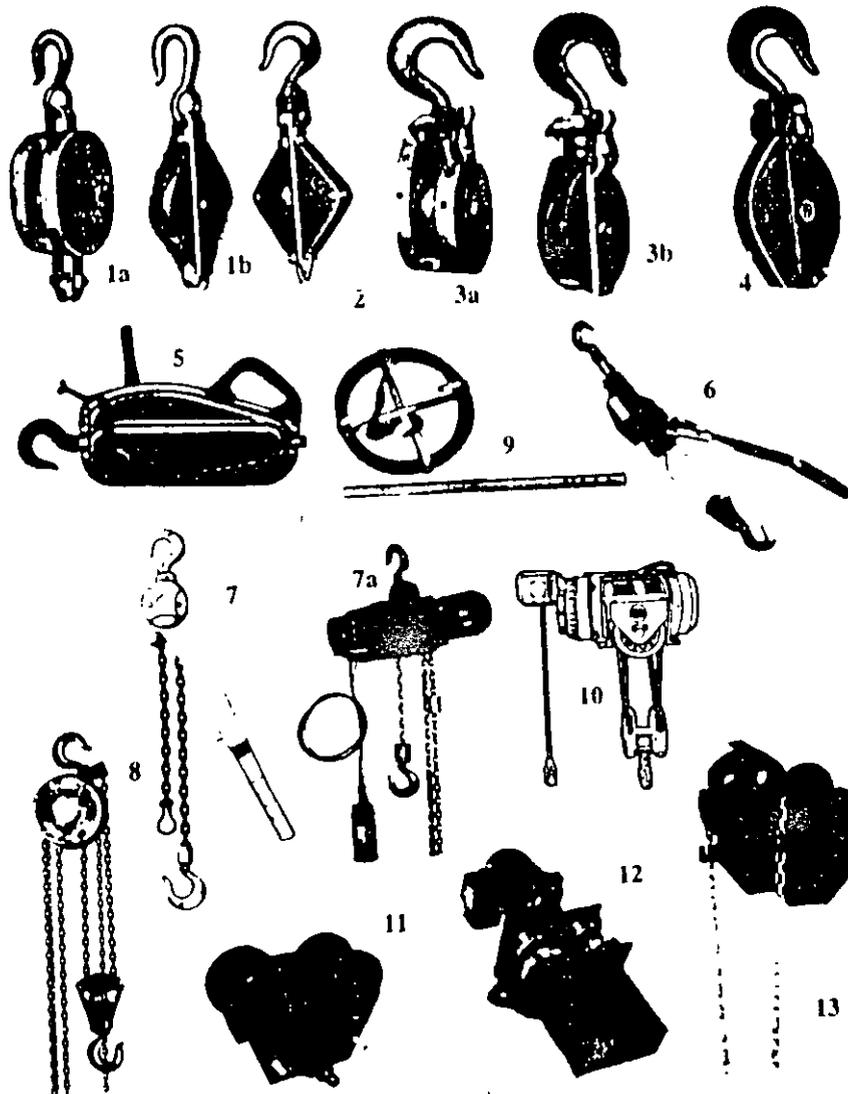
FABRICANTES  
MANUFACTURERS:

PRODUCTOS  
PRODUCTS:

BOKER, S. A DE C V

(1, 2, 3, 9, 10 y 11)





HERRAMIENTAS DE MANO PARA IZAR  
HAND TOOLS FOR HOISTING



**ANFHER**

ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A.C.

## HERRAMIENTAS DE MANO PARA IZAR HAND TOOLS FOR HOISTING

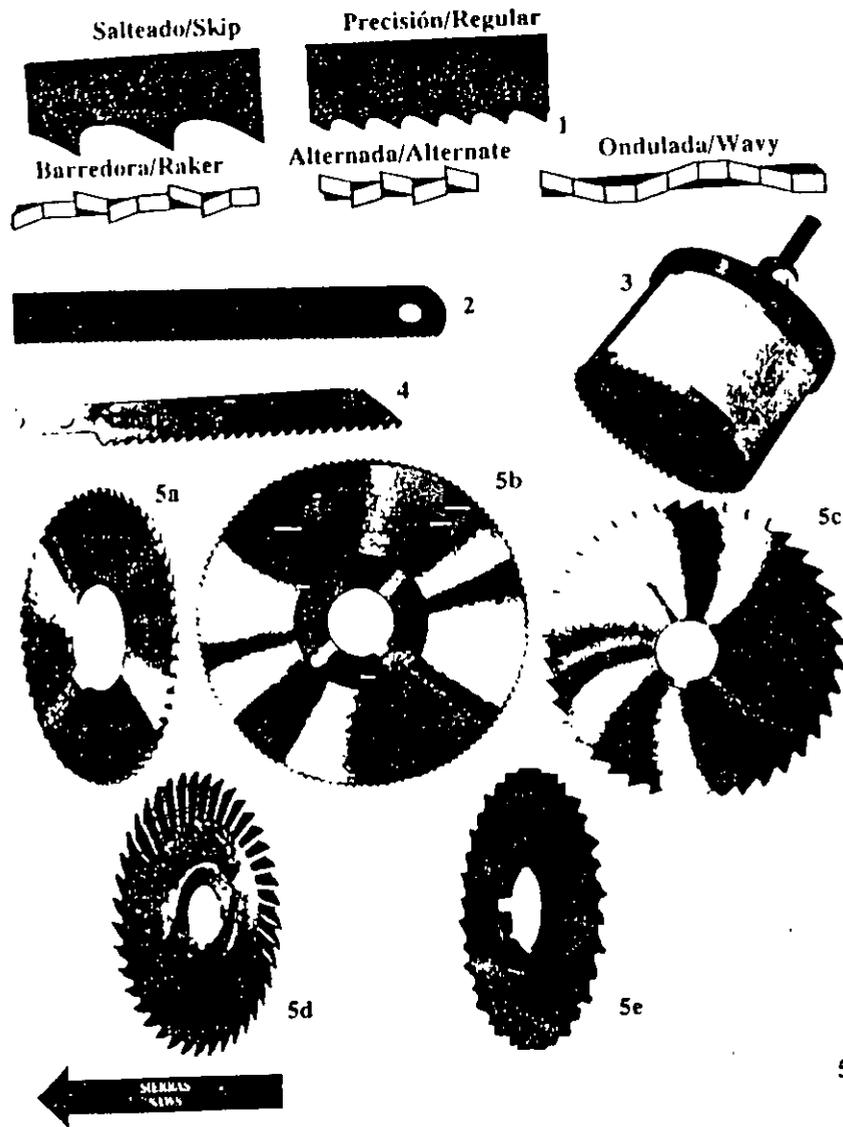
- |  |  |
|--|--|
| 1- Garruchas para cable manila<br>a) Con cuerpo de madera<br>b) Con cuerpo metálico                    | 1.- Tackle blocks for manila rope<br>a) Wood shell<br>b) Steel shell |
| 2- Garruchas para cable de acero   | 2.- Wire rope blocks   |
| 3- Patescas (garruchas candado) para cable manila<br>a) Con cuerpo de madera<br>b) Con cuerpo metálico | 3.- Snatch blocks for manila rope<br>a) Wood shell<br>b) Steel shell |
| 4- Patescas (garruchas candado) para cable de acero  | 4.- Wire rope snatch blocks  |
| 5- Minigruas ET  | 5.- ET type hoists   |
| 6- Malacates   | 6.- Puller-hoists  |
| 7- Montacargas de palanca  | 7.- Lever hoists   |
| 8- Polipastos manuales de cadena   | 8.- Chain hoists   |
| 9- Polipastos eléctricos de cadena   | 9.- Electric chain hoists  |
| 10- Polipastos eléctricos de cable   | 10.- Electric wire rope hoists                                       |
| 11- Troles manuales  | 11.- Plain trolleys  |
| 12- Troles eléctricos  | 12.- Motor driven trolleys   |
| 13- Troles engranados  | 13.- Geared trolleys   |

FABRICANTES  
MANUFACTURERS:

PRODUCTOS  
PRODUCTS

ENDOR, S.A. DE C.V.

(5, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13)



**HERRAMIENTAS DE CORTE**  
**SIERRAS**  
**CUTTING TOOLS**  
**SAWS**

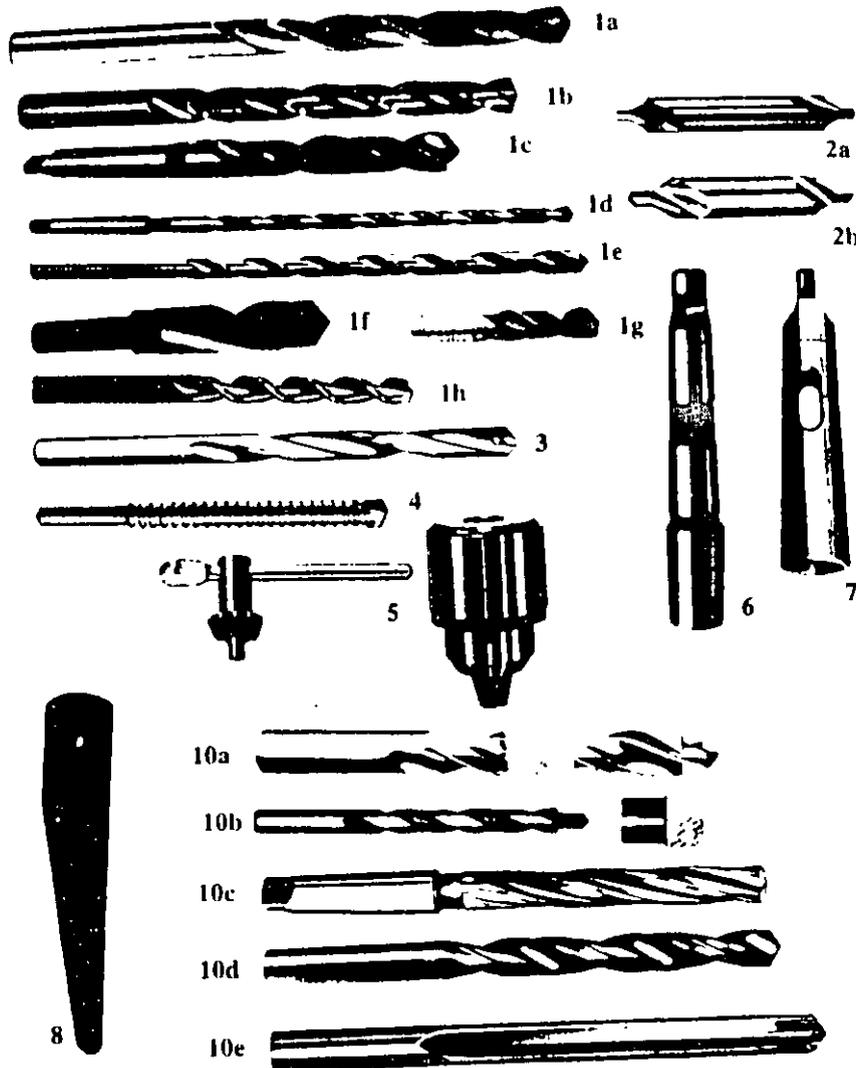
- |   |   |
|---|---|
| 1.- Sierras cinta (diente salteado o precisión; traba barredora, alternada u ondulada; varios anchos) | 1.- Band saw blades (skip or regular tooth; raker, alternate or wavy set; various widths) |
| 2.- Seguetas mecánicas  | 2.- Power hacksaw blades  |
| 3.- Sierras de barril   | 3.- Hole saws   |
| 4.- Sierras para caladora   | 4.- Jig saw blades  |
| 5.- Sierras circulares para corte de metales  | 5.- Metal slitting saws   |
| a) Para cabeza de tornillo  | a) Screw slotting   |
| b) Para joyero  | b) Jewelers   |
| c) Planas   | c) Plain  |
| d) De tres cortes   | d) Side tooth   |
| e) De dientes alternados  | e) Staggered tooth  |

**FABRICANTES**  
**MANUFACTURERS:**

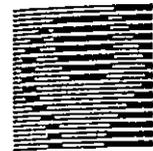
**PRODUCTOS**  
**PRODUCTS:**

ACERO CONTROL, S.A. DE C.V.	(1)
H K PORTER CO. DE MEXICO, S.A. DE C.V.	(1 y 4)
HERRAMIENTAS ATIZAPAN, S.A. DE C.V.	(2 y 3)
HERRAMIENTAS CLEVELAND, S.A. DE C.V.	(5)





HERRAMIENTAS PARA BARRENAR  
DRILLING TOOLS



**ANFHER**  
MEXICANA DE INGENIERIA Y FABRICACION DE HERRAMIENTAS DE CORTA

# HERRAMIENTAS DE CORTE BROCAS Y HERRAMIENTAS PARA BARRENAR

## CUTTING TOOLS DRILLING TOOLS

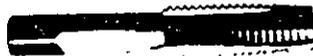
- |  |   |
|--|---|
| <p>1- Brocas de acero rápido</p> <p>a) Serie normal zanco recto (fraccionarias, numéricas, alfabéticas y milimétricas)</p> <p>b) Serie larga zanco recto (fraccionarias y automotriz con lengüeta)</p> <p>c) Serie larga zanco cónico (fraccionarias)</p> <p>d) Serie extra larga zanco cónico (fraccionarias)</p> <p>e) Serie extra larga zanco recto (fraccionarias)</p> <p>f) Zanco recto de 1 2" (fraccionarias)</p> <p>g) Serie corta zanco recto para lámina (fraccionarias)</p> <p>h) Zanco recto hélice alta para aluminio (fraccionarias)</p> <p>2- Broca para centros</p> <p>a) Tipo campana</p> <p>b) Tipo plana</p> <p>3- Brocas con punta de carburo de tungsteno (para metales)</p> <p>4- Brocas para concreto</p> <p>5- Broqueros</p> <p>6- Adaptadores para broqueros</p> <p>7- Adaptadores como Morse</p> <p>8- Cuya para expulsar cono Morse</p> <p>9- Cortadores anulares</p> <p>10- Brocas especiales</p> <p>a) Subland</p> <p>b) Escalonada</p> <p>c) Corazones de 3 ó 4 canales</p> <p>d) Broca rima</p> <p>e) Broca cañón</p> | <p>1- High speed steel twist drills</p> <p>a) Straight shank normal series (fractional, wire gauge letter and metric sizes)</p> <p>b) Straight shank long series (fractional and automotive sizes)</p> <p>c) Tapered shank long series (fractional sizes)</p> <p>d) Tapered shank extra-long series (fractional sizes)</p> <p>e) Straight shank extra long series (fractional sizes)</p> <p>f) 1 2" straight shank (fractional size)</p> <p>g) Screw machine drills (fractional sizes)</p> <p>h) Parabolic flute drills</p> <p>2- Combined drill and countersink</p> <p>a) Bell type</p> <p>b) Plain type</p> <p>3- Carbide tipped twist drills (for metal)</p> <p>4- Carbide tipped masonry drills</p> <p>5- Drill chucks</p> <p>6- Drill chuck arbors</p> <p>7- Morse taper sleeve</p> <p>8- Drill keys</p> <p>9- Annular cutters</p> <p>10- Special drills</p> <p>a) Subland</p> <p>b) Step drills</p> <p>c) Core drills, 3 or 4 flutes</p> <p>d) Drill and reamer</p> <p>e) Spade drill</p> |
|--|---|

FABRICANTES  
MANUFACTURERS:

PRODUCTOS  
PRODUCTS:

ELEMENTOS DE MECANISMOS, S.A. DE C.V. (1, 2, 3, 6, 7, 8 y 10)  
HERRAMIENTAS CLEVELAND, S.A. DE C.V. (1, 2 y 10)

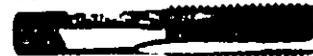




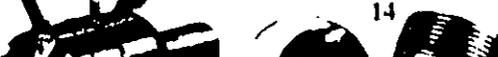
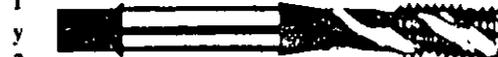
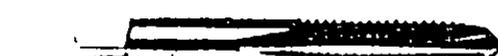
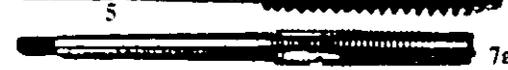
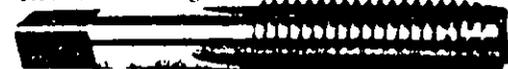
Cónico/Taper



Semicónico/Plug



Recto/Bottoming



ANFHER  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A.C.

# HERRAMIENTAS DE CORTE MACHUELOS Y DADOS PARA ROSCAR CUTTING TOOLS TAPS AND THREADING DIES

- |   |   |
|---|---|
| 1 - Machuelos de acero rápido rosca derecha (cónicos, semicónicos y rectos; fraccionarios, numéricos y milimétricos)            | 1 - High speed steel right hand taps (taper, plug and bottoming, fractional, machine screw and metric sizes)  |
| 2 - Machuelos de acero al carbón rosca derecha (cónicos, semicónicos y rectos, fraccionarios, numéricos y milimétricos)         | 2 - Carbon steel right hand taps (taper, plug and bottoming, fractional, machine screw and metric sizes)      |
| 3 - Machuelos de punta espiral (de acero rápido y rosca derecha, fraccionarios y numéricos)                                     | 3 - Spiral pointed taps (high speed steel and right hand, fractional and machine screw sizes)                 |
| 4 - Machuelos helicoidales (de acero rápido y rosca derecha, fraccionarios y numéricos)   | 4 - Spiral fluted taps (high speed steel and right hand, fractional and machine screw size)                   |
| 5 - Machuelos izquierdos (de acero al carbón, cónicos, semicónicos y rectos)  | 5 - Left hand taps (carbon steel, taper, plug and bottoming)  |
| 6 - Machuelos para tubería (NPT y recta)  | 6 - Pipe taps (NPT and NPS)   |
| 7 - Machuelos Especiales<br>a) Para tuercas<br>b) Para poleas   | 7 - Special taps<br>a) For nuts<br>b) For pulleys   |
| 8 - Verificadores de roscas "MACHO"   | 8 - Thread plug gages   |
| 9 - Verificadores de roscas "ANILLO"  | 9 - Thread ring gages   |
| 10 - Dados roscadores redondos para tornillos o tubos, sólidos, ranurados o con tornillo de ajuste; de acero al carbón o rápido | 10 - Round threading dies for screws or pipes, solid, splitted or adjusting screw; carbon or high speed steel |
| 11 - Dados roscadores hexagonales, de acero al carbón, para tornillos o tubos   | 11 - Hexagon threading dies, carbon steel for screws or pipes   |
| 12 - Juegos de peines tangenciales para cabezal   | 12 - Ground chasers for die heads   |
| 13 - Cabezal roscador para máquina  | 13 - Thread die head for machine  |
| 14 - Juegos de rodillos para roscar   | 14 - Thread rolling dies  |

FABRICANTES  
MANUFACTURERS:

PRODUCTOS  
PRODUCTS:

ELEMENTOS DE MECANISMOS, S.A. DE C.V.

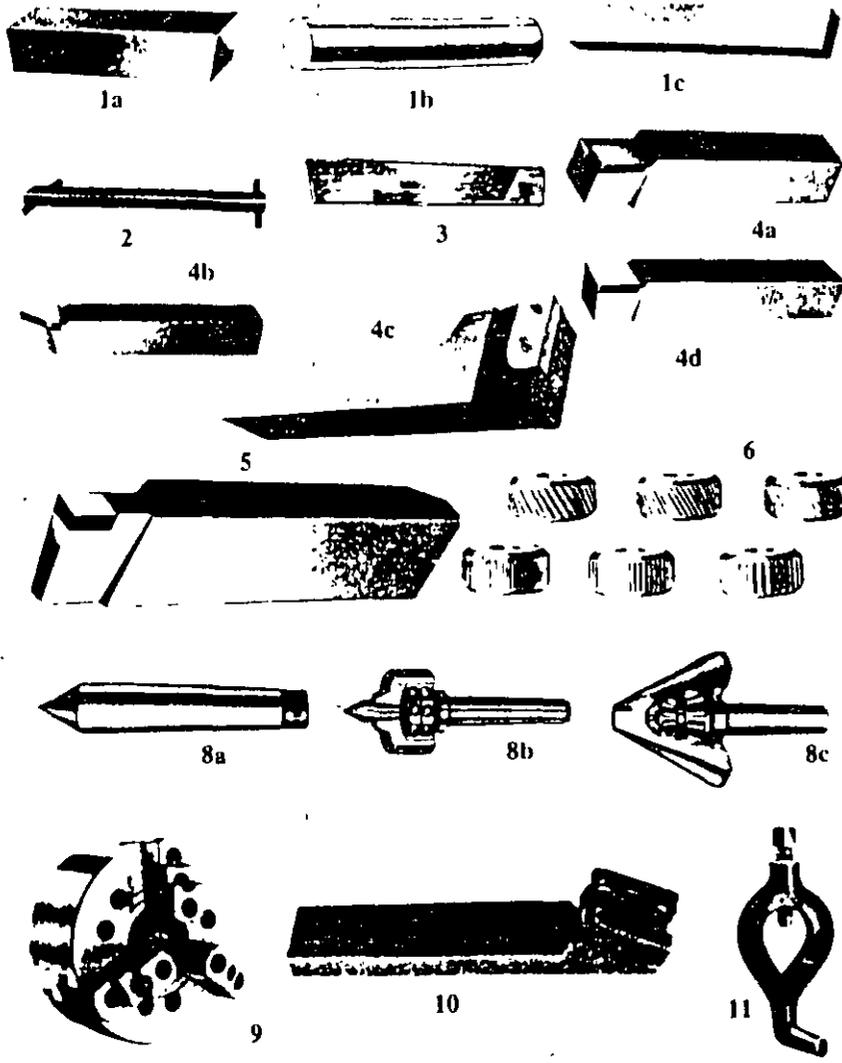
12

HERRAMIENTAS CLEVELAND, S.A. DE C.V.

(1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7)

MACHUELOS Y DADOS PARA ROSCAR  
TAPS AND THREADING DIES

LISTA DE HERRAMIENTAS DE MECANISMO



BURILES Y HERRAMIENTAS PARA TORNADO  
BITS & TURNING TOOLS



ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS M.C.

# HERRAMIENTAS DE CORTE BURILES Y HERRAMIENTA PARA TORNO

## CUTTING TOOLS BITS AND TURNING TOOLS

- |      |   |      |   |
|------|---|------|---|
| 1 -  | Buriles de acero rápido y al cobalto                    | 1 -  | High speed steel and cobalt steel tool bits |
| a)   | Cuadrado  | a)   | Square                                      |
| b)   | Redondo (barra gorton)                                  | b)   | Drill blanks                                |
| c)   | Rectangular   | c)   | Rectangular                                 |
| 2 -  | Barra para mandrilar                                    | 2 -  | Boring bars                                 |
| 3 -  | Cuchillas de acero rápido para tornear                  | 3 -  | High speed steel cut-off blades             |
| 4 -  | Buril (calzado) con punta de carburo de tungsteno       | 4 -  | Carbide tipped tool bits                    |
| a)   | Para cilindrar  | a)   | For turning                                 |
| b)   | Para roscar   | b)   | For threading                               |
| c)   | Para refrentar y esquinar                               | c)   | For facing                                  |
| d)   | Con punta cuadrada                                      | d)   | With squared nose                           |
| 5 -  | Cuchilla con punta de carburo de tungsteno para tornear | 5 -  | Carbide tipped cut-off blades               |
| 6 -  | Moleteadores y porta moletas                            | 6 -  | Knurls and knurling tools                   |
| 7 -  | Buriles especiales                                      | 7 -  | Special tool bits                           |
| 8 -  | Contra puntos   | 8 -  | Centers                                     |
| a)   | Fijos   | a)   | Dead centers                                |
| b)   | Embalados   | b)   | Live centers                                |
| c)   | Trampas embalados                                       | c)   | Bull nose live centers                      |
| 9 -  | Mandriles para torno                                    | 9 -  | Lathe chucks                                |
| 10 - | Portaburiles  | 10 - | Turning toolholders                         |
| 11 - | Perros de atrastre                                      | 11 - | Lathe dogs                                  |

FABRICANTES  
MANUFACTURERS:

PRODUCTORES  
PRODUCERS:

ELEMENTOS DE MECANISMOS, S.A. DE C.V.	(1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)
HERRAMIENTAS CLEVELAND, S.A. DE C.V.	(1, 3)
HERRAMIENTAS DIAZ, S.A. DE C.V.	(4)

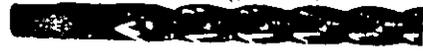
Punta plana, corte al centro/Regular end center cutting 6 gavilanes/6 flute



Largos/Long



Punta de bola/Ball end



Doble/Double



1 Para aluminio/For aluminum



2



3



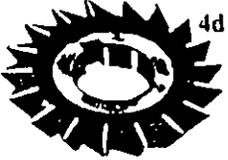
4a



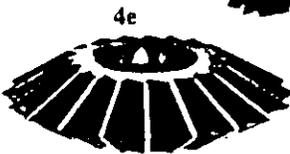
4b



4c



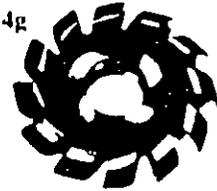
4d



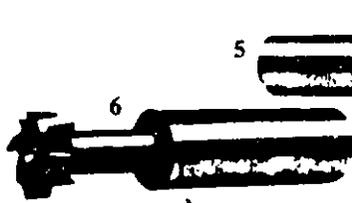
4e



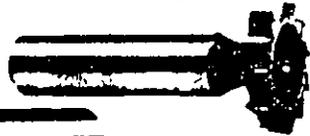
4f



4g



5



6



7



8

HERRAMIENTAS PARA FRESAR  
MILLING TOOLS



**ANFHER**  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A.C.

**HERRAMIENTAS DE CORTE  
HERRAMIENTAS PARA FRESAR**

**CUTTING TOOLS  
MILLING TOOLS**

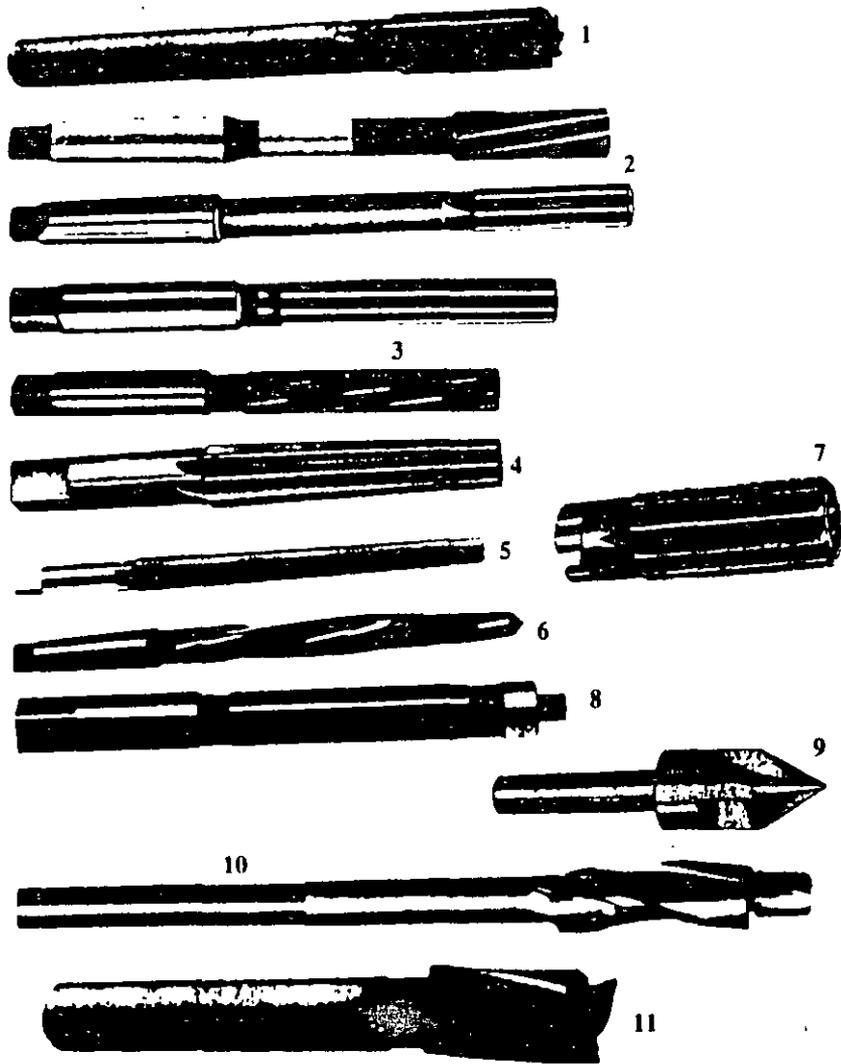
- |  |   |
|--|---|
| 1.- Cortadores verticales de zanco recto; 2, 4, 6 ó 8 gavilanes; punta plana o de bola, normal o largos, para acero o aluminio | 1.- Straight shank and mills; 2, 4, 6 or 8 flutes; regular or ball end, regular or long length, single or double, for steel or aluminum |
| 2.- Cortadores verticales para desbaste  | 2.- Roughing and mills  |
| 3.- Cortadores frontales   | 3.- Shell end mill  |
| 4.- Cortadores circulares.   | 4.- Cutters   |
| a) Plano uso general   | a) Plain milling  |
| b) 3 cortes  | b) Side milling-straight tooth  |
| c) Dientes alternados  | c) Side milling-staggered tooth   |
| d) Angulo sencillo   | d) Angle milling  |
| e) Doble ángulo  | e) Double angel   |
| f) Cóncavo   | f) Convex milling   |
| g) Convexo   | g) Convex milling   |
| 5.- Cortadores para cuñeros Woodruff   | 5.- Woodruff key seat cutters   |
| 6.- Cortador para ranuras "T"  | 6.- T-slot cutter   |
| 7.- Cortador para redondear cantos   | 7.- Corner rounding end mills   |
| 8.- Cortador angular cola de milano  | 8.- Single angle dovetail cutter  |
| 9.- Cortadores de forma  | 9.- Form cutters  |

FABRICANTES  
MANUFACTURERS:

PRODUCTOS  
PRODUCTS

ELEMENTOS DE MECANISMOS, S.A. DE C.V. (TODOS MENOS 4f y g, 7 y 9)  
HERRAMIENTAS CLEVELAND, S.A. DE C.V. (TODOS)





← RIMAS Y AVELLANADORES  
REAMERS & COUNTERSINKS



## HERRAMIENTAS DE CORTE RIMAS Y AVELLANADORES

### CUTTING TOOLS REAMERS, COUNTERSINKS AND COUNTERBORES

- |  |  |
|--|--|
| 1.- Rimas para máquina zanco recto (gavilán recto, recto largo o helicoidal) | 1.- Straight shank chucking reamers, (straight flute, long straight flute or spiral flute) |
| 2.- Rimas zanco cónico (gavilán recto o helicoidal)                          | 2.- Taper shank chucking reamers (straight or spiral fluted)                               |
| 3.- Rimas para mano (gavilán recto o helicoidal)                             | 3.- Hand reamers (straight or spiral fluted)   |
| 4.- Rimas para acabar cono Morse   | 4.- Morse taper finishing reamer   |
| 5.- Rimas para pernos cónicos  | 5.- Taper pin reamers  |
| 6.- Rimas de puente con zanco cónico   | 6.- Taper shank bridge reamers   |
| 7.- Rimas tipo caja  | 7.- Shell reamers  |
| 8.- Rimas de expansión   | 8.- Expansion hand reamers   |
| 9.- Avellanadores de 1 o más gavilanes                                       | 9.- One or more flutes countersinks  |
| 10.- Avellanadores para cabeza de tornillo Allen                             | 10.- Solid cap screw counterbores  |
| 11.- Avellanadores con piloto intercambiable, zanco cónico o recto           | 11.- Counterbores with interchangeable pilots, taper or straight shank                     |

FABRICANTES  
MANUFACTURERS:

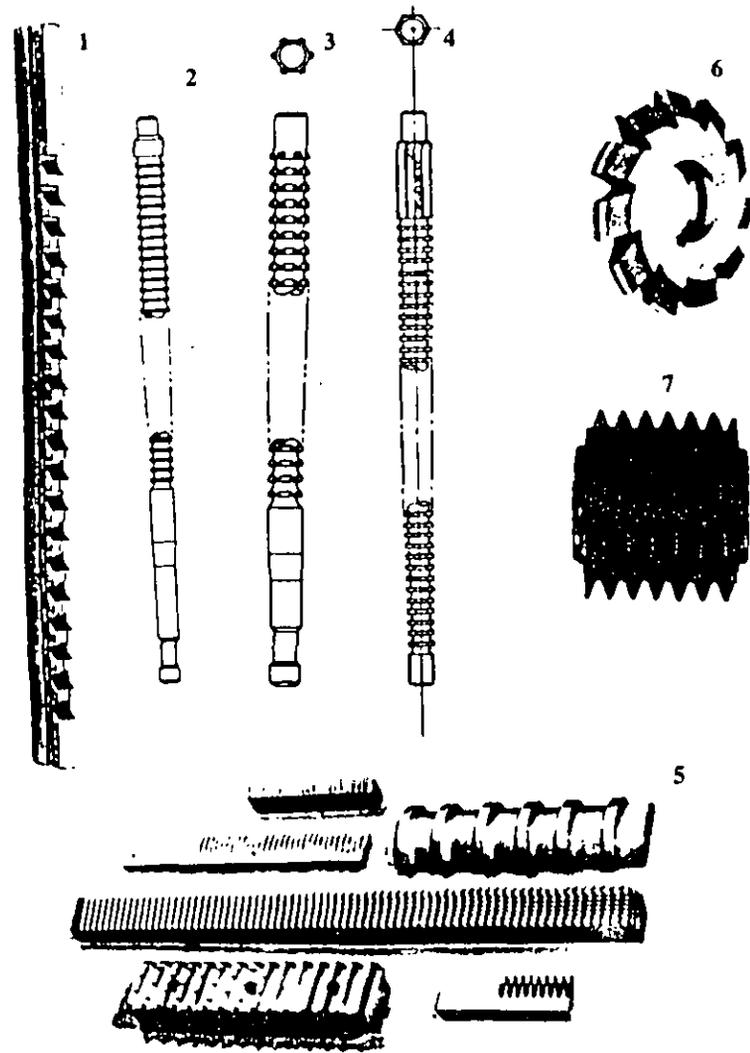
PRODUCTOS  
PRODUCTS

ELEMENTOS DE MECANISMOS, S.A. DE C.V.

(TODOS)

HERRAMIENTAS CLEVELAND, S.A. DE C.V.

(TODOS)



**ANFHER**  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS, A. C.

**HERRAMIENTAS DE CORTE  
BROCHAS Y CORTADORES DE  
ENGRANES**

**CUTTING TOOLS  
BROACHES AND GEAR CUTTERS**

**BROCHAS**

- 1.- Brochas para cuñero
- 2.- Brochas para interiores a tracción
- 3.- Brochas para interiores estriados a tracción
- 4.- Brochas para interiores a compresión
- 5.- Brochas planas

**CORTADORES DE ENGRANES**

- 6.- Cortadores circulares para engranes rectos; módulo métrico o paso diametral, ángulo de presión 14 1/2° ó 20°, número de dientes del engrane.
- 7.- Fresas madre

**FABRICANTES  
MANUFACTURERS:**

ELEMENTOS DE MECANISMOS, S.A. DE C.V.  
HERRAMIENTAS CLEVELAND, S.A. DE C.V.

**BROACHES**

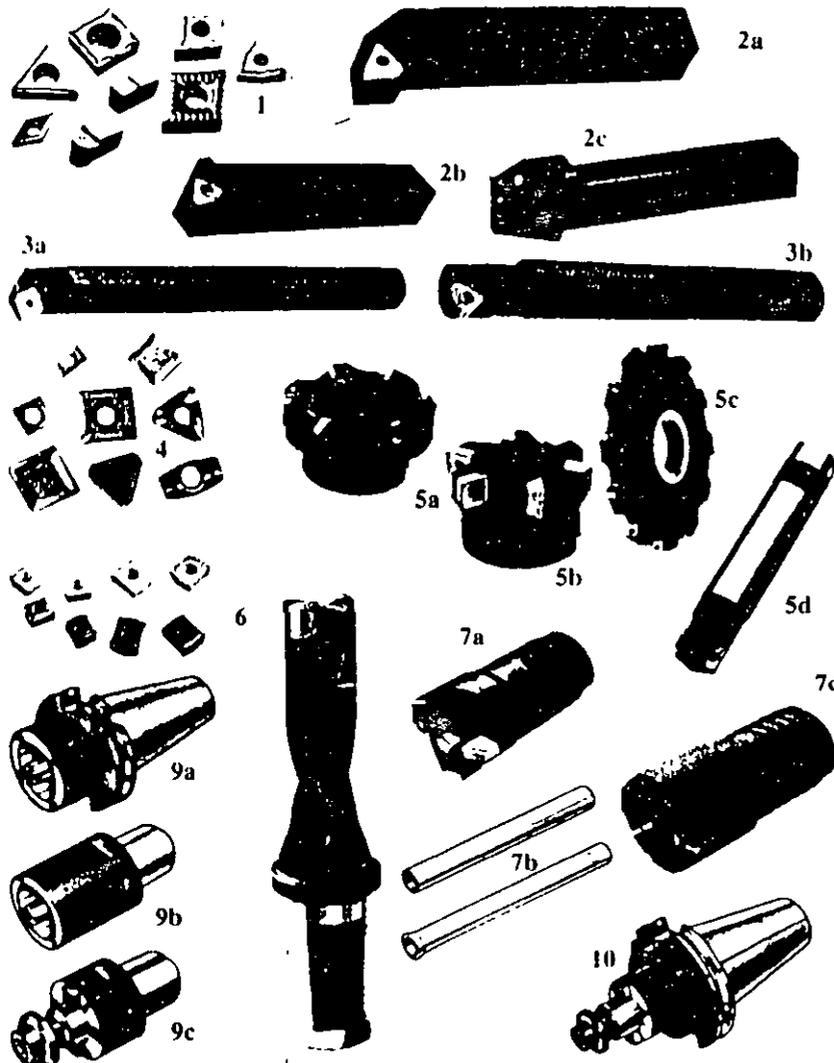
- 1.- Keyway broaches
- 2.- Pull internal broaches
- 3.- Pull internal spline broaches
- 4.- Push internal broaches
- 5.- Surface broaches

**GEAR CUTTERS AND HOBS**

- 6.- Spur gear cutters; module or diametral pitch, 14 1/2° or 20° pressure angle, number of teeth in the gear
- 7.- Gear hobs

**PRODUCTOS  
PRODUCTS:**

(1 al 5)  
(6 y 7)



← HERRAMIENTAS DE CARBURO DE TUNGSTENO  
WITH CARBIDE INSERT



**ANFHER**  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS P.C.

**HERRAMIENTAS DE CORTE CON  
INSERTO DE CARBURO DE TUNGSTENO**  
**CUTTING TOOLS  
WITH CARBIDE INSERT**

- |   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| 1.- Insertos para torneado              | 1.- Turning inserts                   |
| 2.- Portainseros para torneado exterior | 2.- Tool holders for external turning |
| a) Torneado general                     | a) General turning                    |
| b) Roscado                              | b) Threading                          |
| c) Tronzado y ranurado                  | c) Parting grooving                   |
| 3.- Barras para torneado interior       | 3.- Internal turning bars             |
| a) Mandrilado                           | a) Boring                             |
| b) Roscado                              | b) Threading                          |
| c) Ranurado                             | c) Grooving                           |
| 4.- Insertos para fresado               | 4.- Milling inserts                   |
| 5.- Fresas o cortadores                 | 5.- Milling cutters                   |
| a) Para planear                         | a) Face milling                       |
| b) Para planear y escuadrar             | b) Square shoulder                    |
| c) Para ranurar                         | c) End mill                           |
| d) De disco                             | d) Side and face mill                 |
| 6.- Insertos de barrenado               | 6.- Drilling inserts                  |
| 7.- Brocas                              | 7.- Drills                            |
| a) Barrenado corto                      | a) Short hole                         |
| b) Barrenado profundo                   | b) Deep hole                          |
| c) Trepanado                            | c) Trepanning                         |
| 8.- Herramientas e insertos especiales  | 8.- Special tools and inserts         |
| 9.- Portaherramientas modulares         | 9.- Modular toolholders               |
| 10.- Portaherramientas enterizas        | 10.- Integral toolholders             |

FABRICANTES  
MANUFACTURERS:

ELEMENTOS DE MECANISMOS, S.A. DE C.V.  
SANDVIK DE MEXICO, S.A. DE C.V.

PRODUCTOS  
PRODUCTS

(2, 3 y 7)  
(TODOS)

→ GUIA DE HERRAMIENTAS MECANICAS



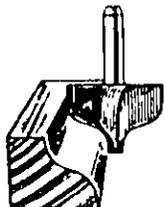
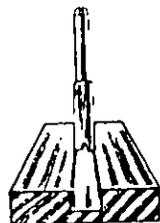
1a



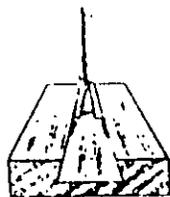
1b



1c



3 y 4



5



2



6



**ANFHER**  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A.C.

## HERRAMIENTAS DE CORTE SIERRAS CIRCULARES, CORTADORES PARA MADERA Y CUCHILLAS REBANADORAS

### CUTTING TOOLS CIRCULAR SAWS AND WOOD CUTTERS, MEAT SLICING KNIVES

#### SIERRAS CIRCULARES

- 1 Sierras circulares
  - a) De corte longitudinal
  - b) De corte transversal
  - c) De corte combinado
- 2 Sierras circulares con dientes de carburo de tungsteno
  - a) Para corte de madera
  - b) Para corte de aluminio

#### CORTADORES PARA MADERA

- 3 Brocas para trompo o rebajadora de acero rápido (rectas o con moldura)
- 4 Brocas para trompo o rebajadora con dientes de carburo de tungsteno (rectas o con moldura)
- 5 Cortadores para cepilladora de acero rápido o con dientes de carburo

#### CUCHILLAS REBANADORAS

- 6 Cuchillas para rebanador de carne

#### CIRCULAR SAW BLADES

- 1 Circular saw blades
  - a) Rip
  - b) Cut off
  - c) Combination
- 2 Carbide tipped circular saw blades
  - a) For wood cutting
  - b) For aluminium cutting

#### WOOD CUTTERS

- 3 High speed steel router bits (straight or with shape)
- 4 Carbide tipped router bits (straight or with shape)
- 5 High speed steel or carbide tipped plain mills

#### SLICING KNIVES

- 6 Meat slicing knives

#### FABRICANTES MANUFACTURERS:

#### PRODUCTOS PRODUCTS:

ACERO CONTROL, S.A. DE C.V.

(1, 2 y 6)

H. K. PORTER CO. DE MEXICO, S.A. DE C.V.

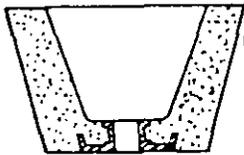
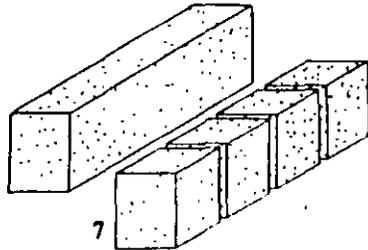
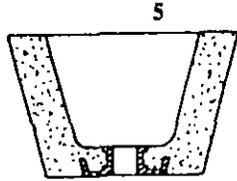
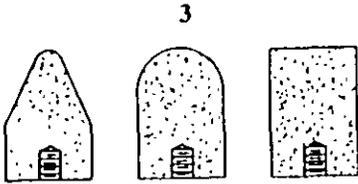
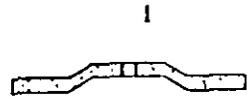
(1 y 3)

HERRAMIENTAS ATIZAPAN, S.A. DE C.V.

(1 y 2)

METROMEX, S.A. DE C.V.

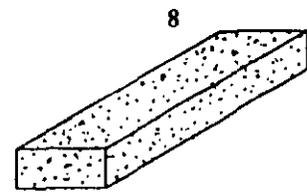
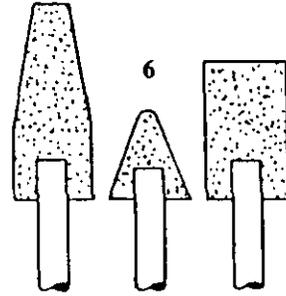
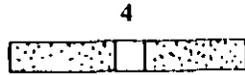
(1)



← ABRASIVOS PARA CORTE Y DESBASTE  
 ABRASIVES FOR CUTTING AND SNAGGING

← ABRASIVOS PARA CORTE Y DESBASTE

2



68



**HERRAMIENTAS ABRASIVAS  
 ABRASIVOS CONVENCIONALES PARA  
 CORTE Y DESBASTE**

**ABRASIVE TOOLS  
 CONVENTIONAL ABRASIVES FOR CUTTING  
 AND SNAGGING GENERAL PURPOSE**

- |   |   |
|---|---|
| 1.- Discos de centro deprimido para desbaste y corte (tipo 27)<br>a) De metales<br>b) De piedras                  | 1.- Depressed center wheels for roughing and cutting (type 27)<br>a) For metals<br>b) For stones        |
| 2.- Discos planos para corte de metales o piedra<br>a) Para máquinas estacionarias<br>b) Para máquinas portátiles | 2.- Cutting-off wheels for metals or stone<br>a) For stationary machines<br>b) For portable machines    |
| 3.- Conos, cilindros y tapones esmeriladores (tipo 16, 18 y 18R)  | 3.- Grinding cones, cylinders and plugs (type 16, 18 and 18R)   |
| 4.- Copas esmeriladoras para el desbaste (tipo 11)  | 4.- Snagging flaring cup wheels (type 11)   |
| 5.- Ruedas para usos generales (tipo 1)   | 5.- General purpose grinding wheels (type 1)  |
| 6.- Puntas montadas sobre vástagos metálicos (tipo A, B y W)  | 6.- Steel-shank mounted points and stones (type A, B, W)  |
| 7.- Copas, ladrillos y blocks para el pulido de recubrimientos y pisos (tipo 11 y LL)                             | 7.- Cups, bricks, and blocks for the finishing and polishing of marble and mosaic floors (type 11 y LL) |
| 8.- Aderezadores para ruedas abrasivas (tipo LL)  | 8.- Grinding wheel dressers (type LL)   |

FABRICANTES  
 MANUFACTURERS:

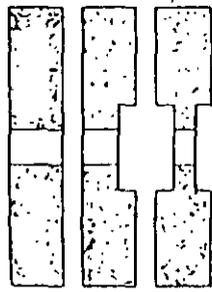
PRODUCTOS  
 PRODUCTS

ABRASIVOS ESPECIALES, S.A. DE C.V.

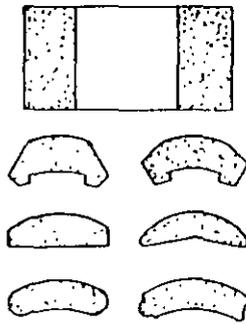
(TODOS)

69

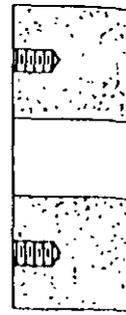
← GUÍA DE HERRAMIENTAS DE ABRASIVO →



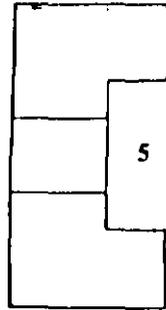
1 y 4



2



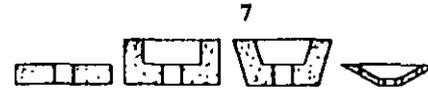
3



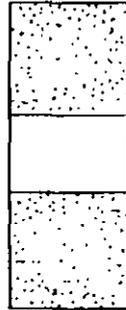
5



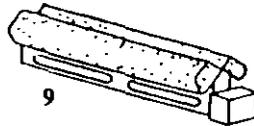
6



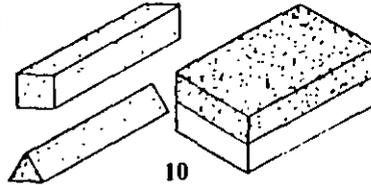
7



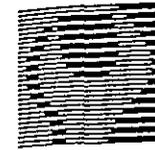
8



9



10



**ANFHER**  
ASOCIACIÓN NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A.C.

## HERRAMIENTAS ABRASIVAS, ABRASIVOS CONVENCIONALES PARA RECTIFICADO Y AFILADO

### ABRASIVE TOOLS, CONVENTIONAL ABRASIVE GRINDING WHEELS AND TOOLS

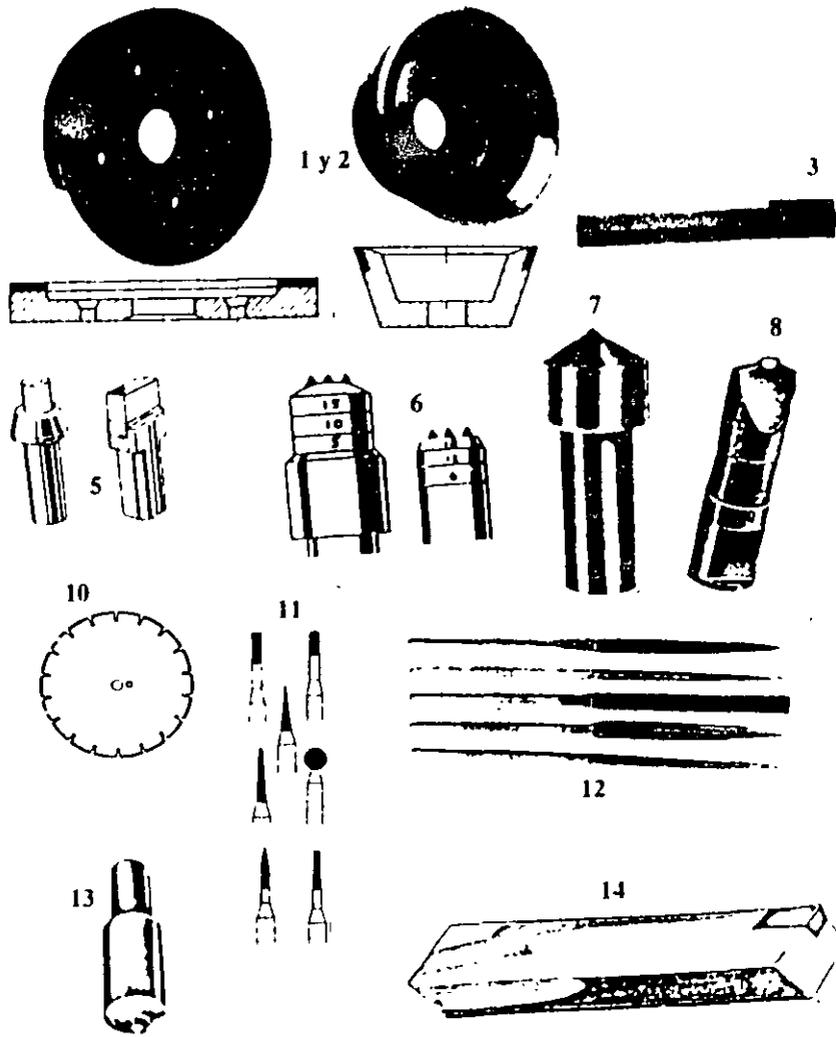
- |   |  |
|---|--|
| 1 - Ruedas para el rectificado de superficies planas ( tipo 1, 5, 7)                                    | 1 - Grinding Wheels for surface grinding (type 1, 5, 7)  |
| 2 - Segmentos abrasivos para el rectificado de superficies planas (rectificadoras con husillo vertical) | 2 - Abrasive segments for surface grinding (Many shapes) (surface grinders with vertical spindles) |
| 3 - Ruedas para el rectificado de superficies planas con tuercas insertadas roscadas (tipo 1,2)         | 3 - Disc grinding wheels for surface grinding with inserted nuts (type 1, 2)                       |
| 4 - Ruedas para el rectificado cilíndrico externo (tipo 1, 5, 7, etc)                                   | 4 - Grinding wheels for internal outside diameter cylindrical grinding (type 1, 5, 7)              |
| 5 - Ruedas reguladoras con aglutinante de hule para rectificadoras sin centros (tipo 1, 5, 7)           | 5 - Regulating wheels for centerless grinding rubber bonded (type 1, 5, 7)                         |
| 6 - Ruedas para el rectificado cilíndrico interno (tipo 1, 5, 6, PM)                                    | 6 - Grinding wheels for internal diameter cylindrical grinding (type 1, 5, 6 mounted points)       |
| 7 - Ruedas para el afilado de herramientas (tipo 1, 6, 11, 12, etc)                                     | 7 - Grinding wheels for tools grinding (type 1, 6, 11, 12, etc)                                    |
| 8 - Ruedas flexibles (tipo 1 L, LH)   | 8 - Flexible grinding wheels (type 1, 2)   |
| 9 - Piedras y limas para el joneado (tipo LL, LH)   | 9 - Honing sticks and stones (type LL, LH)   |
| 10 - Limas, ladrillos y piedras de combinación para el asentado y pulido (tipo LS, LL, LC)              | 10 - Stones, sticks and combination stones for lapping and finishing (type LS, LL, LC)             |

FABRICANTES  
MANUFACTURER:

PRODUCTOS  
PRODUCTS:

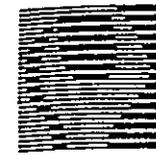
ABRASIVOS ESPECIALES, S.A. DE C V

(TODOS)



DIAMANTE Y CBN  
DIAMOND AND CBN

72



**ANFHER**  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A C

**HERRAMIENTAS ABRASIVAS**  
**HERRAMIENTAS DE DIAMANTE Y CBN**  
**ABRASIVE TOOLS,**  
**DIAMOND AND CBN**

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| 1.- Ruedas de diamante, para el esmerilado y acabado de carburos metálicos, piedras preciosas, cerámicas, etc. | 1.- Diamond wheels                  |
| 2.- Ruedas de CBN para el esmerilado y acabado de aceros muy duros   | 2.- CBN wheels                      |
| 3.- Limas aderezadores de diamante   | 3.- Diamond hones                   |
| 4.- Pasta de diamante  | 4.- Diamond lapping compound        |
| 5.- Rectificadores conglomerados   | 5.- Economy clusters                |
| 6.- Rectificadores multipunta  | 6.- Multi-layer clusters            |
| 7.- Rectificadores monopunta montados  | 7.- Single point diamond dressers   |
| 8.- Rectificadores monopunta lapeados  | 8.- Lapped chisel diamond dressers  |
| 9.- Brocas de diamante   | 9.- Diamond drills                  |
| 10.- Discos de diamante para corte de mármol, granito, piedra, concreto, asfalto, vidrio, etc.                 | 10.- Diamond Grit Blades            |
| 11.- Puntas montadas de diamante o CBN   | 11.- Diamond or CBN plated mandrels |
| 12.- Limas manuales, encorvadas y de aguja   | 12.- Hand files, curved and needle  |
| 13.- Probadores de dureza  | 13.- Hardness testers               |
| 14.- Buriles de diamante para torno  | 14.- Diamond tool bits for lathe    |

FABRICANTES  
MANUFACTURERS:

PRODUCTOS  
PRODUCTS:

ABRASIVOS ESPECIALES, S.A. DE C.V.

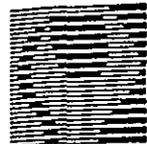
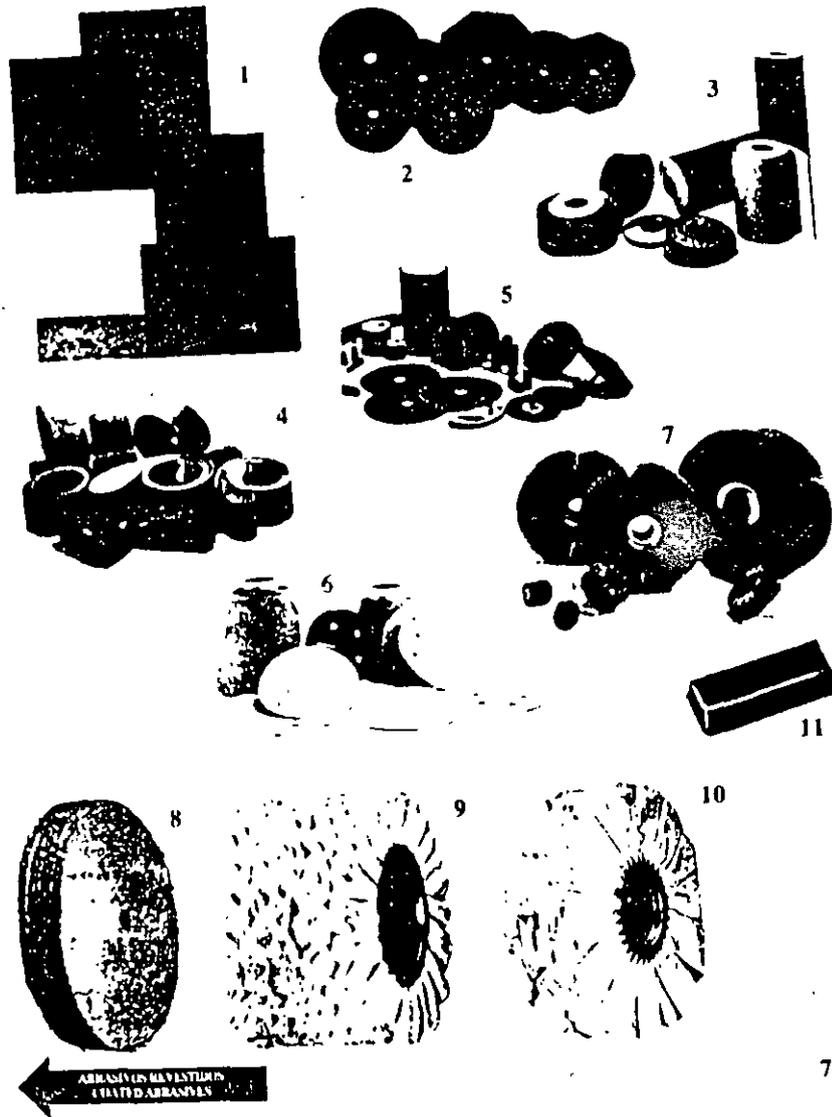
(1, 2, 3, 4, 7, 10 y 11)

DIAMANTES INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.

(TODOS MENOS 10)

73

CLAVE DE HERRAMIENTAS Y MUCANAS



**ANFHER**  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS, S.C

**HERRAMIENTAS ABRASIVAS  
ABRASIVOS REVESTIDOS Y RUEDAS  
PARA PULIR Y ABRILLANTAR**

**ABRASIVE TOOLS  
COATED ABRASIVES AND  
BUFFING WHEELS**

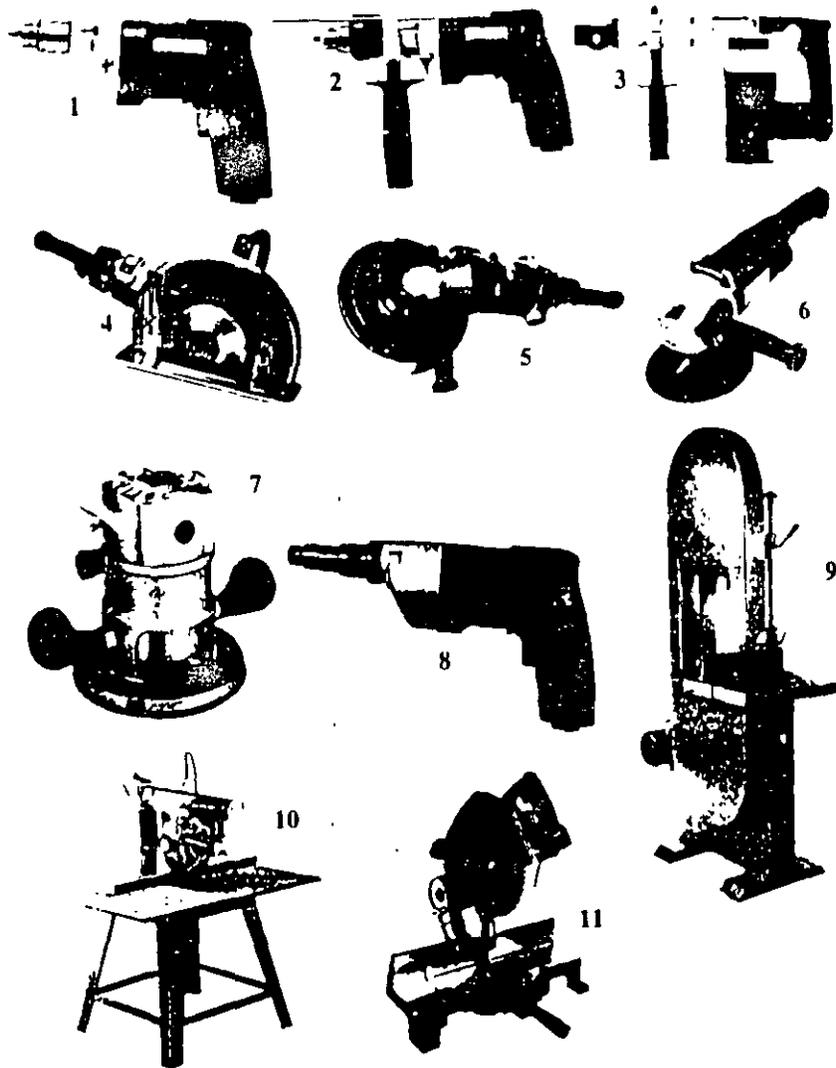
- |  |   |
|--|---|
| Lija de diferentes granos abrasivos,<br>soportes, adhesivos y tamaños de grano en: | Coated abrasives in different abrasive<br>grains, supports, adhesives and grain sizes in: |
| 1.- Hojas  | 1.- Sheets  |
| 2.- Discos   | 2.- Discs   |
| 3.- Rollos   | 3.- Rolls   |
| 4.- Bandas   | 4.- Belts   |
| 5.- Especialidades   | 5.- Specialties   |
| 6.- Discos sensitivos a presión  | 6.- Pressure sensitive discs  |
| 7.- Ruedas LP  | 7.- Flap wheels   |
| 8.- Ruedas de sisal  | 8.- Sisal wheels  |
| 9.- Ruedas de sisal y algodón  | 9.- Sisal an cotton wheels  |
| 10.- Ruedas de algodón   | 10 Cotton wheels  |
| 11.- Pastas para pulir y abrillantar   | 11.- Polishing and buffing compositions   |

**FABRICANTES  
MANUFACTURERS:**

**PRODUCTOS  
PRODUCTS:**

EXITO, S.A. DE C.V.	(1)
FABRICA NACIONAL DE LIJA, S.A. DE C.V.	(1 al 7)





← HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS



**ANFHER**  
ASOCIACION NACIONAL  
DE FABRICANTES DE  
HERRAMIENTAS A.C.

**HERRAMIENTAS DE FUERZA  
HERRAMIENTAS ELECTRICAS  
PORTATILES Y ESTACIONARIAS**

**POWER TOOLS  
PORTABLE AND STATIONARY ELECTRIC  
TOOLS**

- 1.- Taladros eléctricos portátiles
- 2.- Rotomartillos
- 3.- Martillos rompedores
- 4.- Sierras circulares portátiles
- 5.- Esmeriladoras
- 6.- Lijadoras
- 7.- Rebajadoras
- 8.- Destornilladores
- 9.- Sierras cintas
- 10.- Sierras angulares
- 11.- Sierras radiales

- 1.- Portable electric drills
- 2.- Rotary hammers
- 3.- Rotary hammers drills
- 4.- Portable circular saws
- 5.- Vertical grinders
- 6.- Angle sanders
- 7.- Portable routers
- 8.- Screwdrivers
- 9.- Metal cutting band saw machines
- 10.- Angular saws / Motorized mitre boxes
- 11.- Radial saw

FABRICANTES  
MANUFACTURERS:

BLACK & DECKER, S.A. DE C.V

PRODUCTOS  
PRODUCTS:

(TODOS)

→ HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS

## Indice Alfabético

<b>"A"</b>	
Adaptadores (dados)	39
Adaptadores como Morse	53
Adaptadores para broqueros	53
Aderezadores para ruedas abrasivas	69
Arcos para seguetas	21
Avellanadores	
Con piloto intercambiable zanco cónico o recto	61
De uno o más gavilanes	61
Para cabeza de tornillo Allen	61
Para tubos de cobre	45
Azadones	27
Azadones de jardín	31
<b>"B"</b>	
Barras correderas (dados)	39
Barras para ajuste de fienos	41
Barras para mandarlar	57
Barras para torneado interior	65
Barricetas	29
Berhiques	33
Berhiques (dados)	39
Biellos	27
Bombas de aire	41
Brocas con inserto de carburo	65
Brocas con punta de carburo de tungsteno	53
Brocas de acero rápido	53
Brocas de diamante	73
Brocas de golpe	25
Brocas especiales	53
Brocas para centros	53
Brocas para concreto	53
Brocas para madera	33
Brocas para tiempo	67
Brochas para pintar	43
Brochas para cuñero	63
Brochas interiores a compresión	63
Brochas interiores a tracción	63
Brochas para interiores estuados a tracción	63
Brochas planas	63
Broqueros	53
Burnil con punta de carburo de tungsteno	57
Buriles de acero rápido y al cobalto	57
Buriles de diamante para torno	73
Buriles especiales	57
<b>"C"</b>	
Cabezal roscador para máquinas	55
Cables para corriente	41
Cajas de herramientas	23
Cajas de ingletes	33
Calafateadoras	25
Calibrador de laminas	17
Calibrador Pie de Rey	17
Camallas para mecánico	41
Canchallas	29
Cautines tipo pistola o lápiz	21
Cavahoyos	31
Cepillos circulares de alambre	41
Cepillos de cuerda para picar pintura	43
Cepillos de copa de alambre	43
Cepillos manuales de alambre	43
Cepillos para calzado	43
Cepillos para madera	31
Cinceles	25
Cinceles cortafino	35
Cinceles para de cabina	15
Cintas largas	17
Cizallas	47
Conos, cilindros y tapones esmeriladores	69
Contrapuntos	57
Copas esmeriladoras para el desbaste	69
Copas ladrillos y blocks para el pulido de recubrimientos y pisos	69
Corta azulejos	25
Corta circulos	21
Cortadores	21
Cortadores anulares	53
Cortadores cola de Milano	59
Cortadores circulares	59
Cortadores circulares para engranes rectos	63
Cortadores de forma	59
Cortadores frontales	59
Cortadores para cepilladora	67
Cortadores para cuñeros Woodruff	59
Cortadores para ranuras "T"	59
Cortadores para redondear cantos	59
Cortadores para tubos de cobre	45
Cortadores para tubos de fierro	45
Cortadores verticales	59
Cortadores verticales para desbaste	59
Cortavidrios	21
Cucharas de albahil	25
Cuchillas	21
Cuchillas para tronzar	57
Cuchillas rebanadoras de carne	67
Cuñas	25
Cuñas para expulsar como Morse	53
<b>"Ch"</b>	
Chairs	13
Charolas (para pintura)	43
<b>"D"</b>	
Dados	39
Dados ajustables (para roscar)	45
Dados cuadros fijos	45
Dados de impacto	39

Dados roscadores hexagonales	55
Dados roscadores rebondos	55
Desarmadores	9
Desarmadores para dados	39
Destornilladores (eléctricos)	77
Discos de centro deprimido para desbaste y corte	69
Discos de diamante para corte	73
Discos para arado	27
Discos planos para corte de metales o piedra	69
Dobladoras	
De tubos hidráulicas	47
De varillas	47
Universales de caja y molde	47
Dobladores de conduit	45
Dobladores de tubing	45
<b>"E"</b>	
Escobas de jardín	31
Escocheros	33
Escotina para herrar	13
Escotina para madera	13
Escuadras	17
Esmeriladoras	77
Espátulas	25
Espátulas de uña	41
Espátulas para rueda de camion	37
Espátulas planas	41
Esquimeros	25
Extensiones (dados)	39
Extractores	35
<b>"F"</b>	
Flexómetros	17
Formones	33
Fraguas con ventilador	19
Fresas madre	63
Fresas o cortadores (con inserto de carburo)	65
Fumigadores	27
<b>"G"</b>	
Gabinets para herramientas	23
Garruchas para cable de acero	49
Garruchas para cable manila	49
Gatos	
Hidráulicos de botella	41
Hidráulicos de patin	41
Mecánicos	41
<b>"H"</b>	
Herrajes para doblar varillas	25
Guadañas	27
Guillotinas de pedal	47
<b>"H"</b>	
Hachas	27
Herramientas e insertos especiales (de carburo de tungsteno)	65
Hoces	27
Husillo para carpintero	33
<b>"I"</b>	

Insertos (de carburo de tungsteno)	65
<b>"J"</b>	
Juegos de peines tangenciales para cabezal	55
Juegos de rodillos para roscar	65
<b>"L"</b>	
Lámparas para mecánico	41
Leiras y números de golpe	35
Lijas de diferentes abrasivos	75
Lijadoras	77
Limas (de acero)	13
Limas aderezadoras de diamante	73
Limas, ladrillos y piedras	71
Limas manuales, encurvadas y de aguja	73
<b>"LI"</b>	
Llanas	25
Llaves (en general)	37
Llaves de cadena	42
Llaves de plomero	45
Llaves para filtro de aceite	41
Llaves Stillson	45
<b>"M"</b>	
Machetes	27
Machuelos de acero	55
Machuelos de punta espiral	55
Machuelos especiales	65
Machuelos helicoidales	65
Machuelos izquierdos	65
Machuelos para tubería	65
Malacates	49
Mandriles para torno	57
Manerales para dados de roscar	21
Manerales para llaves de artillería	37
Manerales "T" para machuelos	21
Mangos articulados	39
Mangos de rodillos	43
Mangos "L"	39
Martos	11
Martillos	11
Martillos rompedores	79
Matracas reversibles	39
Mazo con cabeza de hule	11
Mimigras ET	49
Moldeadores y prismaletas	67
Montacargas de palanca	49
<b>"N"</b>	
Navajas	21
Niveles	17
Nudos universales	39
<b>"O"</b>	
Opretores de amilios	41
Organizadores	23
<b>"P"</b>	
Palas con mango corto "Y" o largo	29
Palas para jardinería	31

Paleas	49
Pasta de diamante	71
Pasta para pulir y abrillantar	75
Pernos de atornillar	57
Piedras y limas para el juncado	71
Pinceles	43
Pinzas	15
Pisines	29
Pistolas de aire	41
Plomadas	17
Podadoras manuales	31
Podadoras motorizadas	31
Polipastos	49
Portabornes	57
Portaherramientas	23
Portaherramientas enterizos	65
Portaherramientas modulares	65
Portainseros para torneado exterior	65
Presas hidraulicas tipo "H"	19
Presas "C" (forjadas)	19
Presas "C" (fundidas)	33
Presas de cadena para tubo	19
Presas de cremallera (changos)	19
Presas de mano u entenallas	19
Presas de vugo para tubo	19
Probadores de dureza	73
Puntas montadas	73
Puntas montadas de diamante	69
Puntos para marcar	35
Puntos para taladrar	35
Punzonadoras de perfiles	47
Punzones	35
"R"	
Rastrillos	31
Rebajadoras	77
Rectificadoras	73
Remachadoras	23
Rimas	61
Rodillos para pintar	43
Rodillos para pasta	25
Roladoras	47
Roladoras de lámina	47
Rotomantillo	77
Ruedas	
De algodón	75
De CBN	73
De diamante	73
De sisal	75
De sisal y algodón	75
Flexibles	71
LP	71
Para el afilado de herramientas	71
Para el rectificado cilindrico externo	71
Para el rectificado de superficies planas	71

Para el rectificado de superficies planas con tuerca insertada	71
Para el rectificado cilindrico interno	71
Para usos generales	69
Reguladoras con aglutinante de hole	71
"S"	
Sargentos	33
Segmentos abrasivos	71
Seguetas	21
Seguetas mecanicas	51
Separadores	33
Serruchos o serruchos	33
Serruchos o serruchos de costilla	33
Serruchos o serruchos de punta	33
Serruchos de podar	31
Sierras angulares	77
Sierras cónicas	51
Sierra circular con dientes de carburo de tungsteno	67
Sierras circulares portátiles	77
Sierras circulares	67
Sierras circulares para corte de metales	51
Sierras	
De barril	51
Para caladura	51
Radiales	77
Sujetadores de acción rápida	19
"T"	
Talachos	29
Taladros eléctricos portátiles	77
Taladro manual	21
Tenazas	15
Terrajas para tubo	45
Tijeras	
Para lamina	21
Para pasto	31
Para podar	31
Tornillos	19
Torres ajustables	41
Tripode	45
Troles	49
"V"	
Verificadores de rosca "Anillo"	55
Verificadores de rosca "Macho"	55
Vertedores	41
Volteadores y rayadores	25
"Y"	
Yunque	19
"Z"	
Zapapicos	29

## Alphabetical Index

"A"			
Abrasive segments for surface grinding	71	Coated abrasives	75
Adapters (sockets)	39	Cold chisels	43
Adjustable supports	41	Combination shears	47
Adjustable (threading) dies	41	Combination wrenches	47
Adjustable wrenches	37	Combined drill and countersinks	43
Air pumps	41	Compass saws	43
Aging and long taper punches	35	Concrete wedges	35
All purpose wire stripper pliers	15	Conduit benders	45
Aluminum files	13	Construction hammers	43
Angle Sanders	77	Corner rounding end mills	69
Angular saws	77	Corner tools	25
Annular cutters	51	Cotton wheels	75
Arches	19	Countersinks	61
Arbor presses	19	Countersinks with interchangeable plates	61
Auger bits	31	Countersinks	61
Automobile cross rim wrenches	37	Creeps	43
Axes	27	Cups blocks and blocks for finishing and polishing of marble and mosaic floors	61
"B"		Curved - clamp hammers	15
Back saws	33	Curved - cut off blades	62
Ball peen hammers	11	Cutters	21, 25, 51, 61
Band saw blades	51	Cutting off wheels for metals or stone	69
Bar benders	25, 47	"B"	
Bar clamps	43	Depressed center wheels for roughing and cutting	69
Bar shears	47	Diagonal cutting pliers	75
Bars	29	Diamond drills	75
Basin wrenches	45	Grit blades	75
Battery jumper cables	41	Hones	75
Bells (coated abrasives)	75	Lapping compound	75
Bench vices	19	Plated mandrels	75
with clamp	19	Tool bits for lathe	75
with swivel base	19	Wheels	75
with swivel base and pipe jaws	19	Diggers, post hole	41
Bit braces	33	Draws (coated abrasives)	75
Boring bars	37	Disc grinding wheels for surface grinding with inserted nuts	71
(1 1/2") Box wrenches	37	Double way rim wrenches	41
(4 1/2") Box wrenches	47	Dressers	69
Box and pan hand bending brakes	41	Drift keys	41
Brake adjusting bars	41	Drill chucks arbors	61
Brake pliers	45	Drill chucks	61
Brass head hammers	11	Drilling inserts	61
Brick hammers	11	Drills (with carbide inserts)	61
Bridge reamers	61	"E"	
Bristle brushes for prick point	43	Economy clusters	25
Broaches	63	Edgers	25
Brushes	43	Electric chain hoists	25
Bush knife files	27	Electric soldering guns	25
Bush knives	13	Electric soldering pencils	25
Butcher steels	13	Electric wire rope hoists	61
"C"		Expansion band reamers	61
"C" clamps (cast)	19	Extensions (sockets)	61
"C" clamps (forged)	33	"F"	
Cabinet - point screwdriver	9	Father's taps	71
Calking tool	25	Files	15
CBN plated mandrels	73	Flap wheels	35
CBN wheels	73	Flaring tools	41
Center punches	67	Flat files	41
Centers	49	Flat nose pliers	41
Chain hoists	19	Flexible grinding wheels	41
Chain vices for pipes	45	Flexible (type files)	41
Chain wrenches	25, 33, 35	Flowers, shank and fruit snags	61
Chisels	61	Forges	67
Chuck long reamers	67	Forks	19, 33
Circular saw blades	67	"G"	
Clamps	19, 33	Garden brooms	75
		Garden hoses	75



Gasden sheels	31
Great cutters	23
Great blades	61
Great trolleys	49
General purpose grinding wheels	69
Glass cutters	21
Gravel file cutters	25
Grass shears	31
Grinding cones, cylinders and plugs	69
Grinding wheel dressers	69
Grinding wheels for internal diameters cylindrical grinding	71
Grinding wheels for tools grinding	71
Groovers	25
Grooving bases for die heads	55
"H"	
H-type hydraulic presses	19
Hack saw blades	21
Hack saw	21
Half round files	13
Hammers	11
Hand drills	21
Hand files, curved and needle (diamond)	73
Hand reamers	61
Hand routers	19
Hand saws	31, 33
Hand taps	55
Hand vices	19
Hardness testers	73
Hex keys	37
Hexagon threading dies	55
Hinge handles (sockets)	39
Hoes	27, 31
Hole saws	51
Honing sticks and stones	71
Hose clamp pliers	15
Hub nut wrenches	37
Hydraulic jacks	41
Hydraulic service jacks	41
"I"	
Impact sockets	39
Integral toolholders	65
Interchangeable bits screwdrivers	9
Internal turning bars	65
"J"	
Jacks	41
Jig saw blades	51
"K"	
Key way benches	63
Knives files	13
Knives	21
Knives and knurling tools	57
"L"	
"L" handles (sockets)	39
Lapped chisel diamond dressers	73
Lathe chucks	57
Lathe dogs	57
Lathe files	57
Left hand taps	13
Letter and number sets	55
Levels	35
Level bar	17
Line man's plier	49
Lock ring tools	15
Locksmith files	41
Locking pliers	13
Long nose pliers	15
Long tapes	17
"M"	
Manual mowers	31

Masonry drills	53
Masks	29
Metal shaving knives	67
Mechanic's lamps	41
Metal cutting hand saw machines	77
Metal cutting saws	57
Milling cutters	59, 65
Milling inserts	65
Mixer boxes	33
Modular toolholders	65
Morse taper finishing reamer	61
Morse taper sleeve	63
Motor drive trolleys	49
Motorized mowers	31
Mounted points and stones	69
Multi layer clusters	73
"N"	
Nippers	15
Nut drivers	9
"O"	
Offset drives	9
Oil filter wrenches	41
One or more flutes countersinks	37
Open end wrenches	61
Oxes	27
Organizers	23
"P"	
Paint brushes	43
Paint rollers	43
Paste rollers	25
Phillips lead screwdrivers	9
Picks	29
Pin punches	15
Pipe cutters	45
Pipe caps	55
Pipe threader ratchets	45
Pipe wrenches	45
Pitau files	13
Plain mills	67
Plain trolleys	49
Planes	31
Plasterer trowels	25
Plastic top-head hammers	11
Pliers	15
Plow discs	27
Plumbs	17
Pneumatic tire removers	41
Pocket knives	21
Polishing and buffing compositions	75
Portable circular saws	71
Portable electric drills	77
Portable routers	77
Post hole diggers	31
Power hacksaw blades	51
Pressure sensitive discs (coated abrasives)	75
Prick punches	35
Profile bench punches	47
Pruning shears	31
Pull internal broaches	63
Pull internal spline broaches	63
Puller hoists	49
Pullers	35
Punches	35
Pump pliers	15
Push internal spline broaches	63
"Q"	
Quick action clamps	19
"R"	
Radial saws	77

Rake	31
Raps	13
Reamers	61
Regulating wheels for internal diameter cylindrical grinding	71
Retaining ring pliers	15
Reusable table set	39
Rigid files for linner s	13
Ring compressors	41
Roller handles	43
R 45 (coated abrasives)	75
Rotary files	13
Rotary hammers	77
R 600 hammer drills	77
R 600 sheet metal forming machines	47
R 600 sheet metal forming machines	47
R 600 water bus	67
Roughing end mills	59
Round nose chisels	35
Round threading dies	45, 55
Rubber head hammers	11
"S"	
Screw jacks	41
Scrapers	25
Screw drivers	9, 19, 77
Screw vices	33
Setches	27
Segment type hydraulic benders	47
Separators	35
Sharing machines (foot squaring shears)	47
Sheets (coated abrasives)	75
Shell end mills	59
Shell reamers	61
Shoe cleaning brushes	43
Shovels	29
Side cutting pliers	15
Single angle dovetail cutters	59
Single point diamond dressers	73
Single and cotton wheels	75
Sisal wheels	75
Sledge hammers	11
Slip joint pliers	15
Slip roll metal forming machines	47
Slitting hand level shears for straight cuts	47
Small brushes	43
Snatch blocks	49
Snagging flaring cup wheels	69
Snips	21, 39
Snipers	39
Solid cap screw counterbores	61
Solid punches	35
Special drills	53
Special taps	55
Special tools and inserts	41
Special tools bits	57
Specialties (coated abrasives)	75
Speed braces (sockets)	39
Spillways	55
Spiral fluted taps	55
Spiral pointed taps	55
Spike shaves	33
Spray guns	41
Sprayers (spraying nozzles)	27
Spir gear cutters	63
Square files	13
Square fixed dies	45
Squares	17
Standard round shank screwdrivers	9
Standard square shank screwdrivers	9

Star drills	25
Steel shank mounted points and stones	17
Straight tap wrenches	69
Straight tap wrenches	21
Stones, sticks and combinations stones for lapping and finishing	71
Stubby screw drivers	9
Surface brushes	65
"T"	
"T" handles (sockets)	39
"T" slot cutters	69
Tackle blocks	49
Tampers	29
Tap wrenches	71
Taps	45
Tap pin reamers	61
Thickness gauges	17
Thread die head for machine	45
Thread plug gages	55
Thread ring gages	45
Thread rolling dies	45
Threading dies	45, 45
Threading dies wrenches	21
Throatless metal shears	37
Tin snips	21
Tinner's hammers	31
Tire irons for truck wheels	37
Tire spoons	41
Tire wrenches	41
Tommy bar for hub nut wrenches	37
Tool bits	47
Tool boxes	21
Tool cabinets	23
Tool holders for external turning	65
Tool pouches	25
Tors screw drivers	79
Tow folding set screwdrivers	9
Trays (painting)	13
Triangular files	13
Tripods	45
Trowels	27
Truck cross rim wrenches	37
Tubing benders	47
Tubing cutters	45
Turning inserts	65
Turning tools holders	4
Twist drills	65
"U"	
Universal pliers	15
Universal knuts (sockets)	61
Upholsterer hammers	11
Utility knives	21
"V"	
Vernier calipers	1
Vertical grinders	17
Vices	17
"W"	
Wheelbarrows	21
Wheel weight pliers	17
Wire cup brushes	47
Wire scratches	47
Wire stripper pliers	17
Wire wheel brushes	47
Wood chisels	1
Wood rasps	13
Woodruff key seat cutters	17
Wrenches	17
"Y"	
Yoke vices for pipes	17



# Apéndices

## 1. Resistencia química de plásticos a varios disolventes

Clave de la designación para resistencia química

S = satisfactorio hasta 30°C  
 S1 = satisfactorio hasta 60°C  
 S2 = satisfactorio por encima de 60°C  
 A = adecuado  
 I = insatisfactorio

	PVC rígido	PVC plasti- ficado	Poli- eti- leno	Poli- propi- leno	Meta- crila- tos	Poli- ésteres	Epoxis	Fluoro- carbu- ros	Poli- estire- no	Poli- meros ABS	Poli- ace- tales	Fenol- formal- dehído	Poli- carbo- nato	Cl poli- éter	Furano	"Saran"
Acetes lubricantes	S1	S	S	S	S	S	S2	S2	A	S	S	S	S1	S2	S	S1
Acetato de etilo	I	I	I	I	I	I	A	S2	I	I	I	I	I	S	S	A
Acetona	I	I	S	S	I	I	A	S2	I	I	S1	I	S	S	A	S
Alcohol metílico	S	S1	S1	S1	S	S1	S	S2	S	S1	S1	A	S1	S2	S	S1
Alcohol etílico	S	S1	S1	S1	S	S1	S	S2	S	S1	S1	A	S1	S2	S	S1
Alcohol butílico	S	S1	S1	S1	S	S1	S	S2	S	S	S1	A	S1	S2	S	S1
Anilina	I	I	S	S	...	...	S	S2	S	I	...	I	...	A	I	I
Benceno	I	I	I	I	I	S1	S	S2	I	I	S	S	I	S	S	A
Ciclohexanona	I	I	...	...	...	...	...	S2	...	I	...	...	...	...	...	I
Dicloruro de etileno	I	I	I	I	I	I	A	S2	I	I	S	S	I	S2	...	S
Eter etílico	I	I	S	S	I	...	S	S2	I	I	S1	S	S1	S2	S	I
Hexano	S	I	A	A	S	S	S	S2	I	A	S	S	S1	S	S	S1
Keroseno	S	S1	S	S	S	S	S	S2	I	A	S	S	S1	S	S	S1
Naftaleno	I	I	S	S	I	S	S	S2	I	I	S	S	A	S2	S	S1
Tetracloruro de carbono	I	I	I	I	I	S1	S	S2	I	I	S1	S	I	S2	S	S
Trietanolamina	S1	S	S	S	...	...	...	S2	...	I	...	...	...	S2	...	...
Xileno	I	I	I	I	I	S2	S	S2	I	I	S1	S	I	S	S	A

2. Resistencia a la corrosión de materiales de construcción

Clave de la designación para resistencia a la corrosión

Clave de la designación para los materiales de empaque

- A = aceptable, puede usarse con éxito
- C = cuidado, la resistencia varía dependiendo de las condiciones; úsese si se puede tolerar algo de corrosión
- X = inaceptable
- .. = no se dispone de información

- a = asbesto blanco (comprimido o tejido)
- b = asbesto azul (comprimido o tejido)
- c = asbesto (comprimido y ahulado)
- d = asbesto (tejido y ahulado)
- e = GR-S o hule natural
- f = "Teflón"

Producto químico	Metales							No metálicos						Materiales no metálicos de empaque aceptables
	Acero inox.							Vidrio	Carbón	Resinas	Resinas acrílicas	Cloruro de vinilideno		
	Hierro y acero	Hierro vaciado (resist-Ni)	18-8	18-8 Mo	Níquel	Monel	Bronce rojo						Alumini- nio	
Acetona	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	X	C	a,e,f
Ac. acético anhidro	C	C	A	A	A	A	X	A	A	A	A	X	C	b,c,d,f
Ac. acético crudo	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	A	A	C	b,c,d,f
Ac. acético puro	X	X	C	A	C	A	X	A	A	A	A	A	X	b,c,d,f
Ac. bórico	X	C	A	A	A	A	C	A	A	A	A	...	A	a,c,d,e,f
Ac. carbónico	C	C	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	a,e,f
Ac. cítrico	X	C	C	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	b,c,d,e,f
Ac. cloracético	X	...	X	X	C	C	X	C	A	...	A	...	...	b,f
Ac. clorhídrico	X	X	X	X	C	C	X	X	A	A	A	A	C	b,c,d,f
Ac. crómico	C	C	C	C	C	C	X	C	A	X	X	X	A	b,f
Ac. esteárico	C	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	...	...	a,e,f
Ac. fluorhídrico	C	X	X	X	C	C	X	X	X	A	C	...	C	b,f
Ac. fórmico	X	...	C	C	C	C	X	X	A	A	A	...	A	b,c,e,f
Ac. fosfórico	C	C	C	A	C	C	X	X	C	A	A	...	A	b,c,f
Ac. láctico	X	C	C	A	C	C	A	C	A	A	A	...	...	a,b,c,d,e,f
Ac. nítrico	X	C	C	C	X	X	X	C	A	C	C	...	C	b,f
Ac. oleico	C	C	A	A	A	A	C	A	A	A	A	...	A	a,e,f
Ac. oxálico	C	C	C	C	C	A	C	C	A	A	A	...	...	b,c,d,e,f
Ac. sulfúrico (75-95%)	A	C	X	X	X	C	X	X	A	C	X	X	C	b,f
Ac. sulfúrico (10-75%)	X	C	X	X	C	C	X	X	A	A	C	C	A	b,f
Ac. sulfúrico (<10%)	X	C	X	C	C	C	C	C	A	A	C	A	A	a,b,c,e,f
Ac. sulfuroso	X	...	C	A	X	X	C	C	A	A	A	...	C	b,c,d,e,f
Ácidos grasos	C	C	A	A	A	A	C	A	A	A	A	...	A	a,e,f
Alumbres	X	C	C	A	C	A	X	A	A	A	A	...	A	a,c,d,e,f
Amoniaco anh	A	A	C	A	A	A	X	C	A	...	A	...	C	a,f
Anhidrido acético	C	C	A	A	A	A	X	A	A	A	A	X	C	b,c,d,f
Anilina	A	A	A	A	...	A	X	...	A	A	C	...	C	a,f
Azulfre	A	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	...	...	a,e,f
Benceno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	...	C	a,f
Bióxido de azufre	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	A	...	A	a,f
Bisulfato de sodio	X	C	A	A	A	A	C	C	A	A	A	...	A	b,c,d,e,f
Bromo	X	C	C	C	C	C	C	...	A	C	X	...	X	b,f
Carbonato de sodio	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	A	X	...	a,c,d,e,f
Cloro húmedo	X	X	X	X	X	X	X	X	A	C	A	...	X	b,e,f
Cloro seco	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	...	X	b,e,f
Cloruro de aluminio	X	C	X	X	C	C	A	A	A	A	A	...	A	a,c,e,f
Cloruro de amonio	C	A	C	C	A	A	C	C	A	A	A	...	A	b,c,d,e,f
Cloruro de calcio	C	A	C	C	A	A	C	C	A	A	A	...	A	b,c,d,e,f
Cloruro de cinc	C	C	C	X	A	A	X	C	...	...	A	...	...	b,c,d,e,f
Cloruro de magnesio	C	C	C	C	A	A	C	C	A	A	A	...	A	b,c,e,f
Cloruro de sodio	A	A	C	C	A	A	C	C	A	A	A	...	...	a,c,d,e,f
Cloruro férrico	X	X	X	C	X	X	X	X	A	C	A	...	A	b,e,f
Etanol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	...	A	a,c,e,f
Etilen-glicol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	...	C	a,c,e,f
Fenol (ac. carbólico)	C	A	C	A	A	A	C	A	A	A	C	A	C	a,f
Formaldehído	C	C	A	A	A	A	C	A	A	A	A	...	A	a,c,e,f
Fosfato dibásico de amonio	C	A	A	A	...	A	C	C	A	A	A	...	...	a,c,d,e,f
Fosfato monoásico de amonio	X	C	A	A	...	C	X	X	A	A	A	...	...	b,c,d,e,f

Resistencia a la corrosión de materiales de construcción (continúa)

Producto químico	Metales							No metálicos							Materiales no metálicos de empaque aceptables
	Hierro y acero	Hierro vaciado (resist-Ni)	Acero inox.				Bronce rojo	Aluminio	Vidrio industrial	Carbón (Karbate)	Resinas fenólicas	Resinas acrílicas	Cloruro de vinilideno		
			18-8	Mo	Níquel	Monel									
Fosfato tribásico de amonio	A	A	A	A	A	A	X	C	A	A	A	...	...	a,c,d,e,f	
Glicerina	A	A	...	A	A	A	A	A	A	A	C	A	C	a,c,e,f	
Hidrocarburos alifáticos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	a,c,d,f	
Hidróxido de amonio	A	A	A	A	C	C	X	C	A	...	A	A	C	a,c,d,f	
Hidróxido de calcio	A	A	A	A	...	A	C	...	...	...	...	...	...	a,c,d,e,f	
Hidróxido de potasio	C	C	A	A	A	A	X	X	...	...	...	...	C	a,c,f	
Hidróxido de sodio	A	A	A	A	A	A	C	X	C	A	A	A	C	a,c,d,f	
Hipoclorito de calcio	X	C	C	A	C	C	C	C	A	A	C	...	C	b,c,d,f	
Hipoclorito de sodio	X	C	C	A	C	C	C	X	A	C	X	...	A	b,c,d,f	
Metanol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	...	A	a,c,e,f	
Nitrato de sodio	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	...	...	b,c,d,e,f	
Peróxido de hidrógeno	C	...	C	C	C	C	C	A	A	A	A	A	C	a,e,f	
Sulfato de aluminio	X	C	C	A	C	C	X	A	A	A	A	A	A	a,c,d,e,f	
Sulfato de amonio	C	A	C	C	A	A	C	A	A	A	A	A	A	b,c,d,e,f	
Sulfato de cinc	C	A	A	A	A	A	C	C	...	...	...	...	...	b,c,d,e,f	
Sulfato de cobre	X	C	A	A	C	C	X	X	A	A	A	X	...	b,c,d,e,f	
Sulfato de magnesio	A	A	A	A	A	A	A	A	A	...	A	...	A	b,c,e,f	
Sulfato de sodio	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	...	A	a,c,d,e,f	
Sulfato férrico	X	X	C	A	C	C	X	C	A	C	A	...	A	b,c,e,f	
Sulfato ferroso	C	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	...	C		
Sulfito de sodio	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	...	...		
Sulfuro de sodio	A	A	C	A	A	A	X	X	C	A	A	...	...	a,e,f	
Tetracloruro de carbono	C	C	C	A	A	A	C	C	A	A	A	A	C	a,f	
Sulfato de sodio	C	...	A	A	A	A	C	C	A	A	A	...	A	a,c,d,e,f	
Cloroetileno	C	A	C	A	A	A	C	C	A	A	A	...	C	a,f	

12. Fuentes de información sobre normas y códigos\*

- ASA American Standards Association (Asociación Americana de Normas). Normas para tuberías, bridas y accesorios. Publicada por la American Society of Mechanical Engineers, 29 W. 39th St., Nueva York.
- ASME American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos), Nueva York. Normas para recipientes a presión y todas las normas ASA.
- ASTM American Society for Testing Materials (Sociedad Americana para Pruebas de Materiales), 1916 Race St., Filadelfia. Normas para los metales.
- AISA American Iron and Steel Institute (Instituto Americano del Hierro y el Acero), 350 Fifth Ave., Nueva York. Manual sobre productos de acero.
- MISS Manufacturing Standardization Society of Valves and Fittings Industry (Sociedad para la Normalización de la Producción en la Industria de Válvulas y Accesorios), 420 Lexington, Ave., Nueva York. Prácticas normales.
- API American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo), 1,205 Continental Building, Dallas. Normas para el diseño de tuberías y oleoductos.
- FSSC Federal Specifications. Superintendent of Documents (Especificaciones Federales, Superintendente de Documentos), Washington, D. C. Normas para la tubería metálica.
- USN U. S. Navy, Bureau of Supplies and Accounts, and the Bureau of Ships (Armada de los Estados Unidos, Oficina de Suministros y Cuentas, y/u Oficina de Barcos), Washington, D. C. Especificaciones, normas, planos y publicaciones legalmente necesarias para el trabajo en dicha armada.

\* En *Piping Engineering*, Tube Turns, División de la National Cylinder Gas Co., Louisville, Ky., aparece un excelente resumen de los códigos y especificaciones sobre materiales para tuberías

### 13. Códigos importantes para el diseño de tuberías

ASA B 31.1-1955	Código para tubería de presión
	1. Sistemas de tuberías para cables eléctricos
	2. Sistemas de tuberías para aire y para gas
	3. Sistemas de tuberías para petróleo
	4. Sistemas de tuberías para calentamiento
	5. Sistemas de tuberías para refrigeración
	6. Detalles de fabricación
	a. Soportes, anclajes, amarras y amortiguadores de la vibración
	b. Juntas y uniones
	c. Expansión y flexibilidad.
	d. Soldadura de las uniones de tuberías
	e. Soldadura de las conexiones laterales y de accesorios especiales
	7. Materiales — sus especificaciones e identificación
USN 21Y	Código para la instalación de plantas de electricidad
API 600	Normas para válvulas
ASA B 16b-1944	Bridas y accesorios con bridas para la tubería de hierro fundido,
R1953	Clase 250
ASA B 16.5-1953	Bridas y accesorios con bridas para la tubería de acero
ASA B 16bl-1931	Bridas y accesorios con bridas para la tubería de hierro fundido
R1952	(para una presión hidráulica de 55 atm)
ASA B 16.9-1951	Accesorios de acero para soldar a tope
ASA B 16.11-1946	Accesorios de acero para enchufar y soldar
R1952	
ASA B 16.20-1950	Empaques anulares y engargoladuras para bridas para tubería de
	acero
ASA B 16.21-1951	Empaques no metálicos para bridas para tuberías
ASA B 26-1925	Conexiones para mangueras contra incendios (con rosca de tornillo)
R1947	
ASA B 36.19-1952	Tubería de acero inoxidable
ASA B 57.1-1953	Conexiones de entrada y salida para las válvulas de los cilindros
	de bases comprimidos
ASA B 60.1-1950	Válvulas de expansión para refrigerantes
ASA (sin símbolo)	Tolerancias para accesorios cilindricos (preliminar, todavía no es
	norma)

---

## PROTECCIÓN CATÓDICA

### INTRODUCCION

Se entiende por corrosión la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo el consiguiente deterioro en sus propiedades tanto físicas como químicas. Las características fundamental de este fenómeno, es que sólo ocurre en presencia de un electrolito, ocasionando regiones plenamente identificadas, llamadas estas **anódicas** y **catódicas**: una reacción de oxidación es una reacción anódica, en la cual los electrones son liberados dirigiéndose a otras regiones catódicas. En la región anódica se producirá la disolución del metal (corrosión) y, consecuentemente en la región catódica la inmunidad del metal.

Este mecanismo que es analizado desde un punto de vista termodinámico electroquímico, indica que el metal tiende a retornar al estado primitivo o de mínima energía, siendo la corrosión por lo tanto la causante de grandes perjuicios económicos en instalaciones enterradas. Por esta razón, es necesario la oportuna utilización de la técnica de **protección catódica**.

Se designa químicamente **corrosión por suelos**, a los procesos de degradación que son observados en estructuras enterradas. La intensidad dependerá de varios factores tales como el contenido de humedad, composición química, PH del suelo, etc. En la práctica suele utilizarse comúnmente el valor de la **resistividad eléctrica** del suelo como índice de su agresividad; por ejemplo un terreno muy agresivo, caracterizado por presencia de iones tales como cloruros, tendrán resistividades bajas, por la alta facilidad de transportación iónica.

La protección catódica es un método electroquímico cada vez más utilizado hoy en día, el cual aprovecha el mismo principio electroquímico de la corrosión, transportando un gran cátodo a una estructura metálica, ya sea que se encuentre enterrada o sumergida. Para este fin será necesario la utilización de fuentes de energía externa mediante el empleo de ánodos galvánicos, que difunden la corriente suministrada por un transformador-rectificador de corriente.

El mecanismo, consecuentemente implicará una migración de electrones hacia el metal a proteger, los mismos que viajarán desde ánodos externos que estarán ubicados en sitios plenamente identificados, cumpliendo así su función

A está protección se debe agregar la ofrecida por los revestimientos, como por ejemplo las pinturas, casi la totalidad de los revestimientos utilizados en instalaciones

---

enterradas, aéreas o sumergidas, son pinturas industriales de origen orgánico, pues el diseño mediante ánodo galvánico requiere del cálculo de algunos parámetros, que son importantes para proteger estos materiales, como son: **la corriente eléctrica de protección necesaria, la resistividad eléctrica del medio electrolito, la densidad de corriente, el número de ánodos y la resistencia eléctrica que finalmente ejercen influencia en los resultados.**

### PROTECCION CATODICA

La protección catódica es una técnica de control de la corrosión, que está siendo aplicada cada día con mayor éxito en el mundo entero, en que cada día se hacen necesarias nuevas instalaciones de ductos para transportar petróleo, productos terminados, agua; así como para tanques de almacenamientos, cables eléctricos y telefónicos enterrados y otras instalaciones importantes.

En la práctica se puede aplicar protección catódica en metales como acero, cobre, plomo, latón, y aluminio, contra la corrosión en todos los suelos y, en casi todos los medios acuosos. De igual manera, se puede eliminar el agrietamiento por corrosión bajo tensiones por corrosión, corrosión intergranular, picaduras o tanques generalizados.

Como condición fundamental las estructuras componentes del objeto a proteger y del elemento de sacrificio o ayuda, deben mantenerse en contacto eléctrico e inmerso en un electrolito.

Aproximadamente la protección catódica presenta sus primeros avances, en el año 1824, en que Sir. Humphrey Davy, recomienda la protección del cobre de las embarcaciones, uniéndolo con hierro o zinc; habiéndose obtenido una apreciable reducción del ataque al cobre, a pesar de que se presentó el problema de ensuciamiento por la proliferación de organismos marinos, habiéndose rechazado el sistema por problemas de navegación.

En 1850 y después de un largo período de estancamiento la marina Canadiense mediante un empleo adecuado de pinturas con antiorganismos y anticorrosivos demostró que era factible la protección catódica de embarcaciones con mucha economía en los costos y en el mantenimiento.

### FUNDAMENTO DE LA PROTECCION CATODICA

Luego de analizadas algunas condiciones especialmente desde el punto de vista electroquímico dando como resultado la realidad física de la corrosión, después de

estudiar la existencia y comportamiento de áreas específicas como **Anodo-Cátodo-Electrólito** y el mecanismo mismo de movimiento de electrones y iones, llega a ser obvio que si cada fracción del metal expuesto de una tubería o una estructura construida de tal forma de coleccionar corriente, dicha estructura no se corroerá porque sería un cátodo.

La protección catódica realiza exactamente lo expuesto forzando la corriente de una fuente externa, sobre toda la superficie de la estructura.

Mientras que la cantidad de corriente que fluye, sea ajustada apropiadamente venciendo la corriente de corrosión y, descargándose desde todas las áreas anódicas, existirá un flujo neto de corriente sobre la superficie, llegando a ser toda la superficie un cátodo.

Para que la corriente sea forzada sobre la estructura, es necesario que la diferencia de potencial del sistema aplicado sea mayor que la diferencia de potencial de las microceldas de corrosión originales.

La protección catódica funciona gracias a la descarga de corriente desde una cama de ánodos hacia tierra y dichos materiales están sujetos a corrosión, por lo que es deseable que dichos materiales se desgasten (se corroan) a menores velocidades que los materiales que protegemos.

Teóricamente, se establece que el mecanismo consiste en polarizar el cátodo, llevándolo mediante el empleo de una corriente externa, más allá del potencial de corrosión, hasta alcanzar por lo menos el potencial del ánodo en circuito abierto, adquiriendo ambos el mismo potencial eliminándose la corrosión del sitio, por lo que se considera que la protección catódica es una técnica de **POLARIZACION CATODICA**.

La protección catódica no elimina la corrosión, éste remueve la corrosión de la estructura a ser protegida y la concentra en un punto donde se descarga la corriente.

Para su funcionamiento práctico requiere de un electrodo auxiliar (ánodo), una fuente de corriente continua cuyo terminal positivo se conecta al electrodo auxiliar y el terminal negativo a la estructura a proteger, fluyendo la corriente desde el electrodo a través del electrolito llegando a la estructura.

Influyen en los detalles de diseño y construcción parámetro de geometría y tamaño de la estructura y de los ánodos, la resistividad del medio electrolito, la fuente de corriente, etc.

---

**CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA LA PROTECCION CATODICA EN  
TUBERIAS ENTERRADAS**

La proyección de un sistema de protección catódica requiere de la investigación de características respecto a la estructura a proteger, y al medio.

**RESPECTO A LA ESTRUCTURA A PROTEGER**

- a. Material de la estructura;
- b. Especificaciones y propiedades del revestimiento protector (si existe);
- c. Características de construcción y dimensiones geométricas;
- d. Mapas, planos de localización, diseño y detalles de construcción;
- e. Localización y características de otras estructuras metálicas, enterradas o sumergidas en las proximidades;
- f. Información referente a los sistemas de protección catódica, los característicos sistemas de operación, aplicados en las estructuras aledañas;
- g. Análisis de condiciones de operación de líneas de transmisión eléctrica en alta tensión, que se mantengan en paralelo o se crucen con las estructuras enterradas y puedan causar inducción de la corriente;
- h. Información sobre todas las fuentes de corriente continua, en las proximidades y pueden originar corrosión;
- i. Sondeo de las fuentes de corriente alterna de baja y media tensión, que podrían alimentar rectificadores de corriente o condiciones mínimas para la utilización de fuentes alternas de energía;

**RESPECTO AL MEDIO**

Luego de disponer de la información anterior, el diseño será factible complementando la información con las mediciones de las características campo como:

- a. Mediciones de la resistividad eléctrica a fin de evaluar las condiciones de corrosión a que estará sometida la estructura.

Definir sobre el tipo de sistema a utilizar; galvánico o corriente impresa y, escoger los mejores lugares para la instalación de ánodos;

- b. Mediciones del potencial Estructura-Electrolito, para evaluar las condiciones de corrosividad en la estructura, así mismo, detectar los problemas de corrosión electrolítica;

- 
- c. Determinación de los lugares para la instalación de ánodo bajo los siguientes principios:
    - Lugares de baja resistividad.
    - Distribución de la corriente sobre la estructura.
    - Accesibilidad a los sitios para montaje e inspección
  - d. Pruebas para la determinación de corriente necesaria; mediante la inyección de corriente a la estructura bajo estudio con auxilio de una fuente de corriente continua y una cama de ánodos provisional. La intensidad requerida dividida para área, permitirá obtener la densidad requerida para el cálculo;

## SISTEMAS DE PROTECCION CATODICA

### ANODO GALVANICO

Se fundamenta en el mismo principio de la corrosión galvánica, en la que un metal más activo es anódico con respecto a otro más noble, corroyéndose el metal anódico.

En la protección catódica con ánodo galvánicos, se utilizan metales fuertemente anódicos conectados a la tubería a proteger, dando origen al sacrificio de dichos metales por corrosión, descargando suficiente corriente, para la protección de la tubería.

La diferencia de potencial existente entre el metal anódico y la tubería a proteger, es de bajo valor porque este sistema se usa para pequeños requerimientos de corriente, pequeñas estructuras y en medio de baja resistividad.

### CARACTERISTICAS DE UN ANODO DE SACRIFICIO

- a. Debe tener un potencial de disolución lo suficientemente negativo, para polarizar la estructura de acero (metal que normalmente se protege) a  $-0.8$  V. Sin embargo el potencial no debe de ser excesivamente negativo, ya que eso motivaría un gasto superior, con un innecesario paso de corriente. El potencial práctico de disolución puede estar comprendido entre  $-0.95$  a  $-1.7$  V;
- b. Corriente suficientemente elevada, por unidad de peso de material consumido;
- c. Buen comportamiento de polarización anódica a través del tiempo;
- d. Bajo costo.

### TIPOS DE ANODOS

Considerando que el flujo de corriente se origina en la diferencia de potencial existente entre el metal a proteger y el ánodo, éste último deberá ocupar una posición más elevada en la tabla de potencias (serie electroquímica o serie galvánica).

Los ánodos galvánicos que con mayor frecuencia se utilizan en la protección catódica son: Magnesio, Zinc, Aluminio.

●**Magnesio**: Los ánodos de Magnesio tienen un alto potencial con respecto al hierro y están libres de pasivación. Están diseñados para obtener el máximo rendimiento posible, en su función de protección catódica.

Los ánodos de Magnesio son apropiados para oleoductos, pozos, tanques de almacenamiento de agua, incluso para cualquier estructura que requiera protección catódica temporal.

Se utilizan en estructuras metálicas enterradas en suelo de baja resistividad hasta 3000 ohmio-cm.

●**Zinc** : Para estructura metálica inmersas en agua de mar o en suelo con resistividad eléctrica de hasta 1000 ohm-cm

●**Aluminio**: Para estructuras inmersas en agua de mar.

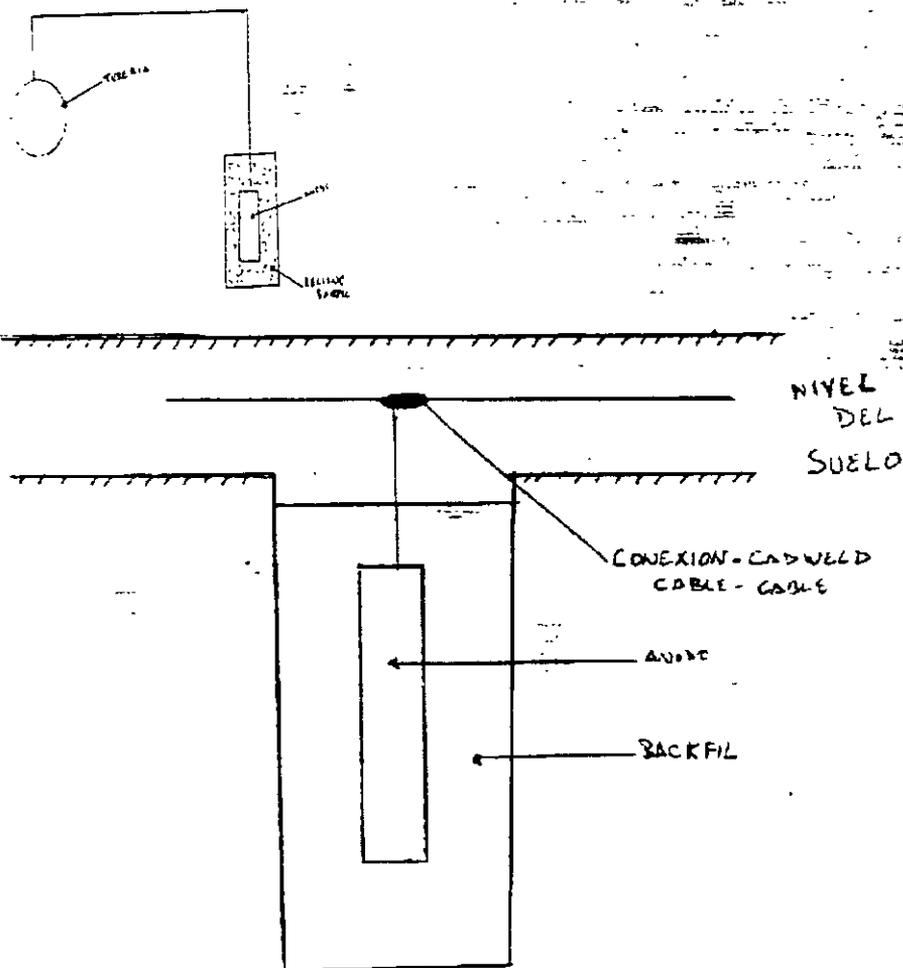
### **RELLENO BACKFILL**

Para mejorar las condiciones de operación de los ánodos en sistemas enterrados, se utilizan algunos rellenos entre ellos el de **Backfill** especialmente con ánodos de Zinc y Magnesio, estos productos químicos rodean completamente el ánodo produciendo algunos beneficios como:

- a. Promover mayor eficiencia;
- b. Desgaste homogéneo del ánodo;
- c. Evita efectos negativos de los elementos del suelo sobre el ánodo;
- d. Absorben humedad del suelo manteniendo dicha humedad permanente.

La composición típica del Backfill para ánodos galvánicos está constituida por yeso ( $\text{CaSO}_4$ ), bentonita, sulfato de sodio, y la resistividad de la mezcla varía entre 50 a 250 ohm-cm.

### **DISEÑO DE INSTALACION PARA ANODO GALVANICO**



### CARACTERISTICAS DE LOS ANODOS GALVANICOS

	ANODO ZINC	ANODO MAGNESIO	ANODO ALUMINIO
EFICIENCIA	95%	50%	95%

RENDIMIENTO AM-HR/KG	778	1102	2817
CONTENIDO DE ENERGIA AM-HR/KG	820	2204	2965
POTENCIAL DE TRABAJO (VOLTI O)	-1.10	-1.45 A -1.70	-1.10
RELLENO	50 % YESO ;50 % Benton ita	75 % Yeso;20 % Bentonita;5 % SO <sub>4</sub> Na <sub>2</sub>	

### **CORRIENTE IMPRESA**

En este sistema se mantiene el mismo principio fundamental, pero tomando en cuenta las limitaciones del material, costo y diferencia de potencial con los ánodos de sacrificio, se ha ideado este sistema mediante el cual el flujo de corriente requerido, se origina en una fuente de corriente generadora continua regulable o, simplemente se hace uso de los rectificadores, que alimentados por corriente alterna ofrecen una corriente eléctrica continua apta para la protección de la estructura.

La corriente externa disponible es impresa en el circuito constituido por la estructura a proteger y la cama anódica.

La dispersión de la corriente eléctrica en el electrolito se efectúa mediante la ayuda de ánodos inertes cuyas características y aplicación dependen del electrolito.

El terminal positivo de la fuente debe siempre estar conectado a la cama de ánodo, a fin de forzar la descarga de corriente de protección para la estructura.

Este tipo de sistema trae consigo el beneficio de que los materiales a usar en la cama de ánodos se consumen a velocidades menores, pudiendo descargar mayores cantidades de corriente y mantener una vida más amplia.

En virtud de que todo elemento metálico conectado o en contacto con el terminal positivo de la fuente e inmerso en el electrolito es un punto de drenaje de corriente forzada y por lo tanto de corrosión, es necesario el mayor cuidado en las instalaciones y la exigencia de la mejor calidad en los aislamientos de cables de interconexión

### **ANODOS UTILIZADOS EN LA CORRIENTE IMPRESA**



- 
- a. **Chatarra de hierro:** Por su economía es a veces utilizado como electrodo dispersor de corriente

Este tipo de ánodo puede ser aconsejable su utilización en terrenos de resistividad elevada y es aconsejable se rodee de un relleno artificial constituido por carbón de coque.

El consumo medio de estos lechos de dispersión de corriente es de 9 Kg/Am\*Año

- b. **Ferrosilicio:** Este ánodo es recomendable en terrenos de media y baja resistividad. Se coloca en el suelo hincado o tumbado rodeado de un relleno de carbón de coque.

A intensidades de corriente baja de 1 Amp, su vida es prácticamente ilimitada, siendo su capacidad máxima de salida de corriente de unos 12 a 15 Amp por ánodo. Su consumo oscila a intensidades de corriente altas, entre 0.5 a 0.9 Kg/Amp\*Año.

Su dimensión más normal es la correspondiente a 1500 mm de longitud y 75 mm de diámetro.

- c. **Grafito:** Puede utilizarse principalmente en terrenos de resistividad media y se utiliza con relleno de grafito o carbón de coque.

Es frágil, por lo que su transporte y embalaje debe ser de cuidado. Sus dimensiones son variables, su longitud oscila entre 1000-2000 mm, y su diámetro entre 60-100 mm, son más ligeros de peso que los ferrosilicios.

La salida máxima de corriente es de 3 a 4 amperios por ánodo, y su desgaste oscila entre 0.5 y 1 Kg/Am\*Año

- d. **Titanio-Platinado:** Este material está especialmente indicado para instalaciones de agua de mar, aunque sea perfectamente utilizado en agua dulce o incluso en suelo.

Su característica más relevante es que a pequeños voltajes (12 V), se pueden sacar intensidades de corriente elevada, siendo su desgaste perceptible. En agua de mar tiene, sin embargo, limitaciones en la tensión a aplicar, que nunca puede pasar de 12 V, ya que ha tensiones más elevadas podrían ocasionar el despegue de la capa de óxido de titanio y, por lo tanto la

deterioración del ánodo. En aguas dulce que no tengan cloruro pueden actuar estos ánodos a tensiones de 40-50 V.

### FUENTE DE CORRIENTE

- **EL RECTIFICADOR:** Es un mecanismo de transformación de corriente alterna a corriente continua, de bajo voltaje mediante la ayuda de diodos de rectificación, comúnmente de selenio o silicio y sistemas de adecuación regulable manual y/o automática, a fin de regular las características de la corriente, según las necesidades del sistema a proteger

Las condiciones que el diseñador debe estimar para escoger un rectificador son:

1. Características de la corriente alterna disponible en el área (voltios, ciclos, fases);
  2. Requerimiento máximo de salida en C.D (Amperios y Voltios);
  3. Sistemas de montaje: sobre el piso, empotrado en pared, en un poste;
  4. Tipos de elementos de rectificación: selenio, silicio;
  5. Máxima temperatura de operación;
  6. Sistema de seguridad: alarma, breaker, etc;
  7. Instrumentación: Voltímetros y Amperímetros, sistemas de regulación;
- **OTRAS FUENTES DE CORRIENTES:** Es posible que habiendo decidido utilizar el sistema de corriente impresa, no se disponga en la zona de líneas de distribución de corriente eléctrica, por lo que sería conveniente analizar la posibilidad de hacer uso de otras fuentes como:
    - i. Baterías, de limitada aplicación por su bajo drenaje de corriente y vida limitada;
      - ii. Motores generadores;
      - iii. Generadores termoeléctricos;

### COMPARACION DE LOS SISTEMAS

A continuación se detalla las ventajas y desventajas de los sistemas de protección catódica;

### ANODOS GALVANICOS

1. No requieren potencia externa;

2. Voltaje de aplicación fijo;
3. Amperaje limitado;
4. Aplicable en casos de requerimiento de corriente pequeña, económico hasta 5 amperios;
5. Util en medios de baja resistividad;
6. La interferencia con estructuras enterradas es prácticamente nula;
7. Sólo se los utiliza hasta un valor límite de resistividad eléctrica hasta 5000 ohm-cm;
8. Mantenimiento simple;

### CORRIENTE IMPRESA

1. Requiere potencia externa;
2. Voltaje de aplicación variable;
3. Amperaje variable;
4. Util en diseño de cualquier requerimiento de corriente sobre 5 amperios;
5. Aplicables en cualquier medio;
6. Es necesario analizar la posibilidad de interferencia;
7. Sirve para áreas grandes;
8. Mantenimiento no simple;
9. Resistividad eléctrica ilimitada;
10. Costo alto de instalación

### MEDIAS CELDAS DE REFERENCIA

La fuerza electromotriz (FEM) de una media celda como constituye el sistema Estructura-Suelo o independientemente el sistema cama de Anodos-Suelo, es posible medirla mediante la utilización de una media celda de referencia en contacto con el mismo electrolito.

Las medias celdas más conocidas en el campo de la protección catódica son:

- **HIDROGENO O CALOMELO**( $H^+/H_2$ )
- **ZINC PURO** ( $Zn/Zn^{++}$ )
- **PLATA-CLORURO DE PLATA**( $Ag/AgCl$ )
- **COBRE-SULFATO DE COBRE**( $Cu/SO_4Cu$ )

La media celda de **Hidrógeno** tiene aplicación práctica a nivel de laboratorio por lo exacto y delicado. También existen instrumentos para aplicación de campo,



constituida por solución de mercurio, cloruro mercurioso, en contacto con una solución saturada de cloruro de potasio que mantiene contacto con el suelo.

La media celda de **Zinc puro** para determinaciones en suelo, siendo condición necesaria para el uso un grado de pureza de 99.99%, es utilizado en agua bajo presiones que podrían causar problemas de contaminación en otras soluciones y también como electrodos fijos.

La media celda **Plata-Cloruro de plata** de poco uso pese a ser muy estable, se utilizan especialmente en instalaciones marinas.

Más comúnmente utilizados en los análisis de eficiencia de la protección catódica son las medias celdas de **Cobre-Sulfato de cobre** debido a su estabilidad y su facilidad de mantenimiento y reposición de solución

La protección del acero bajo protección catódica se estima haber alcanzado el nivel adecuado cuando las lecturas del potencial-estructura-suelo medidos con las diferentes celdas consiguen los siguientes valores:



Ag-AgCl -0.800V

Cu-SO<sub>4</sub>Cu -0.850V

Calomel -0.77V

Zn puro +0.25V

## CRITERIOS DE PROTECCION

Cuando se aplica protección catódica a una estructura, es extremadamente importante saber si esta se encontrará realmente protegida contra la corrosión en toda su plenitud.

Varios criterios pueden ser adoptados para comprobar que la estructura en mención está exenta de riesgo de corrosión, basados en unos casos en función de la **densidad de corriente de protección aplicada** y otros en función de los **potenciales de protección obtenidos**.

No obstante, el criterio más apto y universalmente aceptado es el de **potencial mínimo** que debe existir entre la **estructura y terreno**, medición que se realiza con un

electrodo de referencia. El criterio de potencial mínimo se basa en los estudios realizados por el Profesor **MICHAEL POURBAIX**, en 1939, quien estableció a través de un diagrama de potencial de electrodo Vs pH del medio, un potencial mínimo equivalente a -850 mv con relación al electrodo de referencia cobre-sulfato de cobre, observando una zona definida por la inmunidad del acero.

Los criterios de potencial mínimo de protección que se utilizará es de -850 mv respecto al  $\text{Cu}/\text{SO}_4\text{Cu}$  como mínimo y permitiendo recomendar así mismo, un máximo potencial de protección que pueda estar entre los 1200 mv a -1300 mv, sin permitir valores más negativos, puesto que se corre el riesgo de sobre protección, que afecta de sobre manera al recubrimiento de la pintura, ya que hay riesgos de reacción catódica de reducción de hidrógeno gaseoso que se manifiesta como un ampollamiento en la pintura.

### RESISTIVIDAD DEL SUELO

Cuando se diseña protección catódica o simplemente cuando se estudia la influencia de la corrosión en un medio en el cual se instalará equipos o se tenderá una línea, es necesario investigar las características del medio, entre estas características, relacionada directamente con el fenómeno corrosivo se encuentra la resistividad del medio.

La resistividad es la recíproca de la conductividad o capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica.

En la práctica se ejecutan medidas de resistencia de grandes masas de material y se calcula un valor promedio para el mismo.

Las áreas de menor resistividad son las que tienden a crear zonas anódicas en la estructura, pero así mismo son las zonas más aptas para instalación de las camas de ánodos

En la práctica se realiza esta medida empleando un voltímetro y un amperímetro o bien instrumentos especiales como el Vibro-Graund complementados mediante un equipo de cuatro picas o electrodo directamente en el campo y mediante el Soil Box en laboratorio.

Cuando se ejecuta en el campo, el método consiste en introducir en el suelo 4 electrodos separados por espaciamientos iguales, los espaciamientos representan la profundidad hasta lo que se desea conocer la resistividad este espaciamiento se lo representa con (d).

Se calcula la resistividad aplicando la siguiente fórmula:  $rs = 2 \cdot 3.1416 \cdot d \cdot Resistencia$ .

Resistividad ohm-cm	Características
bajo 900	Muy corrosivo
900 a 2300	Corrosivo
2300 a 5000	Moderadamente corrosivo
5000 a 10000	Medio corrosivo
Sobre 10000	Menos corrosivo

## INHIBIDORES CONTRA LA CORROSIÓN

### **INFLEX 85**

Inhibidor de corrosión para ácido clorhídrico. Protege el metal base contra la acción corrosiva del ácido, permitiéndole solamente la disolución de sales de calcio y óxido. Util en mantenimiento de calderas y torres de enfriamiento, decapado de metales, etc.

### **INFLEX 90**

Inhibidor de corrosión para ácido sulfúrico y cítrico. Actúa como un inhibidor del efecto corrosivo de los ácidos sobre el metal base. Util en metales ferrosos y cobre y decapados de acero.

### **PREVEN SEF 1020**

Inhibidor de corrosión en metales ferrosos. Pasivador de ácidos en procesos de decapado, proporciona protección anticorrosiva hasta por 15 días después del desoxido al neutralizar el ácido residual.

### **PREVEN SEF V-Bo**

Inhibidor de corrosión para torres de enfriamiento y sistemas cerrados de intercambio de calor. Formulado a base de una combinación boro-nítro. Disminuye la formación de incrustaciones y protege contra la formación de óxido en el metal base.

## **PAPELES ANTICORROSIVOS : FATEPSA - I. V. C.**

*¿Que es FATEPSA IVC ?*

Un INHIBIDOR VOLATIL de

**CORROSIÓN** concentrado en un papel tratado químicamente que actúa protegiendo a las piezas metálicas contra la corrosión y la oxidación que pueden ser afectadas por la humedad y el oxígeno del medio ambiente.

*¿Para que sirve?*

Para inhibir la corrosión y oxidación de piezas metálicas de manera económica y sencilla, permitiendo el empleo y utilización de las mismas con el simple retiro del papel envolvente sin necesidad de limpieza previa o

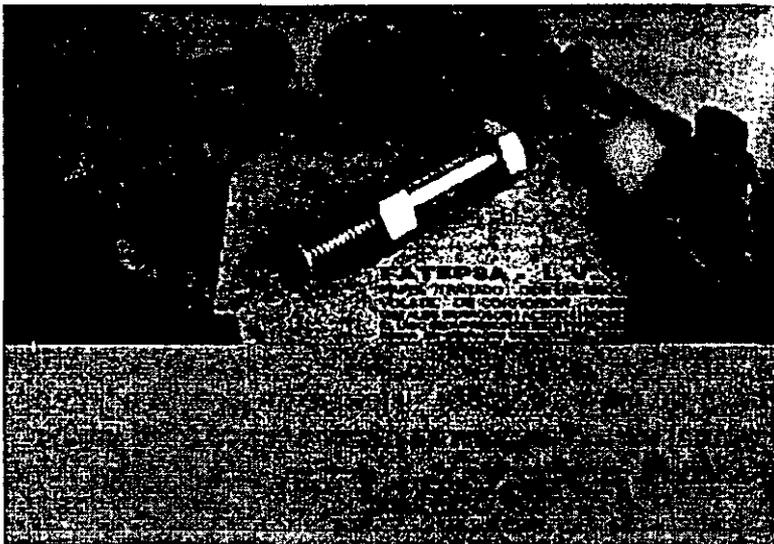
habilitación alguna adicional. No interfiere en procesos de soldadura, pintura o recubrimiento en general. Es simple de uso y suministra una buena protección anticorrosiva a un bajo costo por un periodo prolongado de meses o años dependiendo de la cantidad que se use para un volumen confinado previamente establecido y que se mantenga sellado.

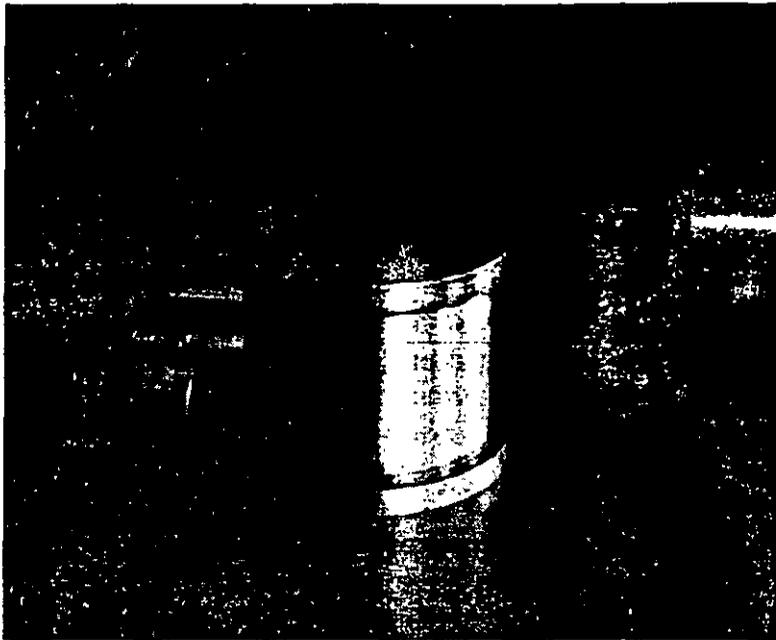
#### *¿Como ocurre la Corrosión?*

La corrosión se inicia por un proceso electroquímico, ocasionado por la humedad y el oxígeno del medio ambiente cuando pequeñas cantidades de un electrolito (humedad ambiente) actúa sobre una superficie metálica no protegida, provocando que los electrones fluyan en función del diferencial de energía existente para llegar a un equilibrio energético, favoreciéndose una acelerada oxidación por la presencia del oxígeno libre del aire del medio ambiente que está en contacto con el metal.

#### *¿Como funciona?*

Vía la inhibición del flujo de electrones, parando el proceso electroquímico inicial por medio de la formación de una capa protectora que actúa como una doble barrera al flujo de electrones y al oxígeno circundante, debido a un proceso de sublimación de los componentes inhibidores. Al envolver una pieza con FATEPSA-I.V.C. se inicia inmediatamente la protección de la misma y la gama de volatilidades de sus diferentes componentes (aminas, benzoatos, triazoles, etc) permite el prolongado efecto de la protección deseada.





### *¿Como se usa FATEPSA-I.V.C.?*

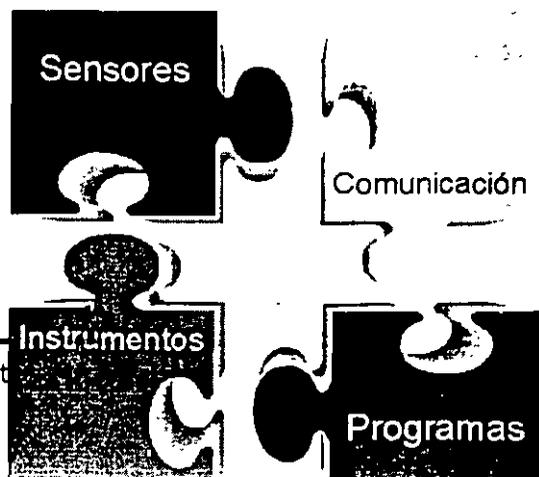
Envolviendo las partes metálicas con el papel FATEPSA - I.V.C. Se recomienda, para una óptima protección, que el papel esté en contacto con las partes metálicas aún y cuando su efecto protector le permite estar a una distancia máxima de 30 centímetros. El efecto protector será mejor y más prolongado si las piezas metálicas se encuentran perfectamente empacadas y se evita así que los vapores desprendidos del papel protector escapen del volúmen confinado para el cual fueron previstos. Se recomienda usar de 6.5 a 9.8 mt<sup>2</sup> de FATEPSA-I.V.C. por mt<sup>3</sup> de volúmen confinado en el cual se van a encontrar las piezas a proteger. Se recomienda mantener el papel FATEPSA-I.V.C. almacenado en un lugar seco, fresco y evitando el contacto con la luz solar. Previo a su uso es conveniente hacer pruebas de compatibilidad en nuevas aplicaciones para lograr los mejores resultados.

**SER-AD FA 179**

Es recomendado como un inhibidor de corrosión para sistemas de pintura acuosos para contraatacar la oxidación instantánea. También es recomendado para inhibir la formación de corrosión dentro de la lata.

### Sistemas Integrados para el Control de la Corrosión

Un sistema integrado de control anticorrosivo está compuesto de varios elementos enlazados entre sí y cuya efectividad sólo puede lograrse



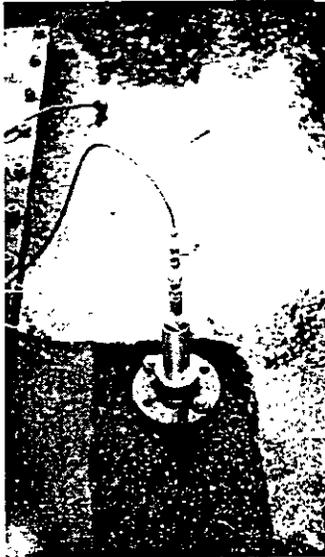
---

mediante su correcta integración:

- **Sensores de Corrosión**
- **Medición *en-línea* de la Corrosión**
- **Instrumentación y Software**

---

### **Sensores de Corrosión**



Los sensores de la corrosión permiten detectar en tiempo real el estado de una estructura metálica debido a una actividad electroquímica en el sitio mismo al que se encuentra expuesta aquella. Al ser la corrosión de naturaleza electroquímica los sensores de este tipo actúan como si formaran parte de la estructura metálica, con la ventaja de estar comunicados a instrumentos que registran una señal la cual es transmitida a través de un sistema de comunicación y analizada para ser transformada en un diagnóstico. Este último permitirá a su vez tomar las medidas necesarias para modificar una situación nociva para la integridad de la estructura mediante acciones directas.

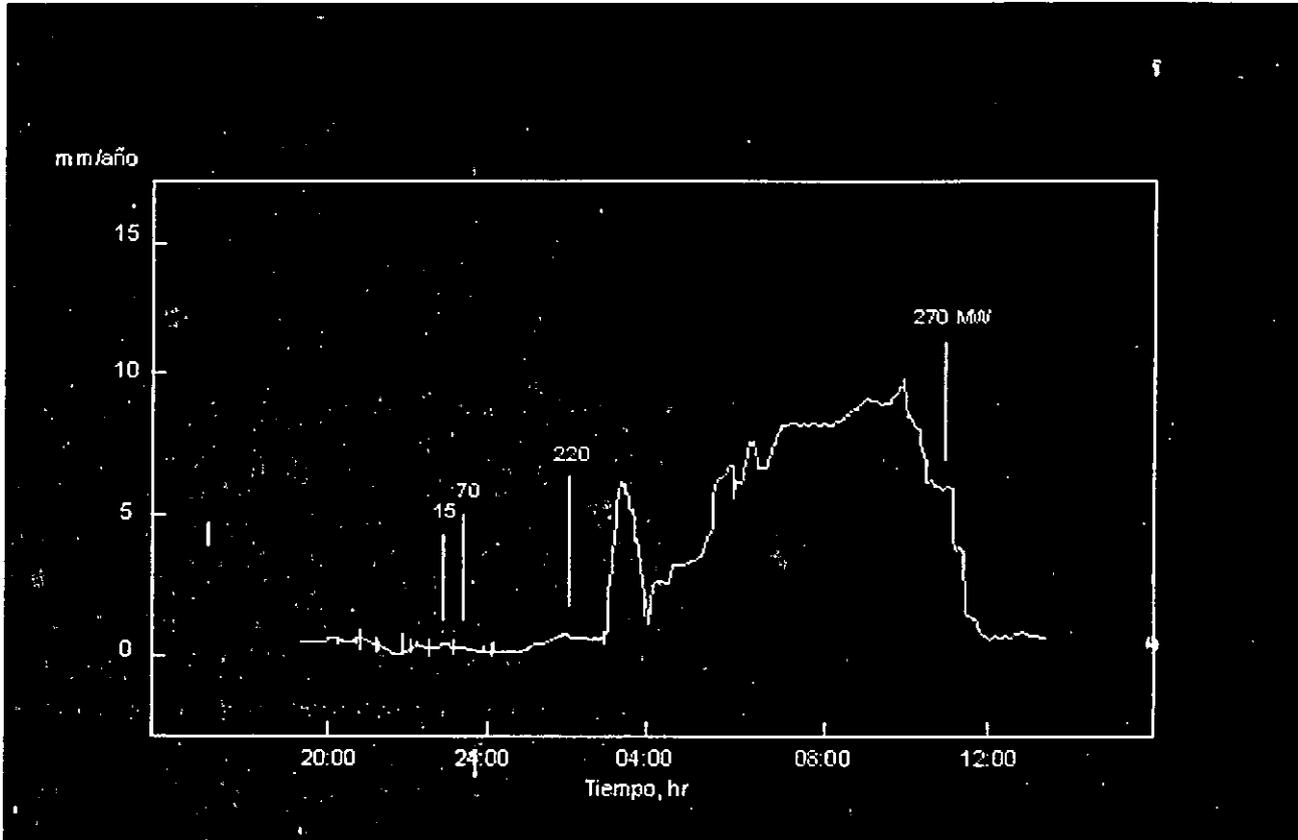
Los sensores en un sistema de control de corrosión son los "ojos" del mismo y como tales deben de ser adecuados para cada caso particular.

*Sensor utilizado en un precalentador de aire regenerativo de una central termoeléctrica.*

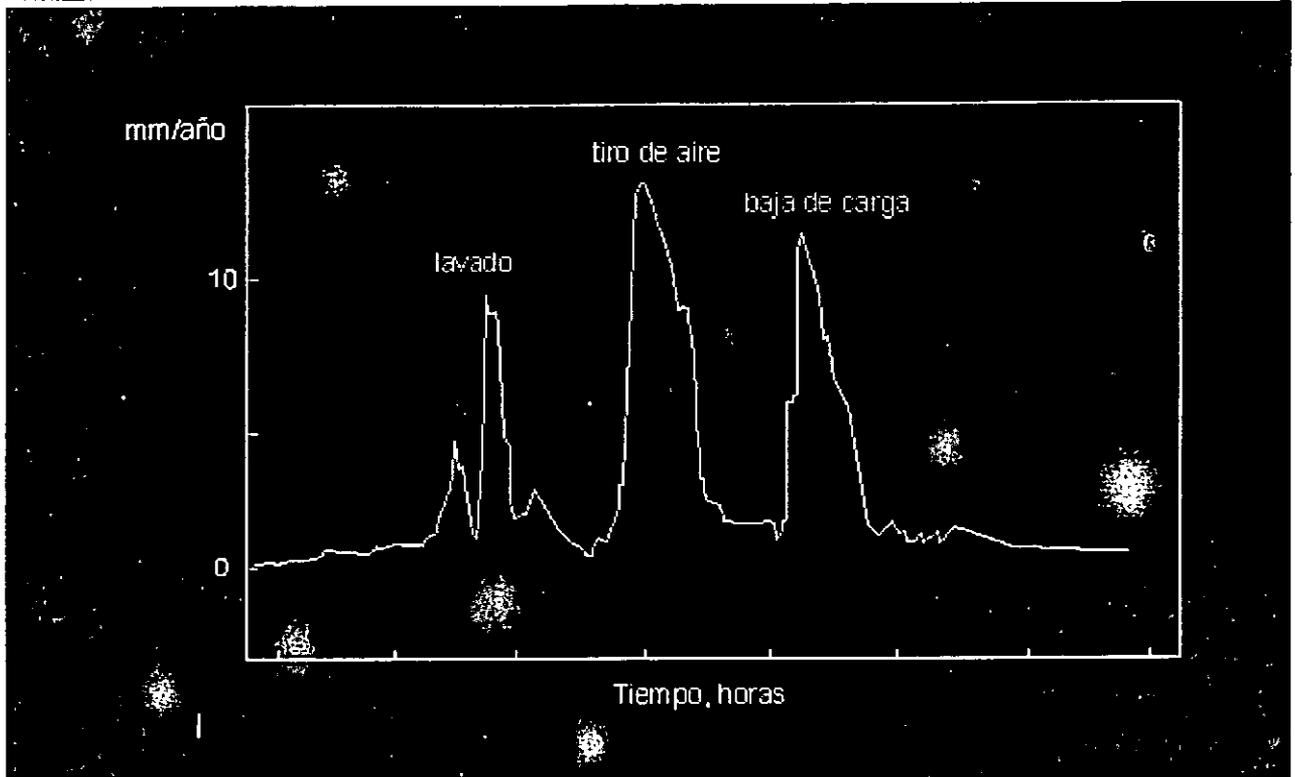
### **Medición *en-línea* de la Corrosión**

La señal medida a través de un sensor de corrosión puede ser transformada en una serie de parámetros que permiten realizar un diagnóstico. Uno de estos parámetros es la velocidad de corrosión instantánea que permite relacionar operaciones de

proceso con su efecto en el deterioro de una estructura metálica.-



*Velocidades de corrosión (mm/año) en tiempo real de una estructura metálica en contacto con gases corrosivos, como función de la carga en una unidad termoeléctrica (MW generados).*



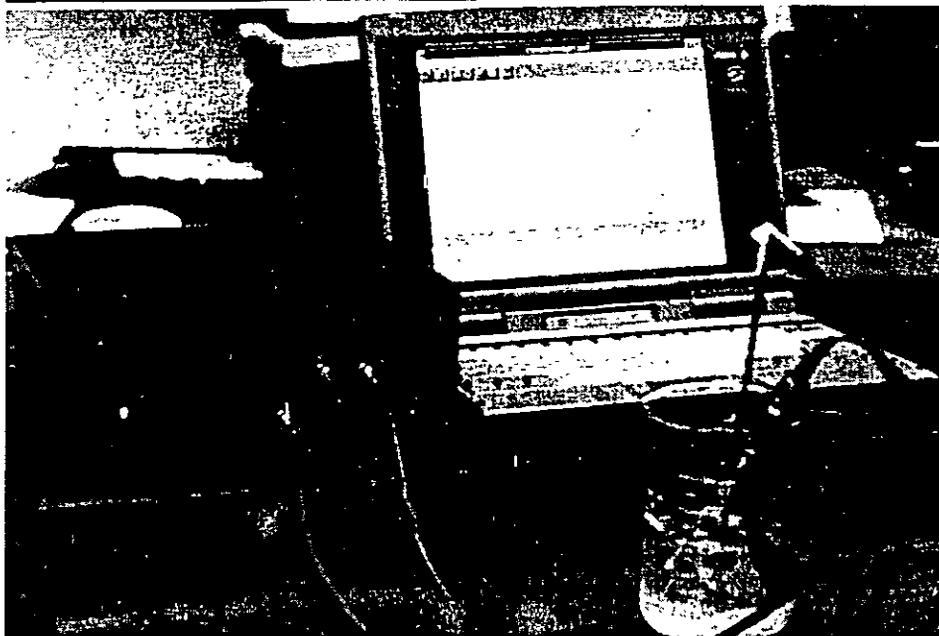
***Efecto de varias operaciones en una central termoeléctrica sobre la velocidad de corrosión de un intercambiador de calor de aire.***

### **Instrumentación y Software**

Un sistema integral para el control de la Corrosión incluye, además de sensores, instrumentos que permiten aplicar las técnicas electroquímicas necesarias que se requieren en cada caso particular y un subsistema que transforme la información adquirida en un lenguaje que el usuario entienda, i.e. gráficas, diagnósticos, velocidades de corrosión, etc. Uno de los instrumentos más comunes en el área de electroquímica es aquel conocido como potencióstato, el que conectado a los sensores permite controlar y medir señales eléctricas relacionadas con las técnicas empleadas y con la respuesta ó medición de los sensores.

Un equipo como éste, ha sido realizado en el I.I.E. en el grupo de Ensayos no destructivos de la Unidad de Procesos

Químicos en cercana colaboración con el grupo de Electroquímica y Corrosión: el potencióstato PAPP.

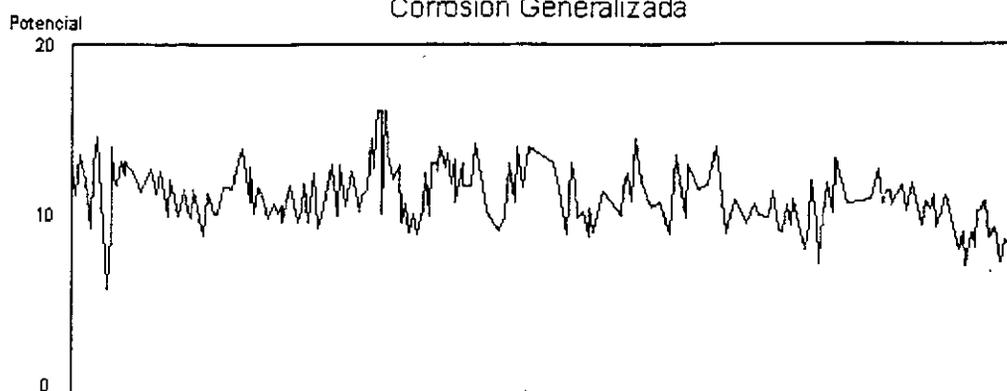
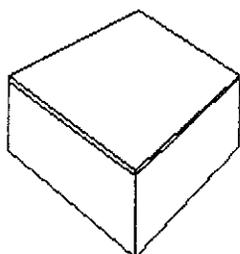
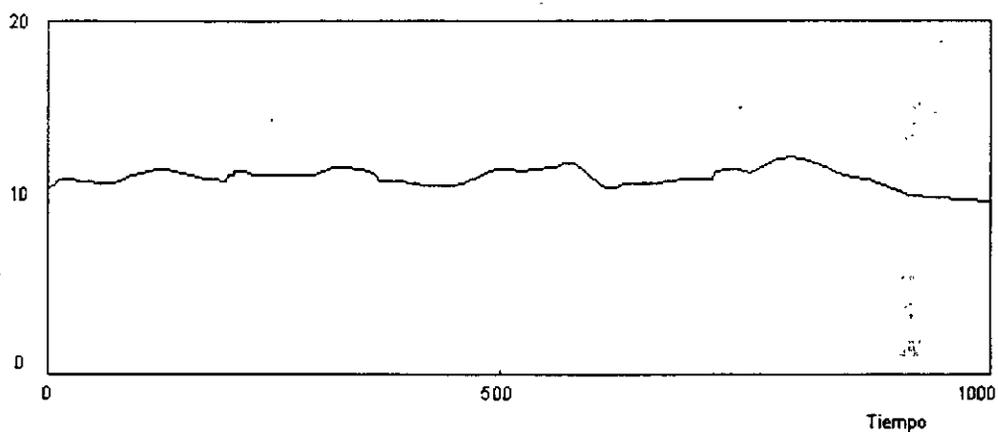
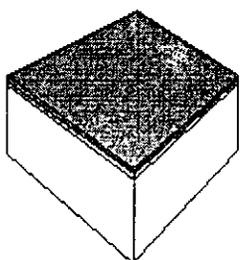


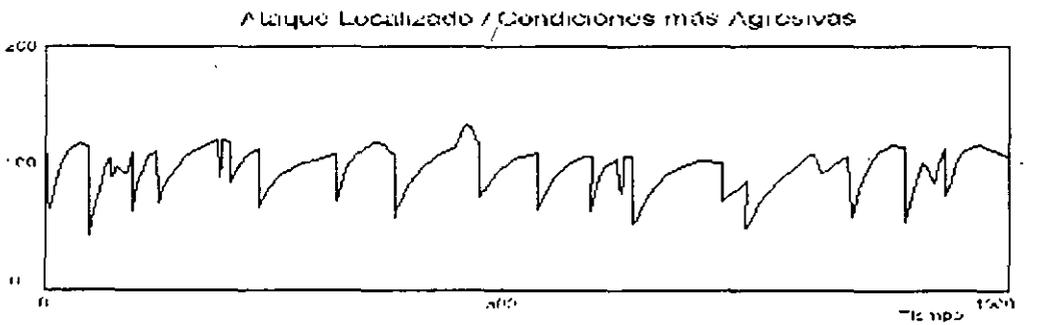
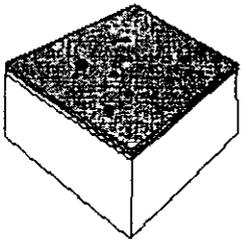
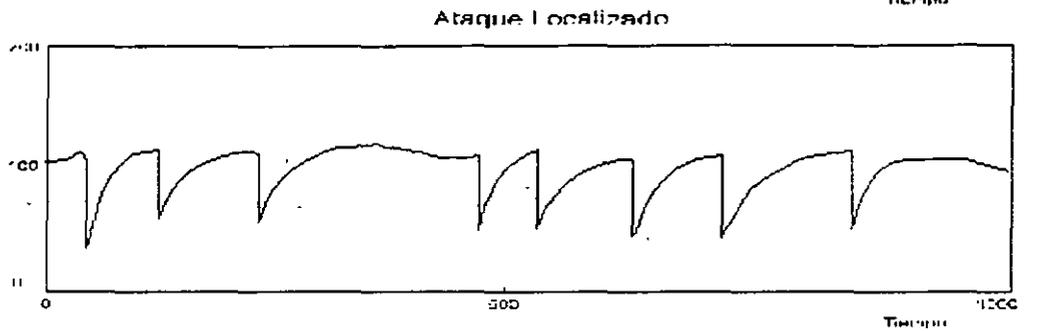
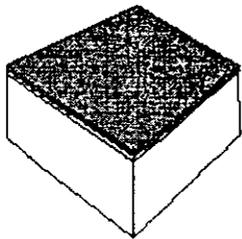
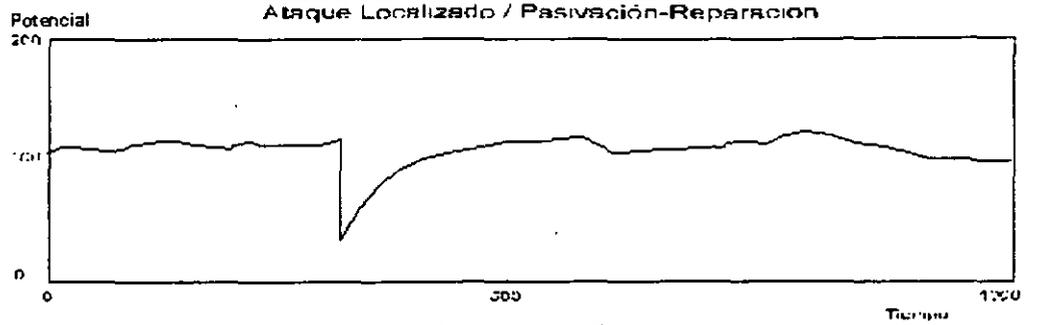
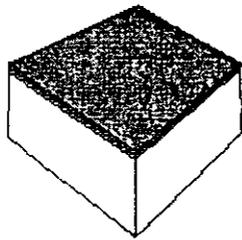
*Muestra de una  
Curva de  
Polarización  
(ramas anódica y  
catódica)  
empleando  
el potenciostato  
PAPP*

A través de instrumentación como el potenciostato y software, i.e. un controlador (PC), uno puede integrar junto con los sensores adecuados, un sistema de monitoreo en tiempo real (*en-línea*) capaz de detectar velocidades de corrosión instantáneas, diagnosticar morfología del ataque corrosivo en la estructura monitoreada (y por lo tanto severidad de la corrosión), así como puede ser integrado a un sistema que permita realizar cambios operativos que minimicen el deterioro. Este último componente debe estar integrado en el software y debe, a través de criterios adecuados, ser capaz de tomar decisiones y acciones (en ocasiones supervisadas por el propio personal de planta) correctivas.

### **Morfología del Daño por Corrosión**

Entre los criterios que un sistema integrado debe contener se encuentran aquellos que le permiten al mismo determinar si el deterioro por corrosión se está dando de manera general ó localizada. Esto por lo general se logra a través de patrones de corrosión y análisis de datos obtenidos mediante sensores, en conjunto además con otros datos como velocidades de corrosión, etc. Ejemplos de dichos patrones pueden ser:

**Corrosion Generalizada****Sistema Pasivo**





EXPLORACION Y PRODUCCION  
UNIDAD DE PERFORACION  
Y MANTTO DE POZOS

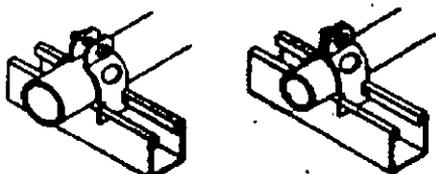
## MANUAL DEL DIPLOMADO EN ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO



---

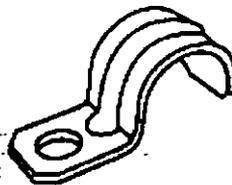
### SOPORTERÍA

## Abrazaderas



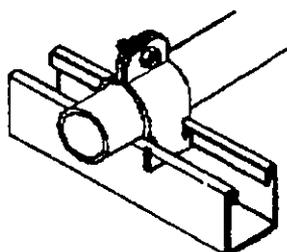
### Unicanal

Tamaños desde 1/2" hasta 12"  
 De 13 a 300 mm.



### Uñas HW

Para conduit pared gruesa (HW)  
 y tubo Cedula 40/80  
 Tamaños desde 3/8 hasta 4"  
 de 10 a 100 mm.



### Abrazadera Unicanal Serie AU

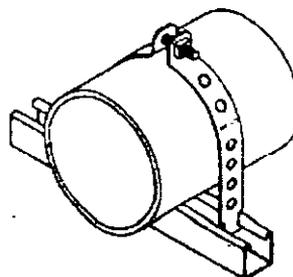
Diseño tradicional

Ajuste perfecto en conduit pared  
 gruesa y tubo C. 40 / 80.

Tamaño y marca estampados en cada  
 pieza.

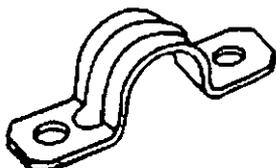
Empacadas en bolsas con 25 juegos  
 (2 mitades, tornillo y tuerca) para  
 facilitar manejo.

Las bolsas se surten en cajas y éstas  
 en cartones múltiples para embarque.



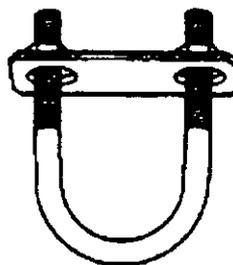
### Abrazadera Unicanal Serie AG

Para conduit y tubo  
 En tamaños de 63 mm (2 1/2) y  
 mayores, el diámetro exterior del  
 conduit pared delgada (EMT) es igual  
 al diámetro exterior del tubo C. 40 / 80  
 y del conduit pared gruesa (HW).



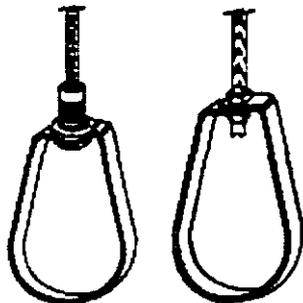
### Abrazadera Omega

Para conduit pared gruesa (HW)  
 y tubo Cedula 40/80  
 Tamaños desde 1/2" hasta 8"  
 de 13 a 200 mm

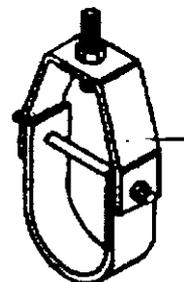


### Abrazadera U roscada

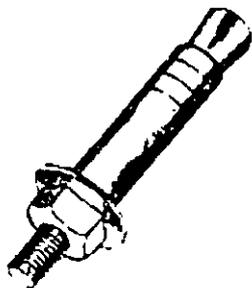
Comerciales galvanizadas  
 Tamaños desde 1/2" hasta 8"  
 de 13 a 200 mm.

**Colgador tipo Pera**

Para colgar tubo conduit o tubo con  
barra roscada  
Tamaños desde 1/2" hasta 8"  
de 13 a 200 mm.

**Colgador tipo Clevis  
comercial**

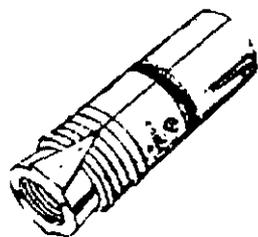
Tamaños desde 1/2" hasta 8"  
de 13 a 200 mm.

**Anclas TX**

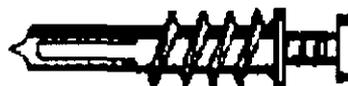
Tipo comercial, camisa y rendana  
reforzada  
Tamaños desde 1/4" hasta 3/4"  
de 6.5 a 9 mm.

**Anclas Arpón**

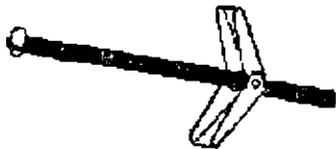
Cuerda del mismo tamaño que la  
base, permite instalación pasante sin  
mover objeto a fijar  
Exclusivas aletas arpón, evitan  
rotación al comenzar a expandir  
Incluye tuerca y rondana.

**Taquetes de Expansión****Expansores Z**

Moldeados en aleación de zinc/cincho  
de acero templado.  
Tamaños desde 3/16" hasta 3/4", de  
4.7 a 19 mm.

**Tablaquetes TQ**

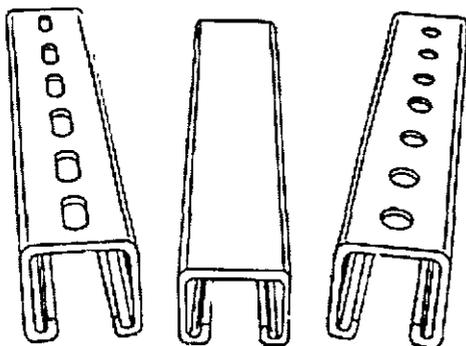
Se instala en tablaroca sin perforación  
previa  
Instalar con desarmador de cruz del  
numero 2.



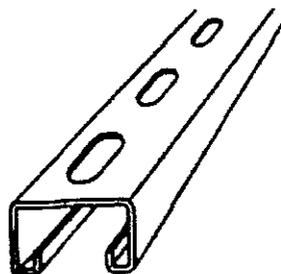
**Sujetador Mariposa**  
Para materiales con cavidades

## Perfil Unicanal

Utilizados básicamente en instalaciones eléctricas y otras instalaciones ligeras, los unicanales fabricados en material de 1.9 mm de espesor (C.14) también se utilizan con conexiones para fabricar estructuras livianas.

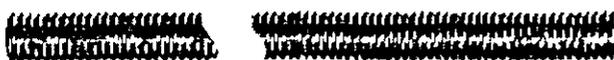


**Perfoval comercial**  
Fabricado en material 1.9 mm.  
(c.14)  
UO 4 x 2 x 3 mts.  
UO 4 x 4 x 3 mts.

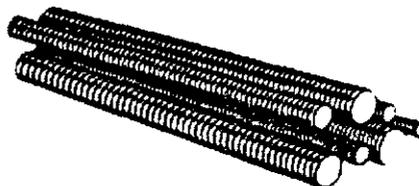


**Perfil unicanal Perfoval**  
Perforación ovalada facilita y acelera  
instalación.  
Elimina peligroso y costoso taladro  
en obra.  
Reduce el peso de instalación  
Perforaciones de 38 x 14 mm (1 1/2  
x 9/16) a 51 mm. (2") entre centros

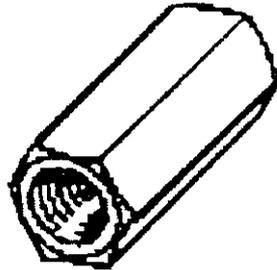
## Barras Roscadas galvanizadas



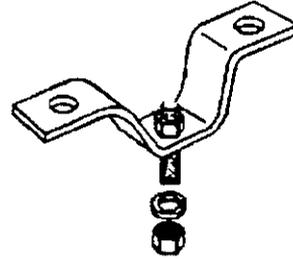
**Barra Roscada**  
Serie 10, para instaladores



Medidas desde 1/4" hasta 1" de


**Cople Hexagonal**

Para unir tramos de barras roscadas

 grueso por 1 metro de largo  
 Medidas desde 1/4" hasta 1" por  
 3 metros de largo

**Clip Fijabarra**

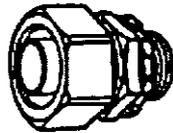
 Para fijar a estructuras de  
 concreto.

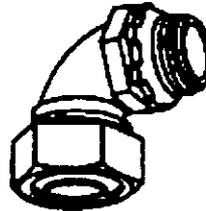
 Doble anclaje para mayor  
 seguridad.

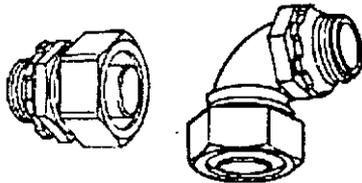
Permite ajuste superior

 No incluye barra roscada, tuercas  
 ni rondanas

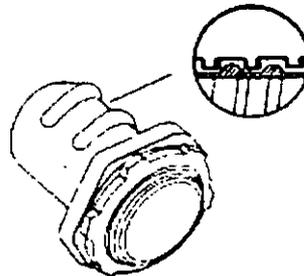
## Conectores Conduit


**Conector Recto Licuatite**

 HLR desde 3/8" hasta 4" de 10 a 100  
 mm.

**Conector Curvo Licuatite**

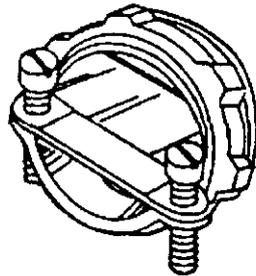
 Tamaños de 3/8" a 2 1/2",  
 de 10 mm. a 63 mm.

**Conectores HERMET**

Con empaques

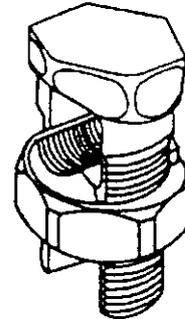
 Para conduit metálico flexible a prueba  
 de líquidos LIQUIDTIGHT / LICUATITE  
 / ULTRATIT.

**Conectores FXE**

Para poliducto y HELIX

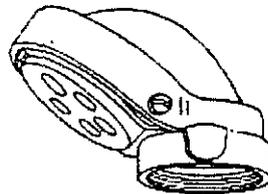
Se enroscan en el interior del conduit



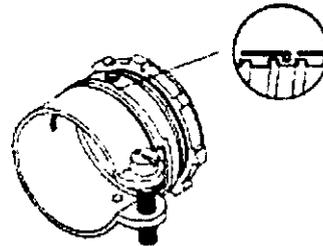
**Conector Uso Rudo**  
Para cables uso rudo UF y ROMEX.  
Incluye contratuerca.  
Tornillos cabeza alta.



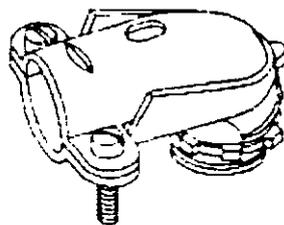
**Conectores Bipartidos**  
Para cables de cobre  
El tamaño nominal es el tamaño  
máximo de dos cables iguales que se  
pueden prensar.



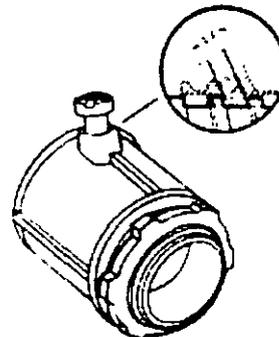
**Mufa con cuerda**



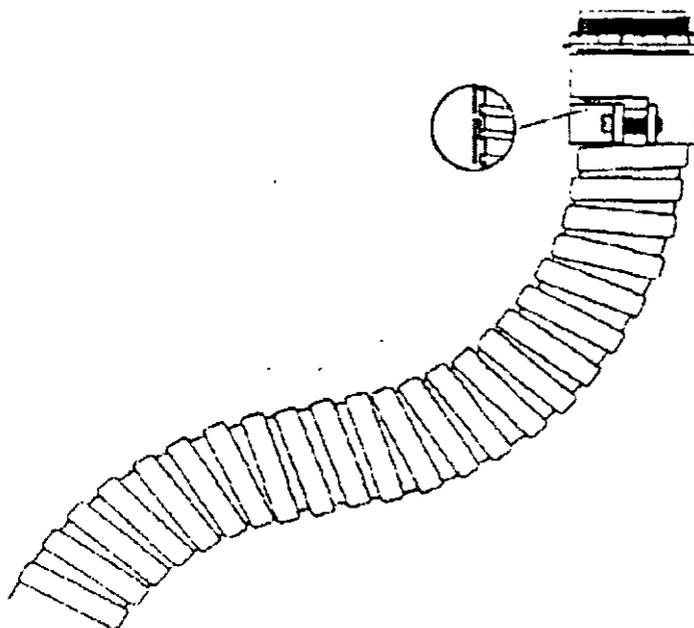
**Conectores Helix Rectos**  
Exclusiva uña de agarre integral  
Para conduit metálico flexible HELIX /  
ZAPA / PLICA



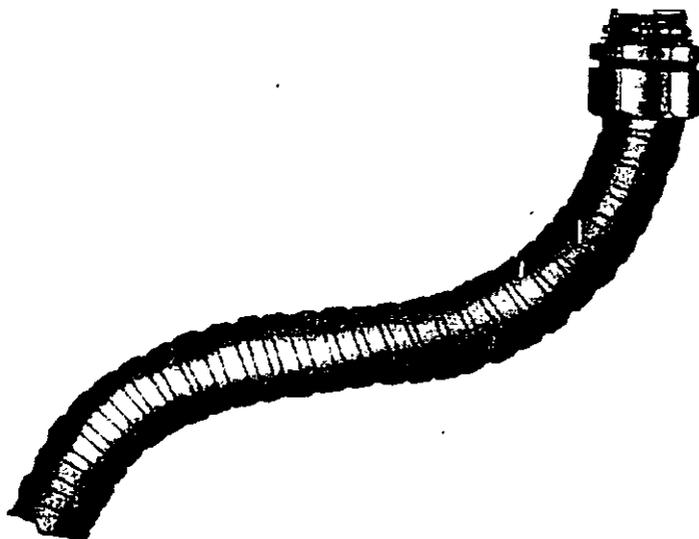
**Conectores Helix Curvos**  
Exclusiva uña de agarre integral.  
F x C Curvos



**Conectores FXO**  
Economico  
Para conduit flexible HELIX.  
Opresor inclinado sujeta firmemente al  
conduit flexible.

**Tubo Conduit Flexible****HELIX****Conduit metálico flexible estándar**

Fabricados con acero pregalvanizado según norma ASTM A-525-690  
Rollos precisamente formados, flejados, etiquetados y recubiertos de plástico para  
proteger el producto. Rollos con mayor metraje se fabrican sobre pedido.  
Carretes en existencia para entrega inmediata.

**HERMET ULTRATITE****Conduit metálico flexible a prueba de líquidos LIQUIDTIGHT**

Alma de acero pregalvanizado según norma ASTM A-525-690.  
Espesor de PVC (ASTM D-3364-74) adecuado para cumplir con la Norma Oficial  
Mexicana NOM B56 1984 Tipo 2 y Norma UL No. 1.

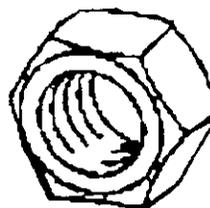
Rollos precisamente formados, flejados, etiquetados y recubiertos de plástico para proteger el producto. Rollos

## Tornillería

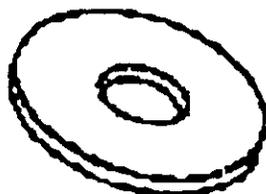
- Tornillo máquina cabeza hexagonal
- Tornillo grado 5 standar
- Tuercas hexagonales
- Tornillo para lamina galvanizado con fijadora



**Tornillos Máquina  
Grado 2 Galvanizados**  
Disponible con acabado de alta  
resistencia a la corrosión



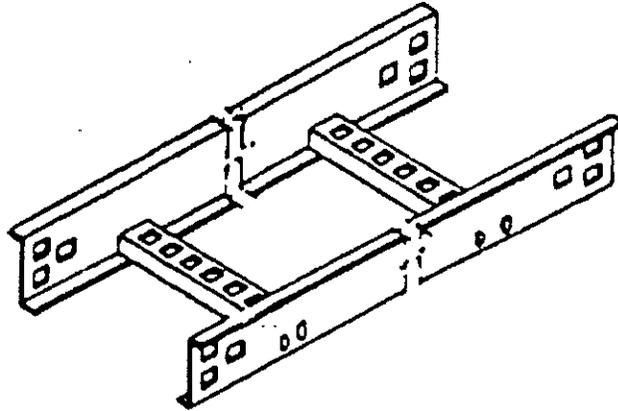
**Tuercas Hexagonales  
Galvanizadas**



**Rondana Comercial**  
Empacados en cajas de  
aproximadamente 2 kg.  
6 cajas por cartón.  
Precios por kilo

## Soportes tipo Escalera

- Escalerillas o Charolas
- Curvas horizontal y vertical
- Tees horizontal y vertical
- conectores z y rectos
- Reducciones rectas



Cat. no	Ancho		Espaciamiento	
	mm	pul	mm	pul
CH 66	15.2	(6")	15.2	(6")
CH 69			22.8	(9")
CH 612			30.4	(12")
CH 618			45.7	(18")
CH 96	22.8	(9")	15.2	(6")
CH 99			22.8	(9")
CH 912			30.4	(12")
CH 918			45.7	(18")
CH 126	30.4	(12")	15.2	(6")
CH 129			22.8	(9")
CH 1212			30.4	(12")
CH 1218			45.7	(18")
CH 166	40.6	(16")	15.2	(6")
CH 169			22.8	(9")
CH 1612			30.4	(12")
CH 1618			45.7	(18")
CH 186	45.7	(16")	15.2	(6")
CH 189			22.8	(9")

CH 1812			30.4	(12")
CH 1818			45.7	(18")
CH 206			15.2	(6")
CH 209	50.8	(20")	22.8	(9")
CH2012			30.4	(12")
CH2018			45.7	(18")
CH246	60.9	(24")	15.2	(6")
CH249			22.8	(9")
CH2412			30.4	(12")
CH2418			45.7	(18")

### Clavos



#### Clavos Templados

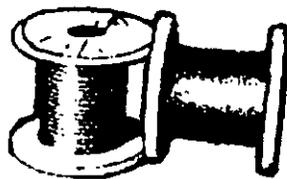
Galvanizados.

Espiga estriada de 3.5 mm.

Penetración máxima en concreto 2 cm

### Cables de Acero

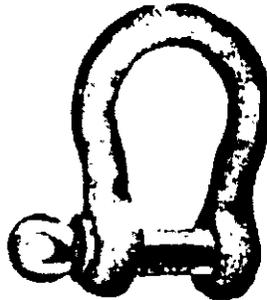
CABLE DE ACERO GALVANIZADO



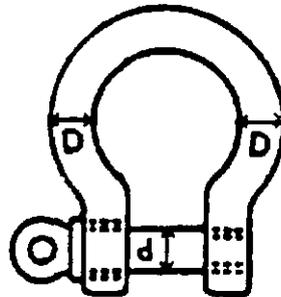
CODIGO	MEDIDAS PULG mm	LONG m	PESO NETO S/CARRETE	RESISTENCIA A Kg APROX
14CABLES004C H	1/8 3.1	75	4Kg	906

**TENSORES OJO/ GANCHO**

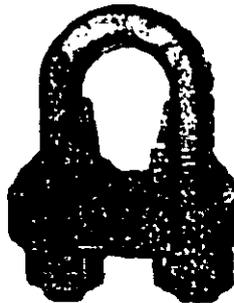

CODIGO	NUMERO	DIAM DEL PERNO	
		PULG	MM
14TENSOR050HL	M5 X 50	3/16	5

**GRILLETES GALVANIZADOS CON PERNO REFORZADO**


CODIGO	MEDIDA GRILLETE Y PERNO		CAPACIDAD DE CARGA PROBADA	ACABADO DE PERNO
	PULG	MM		
14GRILLE001VB	3/16	X 1/4	5 X 6	330

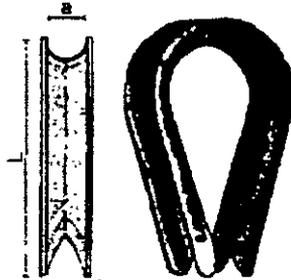
**GRILLETES GALVANIZADOS CON PERNO SENCILLO**


CODIGO	MEDIDA GRILLETE Y PERNO		CAPACIDAD DE CARGA PROBADA
	PULG	MM	
14GRILLEO14VB	3 / 16	5	80

**NUDOS GALVANIZADOS RANURADOS**


CODIGO	CAPACIDAD DE CABLE		COSTAL CON
	PULG	MM	
14 NUDOS-050HH	1/8	3	2000 PZAS

**GUARDACABOS GALVANIZADOS**



- CODIGO	PARA CABLE DE PULG	MM	LONGITUD	COSTAL CON
14GUARDA002VB	1 /8	3	48	2 000 PZAS

**GUARDACABOS GALVANIZADOS CON REFUERZO**


CODIGO	PARA CABLE DE PULG	MM	LONGITUD MM	COSTAL CON
14GUARDA020CH	T0304	1 /2	12	90

## MANUAL DEL DIPLOMADO EN ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

### CADENAS TIPO VICTOR



CODIGO	NUMERO	GRUESO DEL ESLABON MM	CALIBRE
15CADENA044EC	16	1,6	16

### CADENAS PARA CANDIL



CODIGO	NUMERO	GRUESO DE LA CADENA MM	LONGITUD CM	ACABADO
14CADENA081S M	1	3	91	LATONADO

### CADENAS DE ESLABON GDO. 30



CODIGO	MEDIDAS PULG MM	DIMENSIONES DEL ESLABON (A) MM (B)	LONGITUD UD CADENA M	CAPACIDAD DE TRABAJO KG	CAPACIDA D PROBADA KG	RUPTURA KG

---

14CADENA008CH	3 /16	4,7	24,1	10,2	96,20	320	681	1368
---------------	-------	-----	------	------	-------	-----	-----	------

---

**CLAVOS PARA CONCRETO**

MEDIDAS		GROSOR
PULG	MM	MM
1	25	40



EXPLORACION Y PRODUCCIÓN  
UNIDAD DE PERFORACION  
Y MANTTO. DE POZOS

**MANUAL DEL DIPLOMADO EN  
ADMINISTRACIÓN DEL  
MANTENIMIENTO**



---

**NORMA OFICIAL MEXICANA**

**PROY-NOM-027-STPS-2000**

**SOLDADURA Y CORTE**

---

**CARLOS ABASCAL CARRANZA**, Secretario del Trabajo y Previsión Social, con fundamento en los artículos 16 y 40, fracciones I y XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 512, 523, fracción I, 524 y 527, último párrafo, de la Ley Federal del Trabajo; 3º, fracción XI, 38, fracción II, 40, fracción VII, 41, 43 a 47 y 52 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28 y 33 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 3º, 4º, 40, 41, 42, 43, 44, 45 y 46 del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo; 3º, 5º y 22, fracciones I, XIII y XV del Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y

### **CONSIDERANDO**

Que con fecha 25 de abril del 2000, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 46, fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, el anteproyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-027-STPS-2000, Soldadura y corte- Condiciones de seguridad e higiene y que el mismo día el citado Comité lo consideró correcto y acordó que se publicara como proyecto en el Diario Oficial de la Federación;

Que con objeto de cumplir con los lineamientos contenidos en el Acuerdo para la desregulación de la actividad empresarial, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de Noviembre de 1995, la propuesta fue sometida a la Comisión Federal de Mejora Regulatoria y que con base en ella se realizaron las adaptaciones procedentes, por lo que dicha Comisión dictaminó favorablemente acerca de las modificaciones contenidas en la presente Norma;

Que con fecha 2 de agosto de 2000, en cumplimiento del Acuerdo del Comité y de lo previsto en el artículo 47, fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Proyecto de la presente Norma Oficial Mexicana, a efecto de que dentro de los 60 días naturales posteriores a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral;

Que habiendo recibido comentarios de cinco promoventes, el Comité referido procedió a su estudio y resolvió oportunamente sobre los mismos, publicando esta Dependencia las respuestas respectivas en el Diario Oficial de la Federación el 15 de enero de 2001, en cumplimiento a lo previsto por el artículo 47, fracción III, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;

Que en atención a las anteriores consideraciones y toda vez que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente

---

Laboral, otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente: **NOM-027-STPS-2000, SOLDADURA Y CORTE-CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE.**

## ÍNDICE

1. OBJETIVO
2. CAMPO DE APLICACIÓN
3. REFERENCIAS
4. DEFINICIONES
5. OBLIGACIONES DEL PATRON
6. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES
7. ANALISIS DE RIESGOS POTENCIALES
8. PROGRAMA ESPECIFICO DE SEGURIDAD E HIGIENE
9. UNIDADES DE VERIFICACION
10. VIGILANCIA
11. BIBLIOGRAFIA
12. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

## GUÍA DE REFERENCIA EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

### 1. Objetivo

Establecer las condiciones mínimas de seguridad e higiene en las actividades de soldadura y corte, para prevenir daños a los trabajadores y al centro de trabajo.

### 2. Campo de aplicación

Esta Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo donde se realicen actividades de soldadura y corte.

### 3. Referencias

Para la correcta interpretación de esta Norma, deben consultarse las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

NOM-002-STPS-2000, Condiciones de seguridad - Prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.

NOM-010-STPS-1999, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

NOM-017-STPS-1993, Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.

NOM-026-STPS-1998, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización).

#### 4. Definiciones

Para efectos de esta Norma se establecen las definiciones siguientes:

- a. **área de trabajo:** es el lugar específico en donde se llevan a cabo las actividades de soldadura y corte.
- b. **atmósfera explosiva:** es la concentración ambiental de las sustancias químicas peligrosas, que se encuentra entre los límites inferior y superior de inflamabilidad.
- c. **atmósfera no respirable:** es el medio ambiente laboral con deficiencia o exceso de oxígeno, esto es, con menos de 19.5% o más del 23.5% de oxígeno en la atmósfera del ambiente laboral.
- d. **autoridad del trabajo;** autoridad laboral: las unidades administrativas competentes de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, que realicen funciones de inspección en materia de seguridad e higiene en el trabajo, y las correspondientes de las entidades federativas y del Distrito Federal, que actúen en auxilio de aquéllas.
- e. **autorización:** es el acto mediante el cual el patrón, o una persona designada por éste, permite por escrito que un trabajador capacitado realice trabajos de soldadura y corte, en un área no designada específicamente para la realización de estas actividades.
- f. **careta de protección:** es el equipo de protección personal usado en las actividades de soldadura o corte, que sirve para proteger los ojos, la cara y el cuello del trabajador contra la radiación ultravioleta, infrarroja y visible, y de quemaduras por salpicaduras de cualquier material que sea expulsado al soldar o cortar.
- g. **caseta de soldar:** es un recinto destinado a realizar actividades de soldadura y corte, que permite proteger a terceros de quemaduras y radiación.



- 
- h. **cilindro:** es un contenedor portátil cilíndrico que se usa para transportar y almacenar gases comprimidos utilizados en las actividades de soldadura y corte.
  - i. **corte:** es la actividad por medio de la cual se separa un material metálico, al fundir un área específica, por medio del calor del arco que se establece entre el electrodo y el material base, o por la reacción química del oxígeno y el gas combustible con el metal base.
  - j. **escoria:** es un material sólido no metálico proveniente del revestimiento del electrodo o de algún material extraño, que queda atrapado en el metal de la soldadura o entre éste y el metal base, al momento de soldar o cortar por cualquier proceso de soldadura.
  - k. **espacio confinado:** es un lugar lo suficientemente amplio, con ventilación natural deficiente, configurado de tal manera que una persona puede en su interior desempeñar una tarea asignada, que tiene medios limitados o restringidos para su acceso o salida, que no está diseñado para ser ocupado por una persona en forma continua y en el cual se realizan trabajos específicos ocasionalmente.
  - l. **fuelle de ignición:** es cualquier chispa, escoria o material con características tales que puedan, en combinación con cantidades adecuadas de comburente o combustible, ser factor de riesgo de incendio o explosión.
  - m. **gases combustibles:** son gases que generalmente en combinación con el oxígeno, son usados para el proceso de soldadura o corte. Algunos de ellos son: el acetileno, el gas natural, el hidrógeno, el propano, el propadieno-metilacetileno estabilizado, y otros combustibles sintéticos e hidrocarburos.
  - n. **mampara:** es un cancel o biombo portátil, que sirve para proteger de radiaciones, chispas o material incandescente a terceros, en las actividades de soldadura y corte.
  - o. **material base:** es aquel material que va a ser soldado o cortado por cualquier proceso de soldadura o corte.
  - p. **material resistente al fuego:** es todo aquel material que no es combustible y que sujeto a la acción del fuego, no arde ni genera humos o vapores tóxicos, ni falla mecánicamente por un período de al menos dos horas, según los esfuerzos a los que es sometido.
  - q. **radiación ultravioleta:** es una forma de radiación electromagnética de longitud de onda más corta que la de la luz visible (desde de 1 nm hasta 400 nm), producida por las actividades de soldadura y corte, cuyo poder de penetración por un tiempo prolongado, ocasiona lesiones irreversibles a la retina y excita la producción de melanina protectora de las capas de la piel.
  - r. **riesgo potencial:** es la posibilidad de que durante la actividad de soldadura o corte, el equipo para soldar o cortar, o la mala utilización por el operador, cause lesiones a los trabajadores, a terceros o al centro de trabajo.
-

- s. **soldadura:** es la coalescencia localizada de metales, producida por el calentamiento de los materiales metálicos a una temperatura apropiada, con o sin aplicación de presión y con o sin empleo de material de aporte para la unión.

## **5. Obligaciones del patrón**

**5.1** Mostrar a la autoridad de trabajo, cuando ésta así lo solicite, los documentos que la presente Norma le obligue a elaborar o poseer.

**5.2** Contar con el análisis de riesgos potenciales para las actividades de soldadura y corte que se desarrollen en el centro de trabajo, de acuerdo a lo establecido en el Capítulo 7, y que sirva para establecer las medidas preventivas para la protección del trabajador, de terceros y de las instalaciones del centro de trabajo.

**5.3** Con base en el análisis a que se refiere el apartado 5.2, el patrón debe:

- a. notificar los riesgos a todos los trabajadores, en relación a las actividades de soldadura o corte que desarrollen;
- b. elaborar el programa específico de seguridad e higiene, según lo establecido en el Capítulo 8;
- c. proporcionar a los trabajadores el equipo de protección personal de, acuerdo a lo establecido en la NOM-017-STPS-1993, y capacitarlos sobre su uso y mantenimiento;
- d. contar con trabajadores capacitados para desarrollar las actividades de soldadura y corte, tomando como base para la capacitación, los procedimientos del programa específico de seguridad e higiene a que se refiere el inciso b) del presente apartado;
- e. capacitar al menos una vez por año, a los trabajadores que realicen actividades de soldadura y corte;
- f. señalizar y restringir el paso a las áreas en que se realizan actividades de soldadura y corte, según lo establecido en la NOM-026-STPS-1998.

**5.4** Otorgar autorización para realizar actividades de soldadura y corte en áreas de riesgo como: espacios confinados, alturas, sótanos, áreas controladas con presencia de sustancias inflamables o explosivas y aquéllas no designadas específicamente para estas actividades.

**5.5** Contar con trabajadores capacitados y autorizados para revisar los dispositivos y elementos de seguridad de los cilindros que contengan gases comprimidos. Se debe brindar mantenimiento preventivo y, en su caso, correctivo, al equipo y

---

maquinaria utilizado en las actividades de soldadura y corte, con trabajadores autorizados y capacitados del centro de trabajo o del proveedor del equipo.

**5.6** Someter a los trabajadores que realicen actividades de soldadura y corte a los reconocimientos médicos específicos, según lo establecen las normas oficiales mexicanas que al respecto emite la Secretaría de Salud. En caso de no existir normatividad de la Secretaría de Salud, el médico de la empresa determinará el contenido de los exámenes médicos que se realizarán, al menos, una vez cada doce meses y la vigilancia a la salud que se deba aplicar, mismos que quedarán asentados en el expediente médico que, para tal efecto, se tenga del trabajador.

**5.7** Contar con un botiquín de primeros auxilios, en el área donde se desarrollen actividades de soldadura o corte, en el que se deben incluir los materiales de curación que se requieran, de conformidad con el análisis de riesgos potenciales.

**5.8** Contar con un manual de primeros auxilios y, en su caso, de operaciones de rescate en espacios confinados.

**5.9** Asignar, capacitar y adiestrar al personal que presta los primeros auxilios y, en su caso, al que realiza operaciones de rescate en espacios confinados, al menos una vez por año.

**5.10** Contar con al menos un extintor, del tipo y capacidad necesarios, de acuerdo al análisis de riesgos potenciales, en el área donde se desarrollen las actividades de soldadura y corte, y con un extintor en otras áreas del centro de trabajo donde se desarrollen estas actividades. Los extintores deben cumplir con lo establecido en la NOM-002-STPS-2000.

**5.11** Contar con casetas de soldar o con mamparas para delimitar las áreas en donde se realicen actividades de soldadura o corte.

## **6. Obligaciones de los trabajadores**

**6.1** Participar en la capacitación proporcionada por el patrón.

**6.2** Desarrollar sus actividades de acuerdo a los procedimientos contenidos en el programa específico de seguridad e higiene, y a las condiciones de seguridad e higiene establecidas en esta Norma.

**6.3** Utilizar el equipo de protección personal de acuerdo a las instrucciones de uso y mantenimiento proporcionadas por el patrón.

---

**6.4** Realizar las actividades de soldadura y corte únicamente cuando cuente con la capacitación y autorización correspondiente.

**6.5** Someterse a los exámenes médicos que correspondan según la actividad que desempeñen y que el patrón indique.

## **7. Análisis de riesgos potenciales**

El análisis de riesgos potenciales debe contener como mínimo lo siguiente:

- a. las características del equipo o maquinaria de soldadura o corte que se utiliza;
- b. la relación de los materiales, elementos y aleaciones empleadas como material base y, en su caso, de aporte para la soldadura y corte, así como las reacciones químicas que se produzcan y que generen contaminación en el medio ambiente laboral;
- c. el listado de todos los factores o agentes y condiciones peligrosas, que puedan afectar la salud del trabajador durante la operación de soldadura y corte, como:
  1. los humos y gases provenientes de los arcos voltaicos y de las llamas;
  2. las radiaciones (infrarroja, ultravioleta y la luz brillante, entre otras) provenientes de las elevadas temperaturas de las llamas y los arcos voltaicos;
  3. el ruido producido por las llamas y por los arcos voltaicos;
  4. los choques eléctricos;
  5. las salpicaduras y chispas;
  6. las atmósferas explosivas, corrosivas, tóxicas o con deficiencia de oxígeno;
- d. el control para minimizar o eliminar el riesgo y el tipo de equipo de protección personal indispensable y obligatorio a usarse en cada secuencia de las actividades;
- e. el listado del contenido mínimo del botiquín de primeros auxilios.

## **8. Programa específico de seguridad e higiene**

**8.1** Este programa debe contener como mínimo los procedimientos de:



- a. autorización para realizar la actividad de soldadura o corte en alturas, sótanos y espacios confinados, áreas controladas con presencia de sustancias químicas o explosivas y aquellas no designadas específicamente para estas actividades. Dicha autorización debe contener al menos: descripción de la actividad; nombre y firma del trabajador a efectuar la actividad; lugar en donde se realizará la actividad; hora y fecha programadas para el inicio y terminación de la actividad; listado de las posibles condiciones peligrosas y las medidas de protección requeridas; equipo de protección personal a utilizar; nombre y firma del responsable del área en donde se realizará la actividad peligrosa, quien vigilará esta actividad; nombre y firma de enterado del responsable de mantenimiento y la indicación para anexar a la autorización el procedimiento de seguridad para realizar la actividad. La autorización debe incluir copias para todos los que firman, la copia del trabajador se debe colocar en un lugar visible durante la realización del trabajo y la copia del responsable de la autorización la debe conservar el patrón, al menos, durante un año;
- b. seguridad para que se supervise que se cuenta con ventilación permanente o con extracción de gases y humos, ya sea natural o artificial, antes y durante la realización de las actividades de soldadura y corte;
- c. manejo, transporte y almacenamiento del equipo de soldadura y corte;
- d. operación para cada tipo de soldadura, según el equipo o maquinaria a utilizar;
- e. monitoreo para detectar atmósferas explosivas, irritantes, tóxicas o deficientes de oxígeno;
- f. manejo de herramientas, equipos y materiales.

Además, debe contener los temas de capacitación a los trabajadores (interpretación y aplicación del manual de primeros auxilios, operaciones de rescate en espacios confinados y los procedimientos de seguridad para realizar actividades de soldadura y corte, entre otros); el listado del personal destinado a la capacitación, las fechas en que se brindará y el registro de la capacitación otorgada.

**8.2** Los procedimientos para el manejo y operación de cilindros, válvulas, reguladores, mangueras y sus conexiones, fuentes de alimentación eléctrica y operaciones o actividades de soldadura o corte en espacios confinados, deben contener, al menos, lo siguiente:

**8.2.1** Para almacenar cilindros de gases comprimidos, instrucciones para que:

- a. se almacenen fuera del área de trabajo, en un lugar seco y ventilado, reservado para tal fin;

- b. en interiores, no se almacenen a una distancia menor de 6 metros de otros cilindros que contengan gases inflamables o materiales altamente combustibles; si se encuentran a distancia menor, se separen con material divisorio resistente al fuego;
- c. se identifiquen y almacenen por separado los cilindros vacíos de los cilindros con gas;
- d. no se borren o cambien los números o marcas que aparecen estampados por el proveedor.

### 8.2.2 Para el manejo de cilindros de gases comprimidos, instrucciones para que:

- a. no se levanten utilizando un electroimán;
- b. cuando se manipulen mediante grúas o puntales de carga, se coloquen en una cuna o plataforma;
- c. se sujeten durante su manejo, para evitar caídas o el contacto violento entre ellos;
- d. se protejan contra riesgos mecánicos tales como cortes o abrasiones;
- e. no se mezclen gases en los cilindros, ni se utilicen para fines distintos a los previstos por el proveedor;
- f. cuando a un cilindro de gas combustible se le detecte un golpe o una fuga, se realice lo siguiente: cerrar la válvula y sacar el cilindro al exterior, lejos de cualquier fuente de ignición; bloquear provisionalmente, en su caso, la fuga de gas del cilindro; poner el mismo fuera de servicio inmediatamente; marcar debidamente y notificarlo al proveedor para su devolución;
- g. si se produce una fuga en un tapón fusible u otro dispositivo de seguridad, se realice lo siguiente: sacar el cilindro al exterior, lejos de cualquier fuente de ignición, abrir libremente la válvula del cilindro y dejar que escape el gas combustible lentamente; un supervisor permanecerá en la zona hasta que se libere la presión del cilindro, con el fin de asegurarse que no se produzca fuego.

### 8.2.3 Para el manejo y operación de válvulas, instrucciones para que:

- a. no se abran cerca de chispas, llama abierta u otras fuentes de ignición;
- b. se verifique que las roscas del regulador o su unión, correspondan a las de la salida de la válvula y no forzar las conexiones que no concuerden;
- c. no se utilice aceite ni grasa como lubricantes en las válvulas y accesorios de cilindros de oxígeno;
- d. no se utilice un cilindro sin estar colocado el regulador reductor de presión en la válvula del mismo, excepto cuando esté conectado a un distribuidor, en cuyo caso el regulador debe estar acoplado al colector del distribuidor;
- e. al terminar la tarea se cierren las válvulas de los cilindros y se coloquen las cubiertas de protección;



- f. si una válvula de salida se obstruye con hielo o se congela, se descongele con agua caliente, no hirviendo, aplicada únicamente a la válvula, y no utilice llama abierta;
- g. las válvulas se abran lentamente. Un cilindro que no disponga de una válvula de volante debe abrirse con una llave de husillo, una llave especial u otra herramienta designada para tal fin;
- h. antes de efectuar la conexión a una válvula de salida del cilindro, se abra ligeramente para que se desprendan las partículas de polvo o suciedad que haya en la abertura;
- i. no se apunte la válvula ni su abertura en dirección a sí mismo o hacia otra persona;
- j. cuando el cilindro no esté conectado para su uso se mantenga colocado el capuchón metálico para proteger la válvula;
- k. cuando la válvula haya sido cerrada, se revise que no exista fuga de gas entre el cilindro y el regulador.

#### **8.2.4 Para los reguladores, instrucciones para que:**

- a. sólo se usen en cilindros de gases para los que se han diseñado, y no se intercambien los reguladores de un cilindro que contenga un gas a otro;
- b. se verifique que todo regulador de oxígeno o de gas combustible, esté equipado con un manómetro;
- c. se verifique que los manómetros de oxígeno de alta presión, cuenten con tapas de seguridad y estén marcados con la palabra "OXIGENO" en color verde;
- d. se verifique que los manómetros para acetileno estén marcados con la palabra del gas combustible en color rojo;
- e. las conexiones para los reguladores de oxígeno, sean con rosca derecha y para los reguladores de acetileno con rosca izquierda;
- f. se verifique que los reguladores de oxígeno sean de color verde y los de acetileno de color rojo;
- g. antes de quitar el regulador de una válvula del cilindro, se cierre la válvula y se libere el gas del regulador;
- h. si hay un escape en el regulador, se cierre la válvula del cilindro y sustituya el regulador;
- i. se siga un procedimiento de operación, de acuerdo a las instrucciones del proveedor o fabricante del equipo.

#### **8.2.5 En mangueras y sus conexiones, instrucciones para que:**

- a. se purguen las mangueras y los conductos de oxígeno y acetileno, antes y después de terminada la labor;



- 
- b. se verifique antes de iniciar la actividad, que las mangueras y conexiones no tengan fugas;
  - c. las fugas detectadas en mangueras, se reparen cortándolas e introduciendo un empalme, con excepción de las de acetileno que deben sustituirse por mangueras nuevas sin empalmes;
  - d. cuando se produzca un retroceso de flama y se queme la manguera, se reponga por otra en buen estado y purgarla nuevamente;
  - e. se verifique que las mangueras sean de color rojo para el acetileno, verde para el oxígeno, y azul para aire y gases inertes;
  - f. las conexiones para unir la manguera al mango de los sopletes y reguladores, sean del tipo abrazadera o mango, en estas conexiones, no se deben utilizar juntas;
  - g. no se empleen mangueras con revestimiento exterior metálico;
  - h. las válvulas de antiretorno de flama estén colocadas entre el maneral del soplete y las mangueras, tanto del oxígeno como del acetileno;
  - i. no se utilice gas para limpieza.

#### **8.2.6 En fuentes de alimentación eléctricas, instrucciones para que:**

- a. se sigan las medidas de seguridad, de acuerdo a lo establecido en la NOM-001-SEDE-1999;
- b. se mantenga el equipo, cables y accesorios en buen estado, de tal forma que no representen ningún riesgo para los trabajadores;
- c. se manipulen las conexiones con guantes secos, con las herramientas adecuadas y en pisos secos;
- d. se mantengan los cables de soldar secos, sin grasa ni aceite;
- e. se mantengan las lámparas eléctricas en posición fija y selladas con vidrio u otro material transparente, evitando que el gas entre en contacto con ellas;
- f. antes de empezar la actividad de soldadura y corte, se tenga la certeza de que se conoce el funcionamiento del equipo;
- g. al terminar de soldar, se apague la fuente de poder;
- h. si el circuito de soldadura se encuentra energizado todo el tiempo, se tenga precaución con los choques eléctricos y los arcos que se formen accidentalmente;
- i. el sistema para soldar se instale con cuidado. No se deben juntar los componentes del equipo;
- j. no se usen electrodos que estén mojados o húmedos;
- k. cuando se utilicen electrodos revestidos, se revise que la corriente y la polaridad sean correctas;
- l. en la soldadura eléctrica se verifique la sujeción del neutro o tierra, a la pieza por soldar, mediante una pinza accionada por resorte, y conectada firmemente a tierra o neutro de la máquina;

- 
- m. no se use soldadura eléctrica de metales blandos como plomo, estaño y zinc, entre otros.

**8.2.7** En actividades de soldadura o corte en espacios confinados, instrucciones para que:

- a. el trabajador cuente con la autorización por escrito del patrón antes de ingresar al área;
- b. se lleve a cabo el bloqueo de energía, maquinaria y equipo relacionado con el recipiente y espacio confinado donde se hará la actividad de soldadura o corte; se coloquen las tarjetas de seguridad que indiquen la prohibición de usarlos mientras se efectúa la actividad;
- c. antes de entrar al espacio confinado, durante y al terminar la realización de la actividad, se monitoree el interior para verificar que la atmósfera cumpla con las condiciones siguientes: que el contenido de oxígeno esté entre 19.5% y 23.5%, en caso contrario, se tomen las medidas pertinentes, tanto para el uso de equipo de protección respiratoria con suministro de aire, como para la realización de actividades en atmósferas no respirables; que esté libre de cualquier concentración de gases o vapores inflamables; y que la concentración de sustancias químicas peligrosas, en caso de existir, no exceda los límites máximos permisibles de exposición establecidos en la NOM-010-STPS-1999;
- d. todos los espacios circundantes al espacio confinado sean ventilados y se efectúen pruebas de atmósfera explosiva;
- e. se utilicen equipos de extracción local para la eliminación de gases, vapores y humos peligrosos;
- f. cuando se cuente con un sistema de ventilación artificial, se opere bajo un programa de mantenimiento y supervisión de funcionamiento;
- g. los cilindros y las fuentes de poder estén localizados fuera del espacio confinado;
- h. se debe limitar el tiempo de permanencia continua del trabajador dentro de un espacio confinado a una hora continua como máximo, con descansos mínimos de 15 minutos fuera del espacio confinado;
- i. en los recipientes que hayan contenido líquidos inflamables u otros combustibles, antes de proceder a soldar o cortar, se eliminen las atmósferas explosivas;
- j. desde su ingreso, el trabajador esté constantemente vigilado por el responsable del área o por una persona capacitada para esta función. Durante toda su estancia debe utilizar un arnés y muñequeras atadas a una misma cuerda, resistentes a las sustancias químicas presentes y con longitud suficiente para poder maniobrar dentro del área y ser utilizada para rescatarlo en caso de ser necesario. Las muñequeras deben estar atadas a la misma cuerda y sirven para que las manos salgan primero;



- 
- k. después de las actividades de soldadura o corte, se realice una limpieza e inspección final para detectar y controlar los posibles riesgos.

## **9. Unidades de verificación**

**9.1** El patrón tendrá la opción de contratar una unidad de verificación acreditada y aprobada, según lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para verificar o evaluar el cumplimiento de los apartados 5.2 al 5.11 de la presente Norma.

**9.2** Los dictámenes de las unidades de verificación a que hace referencia el párrafo anterior, deben consignar la siguiente información:

a. datos del centro de trabajo verificado:

1. nombre, denominación o razón social;
2. domicilio completo;

b. datos de la unidad de verificación:

1. nombre, denominación o razón social;
2. domicilio completo;
3. número de aprobación otorgado por la Secretaría de Trabajo y Previsión Social;
4. número consecutivo de identificación del dictamen;
5. fecha de verificación;
6. clave y nombre de las normas verificadas;
7. resultado de la verificación;
8. si incluye pruebas de laboratorio, el informe correspondiente;
9. lugar y fecha de la firma del dictamen;
10. nombre y firma del representante legal;
11. vigencia del dictamen.

**9.3** La vigencia de los dictámenes favorables emitidos por las unidades de verificación será de dos años, mientras no se modifiquen las condiciones en el desarrollo de las actividades de soldadura y corte.

## **10. Vigilancia**



---

La vigilancia en el cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

## **11. Bibliografía**

- a. ANSI/ASC Z49.1-1988.Safety in Welding and Cutting American National Standard. Estados Unidos de América.
- b. Criteria for Recomendated Standard Welding Brazing and Termal Cutting. US Departament of Healt and Human Services. National Institute for Ocupational Safety and Health. April 1988. Estados Unidos de América.
- c. Tratado de Higiene y Seguridad del Trabajo. Ministerio del Trabajo de España. Instituto Nacional de Prevención.
- d. Caretas para Soldar. NOM-S-40-1987. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de agosto de 1987.
- e. Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de enero de 1997.

## **12. Concordancia con normas internacionales**

Esta Norma Oficial Mexicana no concuerda con ninguna norma internacional, por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

### **TRANSITORIO**

**ÚNICO.-** La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los sesenta días naturales posteriores a su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

México, Distrito Federal, a los veintitrés días del mes de enero de dos mil uno.

**EL SECRETARIO DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL**

**CARLOS ABASCAL CARRANZA**

**GUÍA DE REFERENCIA**

**EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL**

El contenido de esta guía es un complemento para la mejor comprensión de la Norma y no es de cumplimiento obligatorio. Se presenta con el fin de mostrar los

---

diferentes tipos de equipos de protección personal que se requiere para los trabajadores que desarrollen actividades de soldadura y corte.

1. Para emisión de humos, gases y vapores.

Con base en el análisis de riesgo potencial y cuando el equipo de protección respiratoria es necesario, se debe emplear un respirador purificador de aire contra gases y vapores o contra partículas, un aparato de respiración autónomo, un respirador de línea de aire, o la combinación de los anteriores, según sea el caso.

2. Para radiación ultravioleta, infrarroja y proyección de partículas y chispas en la cabeza.

Utilizar lentes o gafas especiales con filtro o caretas con cristal y filtro, según el análisis de riesgos potenciales. Asegurarse de que los filtros y los cristales tengan una marca distintiva permanente con el nombre del fabricante y el número de sombras. Para la selección de los filtros y cristales adecuados, se recomienda observar los límites de "Transferencia ultravioleta, luminosa e infrarroja en el plástico y vidrio", establecidos en la NOM-S-40-1987.

3. Para proyección de partículas calientes y chispas en el cuerpo.

Utilizar petos contra chispas, salpicaduras y radiación de material resistente al fuego; portar guantes protectores resistentes al calor y a la flama, y resistentes a la radiación y al fuego.

Además cumplir con lo siguiente:

- a. las mangas y cuellos de la camisa deben estar abrochados y la ropa no debe llevar bolsas al frente;
- b. la ropa no debe tener dobleces ni estar deshilachada. Deben utilizarse polainas que eviten que la escoria o chispas entren en el calzado.

4. En caso de radiación ultravioleta e infrarroja en el cuerpo:

- a. utilizar ropa de trabajo resistente al fuego que cubra las partes más expuestas del cuerpo;
- b. utilizar guantes protectores.

---

diferentes tipos de equipos de protección personal que se requiere para los trabajadores que desarrollen actividades de soldadura y corte.

1. Para emisión de humos, gases y vapores.

Con base en el análisis de riesgo potencial y cuando el equipo de protección respiratoria es necesario, se debe emplear un respirador purificador de aire contra gases y vapores o contra partículas, un aparato de respiración autónomo, un respirador de línea de aire, o la combinación de los anteriores, según sea el caso.

2. Para radiación ultravioleta, infrarroja y proyección de partículas y chispas en la cabeza.

Utilizar lentes o gafas especiales con filtro o caretas con cristal y filtro, según el análisis de riesgos potenciales. Asegurarse de que los filtros y los cristales tengan una marca distintiva permanente con el nombre del fabricante y el número de sombras. Para la selección de los filtros y cristales adecuados, se recomienda observar los límites de "Transferencia ultravioleta, luminosa e infrarroja en el plástico y vidrio", establecidos en la NOM-S-40-1987.

3. Para proyección de partículas calientes y chispas en el cuerpo.

Utilizar petos contra chispas, salpicaduras y radiación de material resistente al fuego; portar guantes protectores resistentes al calor y a la flama, y resistentes a la radiación y al fuego.

Además cumplir con lo siguiente:

- a. las mangas y cuellos de la camisa deben estar abrochados y la ropa no debe llevar bolsas al frente;
- b. la ropa no debe tener dobleces ni estar deshilachada. Deben utilizarse polainas que eviten que la escoria o chispas entren en el calzado.

4. En caso de radiación ultravioleta e infrarroja en el cuerpo:

- a. utilizar ropa de trabajo resistente al fuego que cubra las partes más expuestas del cuerpo;
- b. utilizar guantes protectores.

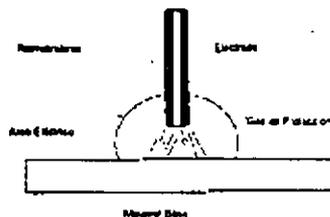
---

## SOLDADURA

### *Definiciones del proceso Por arco eléctrico (SMAW)*

Proceso S.M.A.W. (electrodo Revestido)

El proceso SMAW o mejor conocido como soldadura por electrodo revestido emplea el paso de un arco eléctrico a través de un electrodo metálico y el material a soldar. Este arco eléctrico produce el calor necesario para fundir el material base y al aporte originándose la mezcla de ambos en estado líquido que al solidificarse formarán el cordón de soldadura. Como todos los metales al calentarse es más fácil que se oxiden por lo cual a este electrodo se le coloca un revestimiento químico el cual dará propiedades específicas a la soldadura y formará una nube protectora contra el medio ambiente. al solidificarse el fundente este protegerá al metal sólido de enfriamientos bruscos, así como contaminaciones por absorción de gases.



En el acelerado desarrollo tecnológico y la creciente aplicación industrial de la soldadura en los últimos sesenta años, en especial a partir de la segunda guerra mundial durante la cual recibió un impulso definitivo, dificulta la definición clara y precisa del concepto de soldadura. Según la A.W.S (American Welding Society) o sociedad americana de soldadura, dice:

Soldadura es la unión de piezas metálicas, con o sin material de aporte, utilizando cualesquiera de los procedimientos generales:

- aplicando presión exclusivamente
- Calentando los materiales a una temperatura determinada con o sin aplicación de



presión.

Glosario: Material base: las piezas por unir Material de aporte : al material con que se suelda. .

## ***Introducción***

La soldadura trata diferentes tipos de soldadura como de soldadura que se ocupaban en esos tiempos como por calentamiento y golpes, etc. Existen muchos procesos de soldadura, la soldadura esta relacionada con casi todas las actividades, además de ser una importante industria en sí misma

## **HISTORIA DE LA SOLDADURA**

Es difícil obtener una relación exacta del perfeccionamiento de la soldadura y de las personas que participaron, porque se estaban efectuando muchos experimentos y técnicas de soldadura en diferentes países y al mismo tiempo. Quienes experimentos en un país también tenían dificultades. En aquellos lejanos tiempos, en comunicarse con los de otros países. Aunque el trabajo los metales y la unión de los mismos datan de hace siglos, tal parece que la soldadura, tal como la conocemos en la actualidad, hizo su aportación alrededor del año 1900. Sin embargo, es interesante tener en cuenta, en la siguiente lista parcial, las personas de diferentes nacionalidades relacionadas en alguna forma con el desarrollo y perfeccionamiento de los procesos de soldadura.

### **TABLA DE PERSONAJES IMPORTANTES EN LA SOLDADURA**

J. PRIESTLEY	1774	INGLESA	Calento óxido de mercurio para producir oxígeno.
VOLT	1800	ITALIANO	Descubrió que dos metales desiguales cuales quiera, contactados por una sustancia que se volvía conductora al humedecerla, formaría una pila voltaica. La unidad volt se deriva de

---

			su apellido.
	1820	FRANCESA	Fue un precursor en el campo del electromagnetismo. La unidad amperaje se deriva de su nombre
H.C. ORESTED	1820	DANESA	Estableció la relación entre la electricidad y magnetismo.
G.S. OHM	1827	ALMÁN	Descubrió la resistencia en un circuito eléctrico. La unidad ohm se deriva de su apellido

**¿Que es soldar?** Soldar es el proceso de unir o juntar metales, ya sea que se calientan las piezas de metal hasta que se fundan y se unan entre sí o que se calienten a una temperatura inferior a su punto de fusión y se unan o ligen con un metal fundido como relleno. Otro método es calentarlas hasta que se ablanden lo suficiente para poder unir las con un martillo a presión.

**¿Cual es el método mas antiguo para soldar?** El método más antiguo para unir o soldar metales se basaba en calentar dos piezas de metal en una fragua hasta que estaban blandas y flexibles. Después se martillaban o forjaban las piezas entre sí en un y aunque y se dejaban enfriar y endurecer.

**¿Que es soldadura por vacío** A comienzos del siglo XX, se popularizó otro método para unir metales. Este método, llamado soldadura por vaciado. Se utilizaba para reparar piezas fundidas que tenían grietas o defectos. Para hacer las piezas fundidas vacía se vacía el metal fundido en un molde y se deja enfriar con lentitud, para que se adapte a su forma. Cuando se necesita reparar una pieza fundida se forma un molde alrededor de la pieza fundida una y otra vez sobre los bordes de la fractura hasta que se funden. Después, se cierra el molde y se deja que el hierro y solidifique. Esta forma de soldar es una operación de vacío (colado) en miniatura y de ahí su nombre de soldadura por vaciado.

**¿Por que no soy muy prácticos estos procesos?** Ninguno de estos métodos resultó muy práctico. Las piezas grandes de metal no se podían soldar en la forja y, a menudo, las uniones o soldaduras no eran fuertes ni duraderas. A principios del siglo se desarrolló un método mejor. Este método, llamado soldadura por fusión produce una unión permanente que es tan fuerte o más que el metal de las piezas que se van a unir.

La tecnología y la ciencia de la soldadura han avanzado con tal rapidez en los últimos años, que sería casi imposible enumerar todas los métodos diferentes de soldadura que actualmente están en uso. Sin embargo, todos en dos categorías diferentes: *soldadura por fusión y soldadura sin fusión*.

*La soldadura por fusión* es cualquier proceso para unir metales que implica fundirlos. *La soldadura sin fusión* es cualquier proceso para unir metales que implica fundirlos. La soldadura sin fusión, por su puesto, no incluye el uso de tornillos o pernos, remaches (roblones) ni de cualquier sujetador del tipo mecánico.

***Soldadura por fusión*** Los dos procesos principales en la soldadura por fusión, son la soldadura de arco y la soldadura con llama. En los procesos de soldadura de arco se emplea el calor creado por una corriente eléctrica para elevar la temperatura de los metales a la requerida para soldarlos.

En la soldadura de arco metálico se establece una corriente eléctrica entre los metales y una varilla que sirve como electrodo. Este electrodo se sujeta en un soporte especial que el soldador sostiene en la mano. El calor requerido para fundir los metales proviene del arco que se crea cuando la corriente eléctrica salta en el espacio o entre hierro entre el extremo del electrodo y el metal. En este proceso, se funden ambos: los metales y el electrodo.

***En los procesos de soldadura con llama*** se utiliza el calor de gases en combustión para fundir los metales. La soldadura con llama se suele hacer con llama de oxiacetileno, aunque algunas veces se emplea otras mezclas de gas combustible y oxígeno.

***¿Cuántos tipos de soldadura hay sin fusión?*** Hay tres tipos de soldadura sin fusión: forjado, soldadura por resistencia y soldadura fuente o con bronce o latón.

### ***EN EL FORJADO***

En el forjado se calienta las piezas de metal que se van a unir en una fragua. Mientras se calienta, se las mantiene en reposo sobre una capa gruesa de coque y se mantienen lo más limpias que sea posibles. Hay que calentar las piezas con uniformidad hasta la temperatura correcta. Después, se les coloca en la posición deseada y se les martilla para unirlos. Los metales se unen por la presión del martilleo. No se unen al fundirse como en la soldadura por fusión. En la soldadura por resistencia también se utilizan el calor la presión para unir las piezas metálicas. Las piezas que se van a soldar se sujetan entre dos electrodos de cobre en una maquina. El calor se genera por la corriente eléctrica que circula a través de los puntos en donde se hace la soldadura, es decir, en el punto en los electrodos tocan el metal. En las soldaduras a tope, por

---

puntos, de costuras y de proyección se utiliza el proceso de las variaciones en la soldadura por resistencia.

En la soldadura también se utilizan el calor y la presión para unir las piezas metálicas. Las piezas que se van a soldar se sujetan entre dos electrodos de cobre una máquina. El calor se genera por la corriente eléctrica que circula a través de los puntos en el punto en los electrodos tocan el metal. En las soldaduras a tope, por puntos de costuras y de proyección también se utilizan el proceso de resistencia.

En la soldadura a tope las piezas se colocan las piezas se colocan extremo con extremo de modo que la corriente circule a través de la unión.

En la soldadura de proyección, se hacen pequeñas protuberancias en la superficie de uno de los metales que se van a soldar. Estas protuberancias o proyecciones se sueldan en otra pieza de metal al hacer pasar presión al mismo tiempo.

Gracias al desarrollo de nuevas técnicas durante la primera mitad del siglo XX, la soldadura sustituyó al atornillado y al remachado en la construcción de muchas estructuras, como puentes, edificios y barcos. Es una técnica fundamental en la industria del motor, en la aeroespacial, en la fabricación de maquinaria y en la de cualquier producto hecho con metales.

El tipo de soldadura más adecuado para unir dos piezas de metal depende de las propiedades físicas de los metales, de la utilización a la que está destinada la pieza y de las instalaciones disponibles. Los procesos de soldadura se clasifican según las fuentes de presión y calor utilizadas.

El procedimiento de soldadura por presión original es el de soldadura de fragua, practicado durante siglos por herreros y artesanos. Los metales se calientan en un horno y se unen a golpes de martillo. Esta técnica se utiliza cada vez menos en la industria moderna.

Soldadura ordinaria o de aleación, Método utilizado para unir metales con aleaciones metálicas que se funden a temperaturas relativamente bajas. Se suele diferenciar entre soldaduras duras y blandas, según el punto de fusión y resistencia de la aleación utilizada. Los metales de aportación de las soldaduras blandas son aleaciones de plomo y estaño y, en ocasiones, pequeñas cantidades de bismuto. En las soldaduras duras se emplean aleaciones de plata, cobre y cinc (soldadura de plata) o de cobre y cinc (latonsoldadura).

Para unir dos piezas de metal con aleación, primero hay que limpiar su superficie mecánicamente y recubrirla con una capa de fundente, por lo general resina o bórax. Esta limpieza química ayuda a que las piezas se unan con más fuerza, ya que elimina el óxido de los metales. A continuación se calientan las superficies con un soldador o soplete, y cuando alcanzan la temperatura de fusión del metal de aportación se aplica éste, que corre libremente y se endurece cuando se enfría. En el proceso llamado ue resudación se aplica el metal de aportación a las piezas por separado, después se colocan juntas y se calientan. En los procesos industriales se suelen emplear hornos para calentar las piezas. Este tipo de soldadura lo practicaba ya, hace más de 2.000



---

años, los fenicios y los chinos. En el siglo I d.C., Plinio habla de la soldadura con estaño como procedimiento habitual de los artesanos en la elaboración de ornamentos con metales preciosos; en el siglo XV se conoce la utilización del bórax como fundente.

### **SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA**

El calor necesario para este tipo de soldadura se obtiene de la reacción química de una mezcla de óxido de hierro con partículas de aluminio muy finas. El metal líquido resultante constituye el metal de aportación. Se emplea para soldar roturas y cortes en piezas pesadas de hierro y acero, y es el método utilizado para soldar los raíles o rieles de los trenes.

### ***Soldadura por presión***

Agrupamos todos los procesos de soldadura en los que se aplica presión sin aportación de metales para realizar la unión. Algunos métodos coinciden con los de fusión, como la soldadura con gases por presión, donde se calientan las piezas con una llama, pero difieren en que la unión se hace por presión y sin añadir ningún metal. El procedimiento más utilizado es el de soldadura por resistencia; otros son la soldadura por fragua (descrita más arriba), la soldadura por fricción y otros métodos más recientes como la soldadura por ultrasonidos.

### **SOLDADURA POR RESISTENCIA**

Se realiza por el calentamiento que experimentan los metales debido a su resistencia al flujo de una corriente eléctrica (efecto Joule). Los electrodos se aplican a los extremos de las piezas, se colocan juntas a presión y se hace pasar por ellas una fuerte corriente eléctrica durante un instante. La zona de unión de las dos piezas, como es la que mayor resistencia eléctrica ofrece, se calienta y funde los metales. Este procedimiento se utiliza mucho en la industria para la fabricación de láminas y alambres de metal, y se adapta muy bien a la automatización.

### **SIMBOLOS DE SOLDADURA**

Tenemos muchos símbolos en nuestra sociedad tecnológica. Tenemos señales y rótulos que nos dicen lo que debemos hacer y dónde ir o lo que no debemos hacer o dónde no ir. Las señales de tránsito son un buen ejemplo. Muchas de estas señales ya son de uso internacional no requieren largas explicaciones y, con ellas, no hay la barrera del idioma, porque cualquier persona los puede interpretar aunque no conozcan ese idioma. En la soldadura, se utilizan ciertos signos en los planos de ingeniería para indicar al soldador ciertas reglas que deben seguir, aunque no tenga

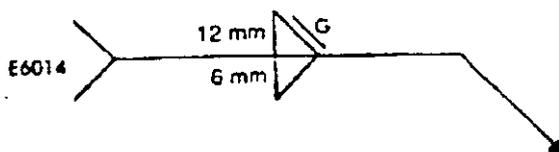
conocimientos de ingeniería. Estos signos gráficos se llaman símbolos de soldadura. Una vez que se entiende el lenguaje de estos símbolos, es muy fácil leerlos.

### Símbolos de soldadura

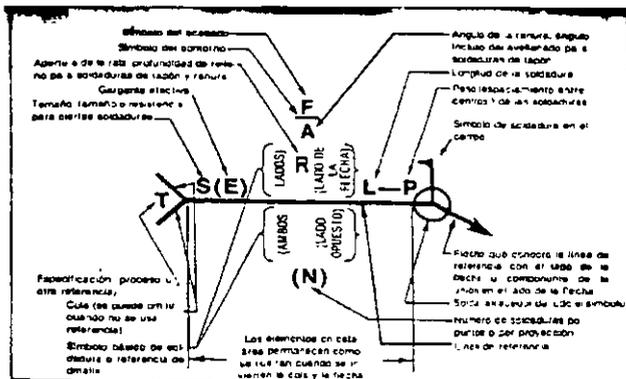
Los símbolos de soldadura se utilizan en la industria para representar detalles de diseño que ocuparían demasiado espacio en el dibujo si estuvieran escritos con todas sus letras. Por ejemplo, el ingeniero o el diseñador desea hacer llegar la siguiente información al taller de soldadura:

- El punto en donde se debe hacer la soldadura.
- Que la soldadura va ser de filete en ambos lados de la unión.
- Un lado será una soldadura de filete de 12 mm; el otro una soldadura de 6mm.
- Ambas soldaduras se harán un electrodo E6014.
- La soldadura de filete de 12mm se esmerilará con máquina que desaparezca

Para dar toda esta información, el ingeniero o diseñador sólo pone el símbolo en el lugar correspondiente en el plano para transmitir la información al taller de soldadura



Los símbolos de soldadura son tan esenciales en el trabajo del soldador como correr un cordón o llenar una unión. La American Welding Society (AWS) ha establecido un grupo de símbolos estándar utilizados en la industria para indicar e ilustrar toda la información para soldar en los dibujos y planos de ingeniería.



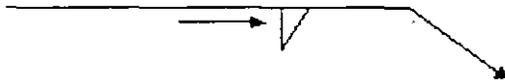
---

## Partes del símbolo de soldadura

1) La línea de referencia siempre será la misma en todos los símbolos. Sin embargo, si el símbolo de soldadura está debajo (sig figura) de la línea de referencia, la soldadura se hará en el lado de la unión hacia el cual apuntara la flecha. Si el símbolo de la soldadura está encima de la línea de referencia, la soldadura se hará en el lado de la unión, opuesto al lado en que apunta la flecha

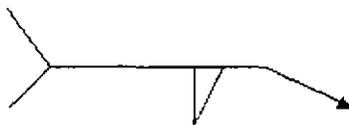


2) La flecha puede apuntar en diferentes direcciones y, a veces, puede ser quebrada (Sig. figura)



3) Hay muchos símbolos de soldadura, cada uno correspondiente a una soldadura en particular.

4) Se agregan acotaciones (dimensionales) adicionales a la derecha del símbolo si la unión se va a soldar por puntos en caso de la soldadura de filete. La primera acotación adicional en la (Sig. fig.) indica la longitud de la soldadura; la segunda dimensional indica la distancia entre centros de la soldadura.

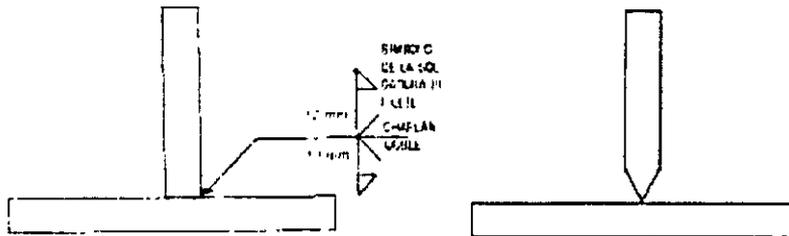


5) La cola quizá no contenga información especial y a veces, se pueda omitir.

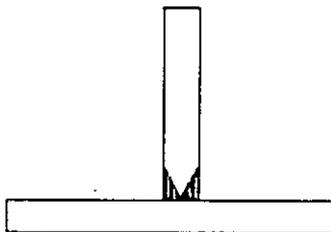
6) Hay una gran variedad de símbolos complementarios, cada uno un signo deferente.

## Combinación de símbolos y resultados

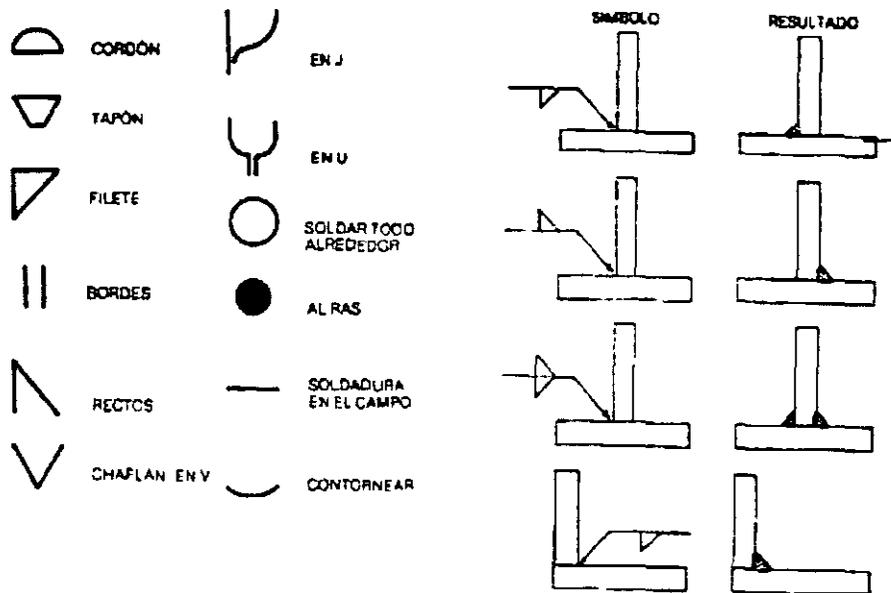
Algunos símbolos son muy complicados o parecen serlo a primera vista; pero si se estudian punto por punto, no son difíciles de entender. El primer punto que se observa en la figura (sig figura) es la parte del símbolo que indica doble chaflán (bisel) o doble V. Los chaflanes dobles, o doble V, se preparan en una sola de las piezas de metal, de modo que el trabajo se hará como se muestra a continuación:



A continuación está el símbolo de soldadura de filete en ambos lados de la línea de referencia. Pero antes de poder aplicar una soldadura de filete, debe haber una superficie vertical. Por tanto, se rellena el chaflán con soldadura como se ve en la siguiente figura.



Después de rellenar los chaflanes, se aplica la soldadura.. Esta combinación es poco común y rara vez se usa. Sólo se aplica en donde se requiere resistencia y penetrancia del 100%. Sin embargo, se ha utilizado como ejemplo para mostrar los pasos en la lectura de los símbolos. Hay gran número de combinaciones que se pueden utilizar, pero los símbolos básicos de soldadura y los símbolos completamente mostrados en la sig. figura. acabaron la mayor parte de ellas.



## APLICACIONES DE LOS SÍMBOLOS DE SOLDADURA

En las figuras anteriores se muestran los símbolos muy básicos para soldar y sus aplicaciones. Pero se debe recordar que son simples ilustraciones y que probablemente incluirá mucha más información si fuera parte de un plano real.

## PUNTOS QUE DEBEMOS RECORDAR

- Los símbolos de soldadura en los dibujos y planos de ingeniería representan detalles de diseño.
- Los símbolos de soldadura se utilizan en lugar de repetir instrucciones normales.
- La línea de referencia no cambia.
- La flecha puede apuntar en diferentes direcciones.
- En ocasiones, se puede omitir la cola del simbolito
- Hay muchos símbolos, dimensiones (acotaciones) y símbolos complementarios.
- Los símbolos no son complicados si se estudian punto por punto.

---

**FACTORES PARA MANEJAR PROPIAMENTE EL PROCESO.**

- Diámetro correcto de; electrodo.
- Tipo de corriente apropiada
- Correcta selección cantidad de corriente (amperaje y voltaje).
- Correcta longitud de arco.
- Correcta velocidad de soldeo.
- Ángulos correctos de aplicación.

**PUNTOS A VERIFICAR PARA LA CALIDAD EN SOLDADURA**

- 1.- Use máquinas, electrodos y accesorios de calidad, Conozca el tipo y propiedades del metal base.
- 2.- Seleccione el proceso adecuado para tener la mas alta calidad al soldar el metal base.
- 3.- Seleccione el procedimiento a emplear en base al uso final de la soldadura.
- 4.- Seleccione el electrodo correctamente en base a la junta a emplear
- 5.- Limpie el material base de escorias, pintura, óxidos, grasas, etc.
- 6.- No soldé sobre fracturas o porosidad creadas por la soldadura anterior, primero remueva estas.
- 7.- Cuando la abertura de raíz sea muy grande primero repare esta.
- 8.- Ponga especial atención en el primer pase de penetración a raíz.
- 9.- Remueva la escoria del cordón depositado anteriormente hasta que vaya a realizar el pase siguiente sobre este. En caso de haber pase siguiente entonces hasta que este fría.
- 10.- Observe las dimensiones de la soldadura requerida y asegurese de obtener estas.
- 11.- Inspeccione su trabajo inmediatamente y remueva los defectos si los hay repárelos inmediatamente.
- 12.- Asegure que la apariencia de la soldadura sea la correcta si no repárese.

**ELECTRODOS.**

Un electrodo es un conductor el cual uno de sus extremos cambia a medio de transmisión. Si aún conductor se le aumenta el paso de corriente, se calienta y se funde, al fundirse se desprende en pequeñas gotas que una vez lejos del conductor se solidifican. Si estas gotas las depositamos en otro metal se unirán a este formando una soldadura. En la soldadura casi siempre el material del electrodo es del mismo tipo del metal base, pero en otros casos son diferentes a; metal base.



---

Los electrodos son una mezcla de diferentes elementos metálicos y no metálicos que darán características especiales a la aleación. Los principales elementos de aleación son:

CROMO

FÓSFORO

MOLIBDENO

HIDRÓGENO.

NIQUEL SILICIO.

TUNGSTENO OXIDO.

MANGANESO

FIERRO.

VANADIO

CARBONO.

TITANIO AZUFRE.

COULOMBIO

ALUMINIO.

COBALTO

Para la selección de un electrodo es necesario tomar muchos aspectos en cuenta como la proporción a emplear, sus características, etc. Los fabricantes de electrodos ya desarrollaron este trabajo y reunieron todos estos datos para la creación del electrodo así que es mejor consulta los catálogos.

**CARACTERÍSTICAS DE APLICACIÓN QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO DEL REVESTIMIENTO :**

Cantidad de corriente.

---

Voltaje y caída de este.

Estabilidad y longitud de arco.

Posición a soldar.

Espesor del material.

Cantidad de corriente.- Como se vio anteriormente la cantidad de amperaje depende de la aleación del electrodo, el tipo de revestimiento, así como el diámetro de este. Cuando se selecciona el diámetro del electrodo con el amperaje apropiado podemos obtener un depósito constarifi de material lo cual al mantener constante la anchura del cordón nos dará la velocidad de avance adecuada, es decir, debemos no dirigimos

la velocidad de avance lo que debemos de controlar es al ancho y alto.

La selección del diámetro del electrodo depende del espesor del material a soldar, así como el tipo de junta y preparación; cabe indicar q., esto depende en mínima parte, ya que preferentemente para posiciones fuera de la normal se prefiere bajar un diámetro del electrodo lo cual facilita la aplicación ya que esto depende del tamaño del charco de fusión. Veamos como nos afecta también el tipo de corriente que estemos aplicando dentro del proceso.

Cuando se emplea corriente directa tenemos un arco firme y controlable con una tersura d cordón muy lisa debido a que no existen cambios en la polaridad, todo en base al sistema de goteo constante y uniforme, no cambiando como se observo en función de la penetración.

En el caso de la corriente alterna no sucede lo mismo ya que el goteo no es constante debido al cambio de polaridad y la concentración de calor, razón por lo cual estos electrodos deben de soportar amperajes mayores.

Voltaje.- El voltaje no ayuda a compensar la estabilidad del arco y la longitud de este, además de proporcionar en función de la cantidad la apertura de transferencia.

Estabilidad y longitud de arco, Cuando las máquinas de soldar proporcionan un voltaje continuo en la transferencia trae consigo la falta control de corriente en el desarrollo de la soldadura, esto produce la discontinuidad en la forma del depósito por consiguiente una disminución en el avance. La longitud de arco proporciona la ionización de la cámara gaseosa percutiendo en la transferencia de calor y estabilidad de este sin embargo esto dentro del proceso es prácticamente incontrolable a



excepción de lo realizado por los electrodos de arrastre. Para es observemos el comportamiento del arco en la siguiente gráfica.

Muchas veces la caída de voltaje y amperaje depende de la relación del diámetro del conductor contra la longitud de este por lo cual es muy importante buscar soldar con los cables lo más cortos posibles y del diámetro adecuado. Es muy importante observar que la paza portaelectrodo y la de tierra pueden afectar en la transferencia de corriente al igual que el cable conductor, por lo cual observe cual es la capacidad de trabajo de estos implementos.

Como se vio anteriormente la longitud de arco la longitud de arco es importante dentro de la sanidad de la soldadura ya que de esta depende en gran parte la corriente aplicada y el tipo de transferencia del metal. Cuando llevamos un arco corto la transferencia se realiza en u porcentaje menor a corto circuito debiendo a esta es globular. esto ocasiona que el incremento de amperaje caliente el material o electrodo (depende de la polaridad) minimizando principalmente el charco de soldadura. Al aumentar el diámetro del electrodo aumenta el amperaje y 1 longitud de arco pero no debe de exceder en distancia la misma que el diámetro del electrodo. Cuando la longitud es muy elevada 1 transferencia del metal no se realiza de forma constante esto depende del tipo de glóbulo que se forme lo cual genera un mayor chisporroteo desalineamiento en el depósito modificando la apariencia del cordón.

La posición a soldar depende principalmente de los compuestos del electrodo, es decir, la velocidad de solidificación del material de aport con respecto a la transferencia de calor del revestimiento y consistencia en la densidad de este durante la transferencia.

Un aspecto muy importante a controlar dentro del proceso es la orientación del electrodo, es decir, dependiendo de la preparación y tipo d cordón se recomienda no sobrepasar en inclinación durante la ejecución de la soldadura, ya que esto afecta la transferencia y la aportación d aleantes, por lo cual se recomienda lo siguiente:

Tipo de juntas	Posición soldar	a	Angulo de trabajo	Angulo ataque	de
----------------	--------------------	---	-------------------	------------------	----

---

Preparación	Plana	90	5-10
Preparación	Horizontal	80-100	5-10
Preparación	Vertical	90	5-10
Preparación	Sobre cabeza	90	5-10
Filete	Horizontal	45	5-10
Filete	Vertical	35-55	5-10

En base a lo anterior podemos resumir que al probar un electrodo debemos de verificar las siguientes características:

1. Probar la aplicación de; revestimiento (elasticidad).
2. Probar el tipo de corriente estipulada.
3. Probar la Transferencia de metal.
4. Probar el rango de corriente.
5. Probar la altura de arco.
6. Probar la curva voltaje ? amperaje.
7. Probar 1 penetración de; electrodo.
8. Probar el tipo de arco.
9. Probar la facilidad de encendido.
10. Tipo de escoria (solvencia, densidad, contracción, velocidad de solidificación, apariencia y consistencia).
11. Tipo de penetración.
12. Permanencia en horno.
13. Secado.
14. Estándar radiográfico.
15. Posición a soldar.
16. Apariencia del depósito.
17. ionización y transferencia de calor.

### **CLASIFICACIÓN DE ELECTRODOS POR EL REVESTIMIENTO.**

Los electrodos por su revestimiento conservan o aumentan las propiedades de; deposito a realizar. Esto se debe al tipo de componentes de que este compuesto el



revestimiento y el porcentaje de estos, sin embargo todos poseen elementos en común.

Características que aporta el revestimiento a la soldadura.

- 1.- Penetración.
- 2.- Presentación.
- 3.- Tipo de corriente a utilizar.
- 4.- Polaridad.
- 5.- Aumento de amperaje sin socavar.
- 6.- Mayor velocidad de depósito.
- 7.- Mayor estabilidad de arco.
- 8.- Grano fino.
- 9.- Evita porosidades.
- 10.- Evita el chisporroteo.
- 11.- Escorias alcalinas.
- 12.- Aporte de aleantes.
- 13.- Evita la oxidación inmediata.
- 14.- Elimina ácidos existentes en el metal base.

Los electrodos se clasifican por su revestimiento en cinco tipos:

Tipo Celulósico, Base Rútulo. Bajo Hidrógeno, Oxido de Fierro. Polvo de Fierro.

Tipo Celulósico .- Este electrodo contiene en su revestimiento 45% de celulosa. El arco eléctrico del electrodo calienta el recubrimiento descomponiendo la celulosa en CO, CO<sub>2</sub> y vapor de agua. Poseen otros elementos como bióxido de titanio que es formador de escoria, ferromanganeso como desoxidante o reductor. Asbesto como formador de arco y escoria, Silicato de potasio como liga de compuestos y purificador, silicato de sodio como liga de compuestos.

Este tipo de electrodo forma poca escoria siendo principalmente usado en soldadura vertical descendente y altas penetraciones, efecto causado por la capa gaseosa del recubrimiento, el electrodo presenta un cordón poco vistoso por su tipo irregular y alto chisporroteo.

Su uso se debe a cordones donde es necesario obtener doble acabado( piezas que no pueden soldar por ambos lados) por ejemplo en tuberías en el cordón de fondeo y posiciones difíciles.

Son excelentes para soldar aceros con más del 0,25% de carbono y aceros efervescentes.

**Base de Rutilo.-** Se destacan por su tipo de acabado y facilidad de manejo su escoria se remueve fácilmente y en algunos casos sola. Su contenido de hidrógeno es alto y no requiere un proceso de exactitud.

El nombre del electrodo es propiamente incorrecto ya que el contenido de rutilo es principalmente un bióxido de titanio. Por este tipo de revestimiento se presta el electrodo para corregir fallas en el tipo de preparación.

Este electrodo se utiliza en trabajos de serie y de pocos requerimientos.

**Bajo Hidrógeno.-** Este tipo de electrodo produce las soldaduras de más alta calidad debido a su bajo contenido de carbono e hidrogeno. Como elementos componentes del revestimiento tiene:

**Carbonato de Calcio .-** Da una reacción básica a la escoria, absorbe y neutraliza impurezas del azufre. **Fluorita.-** Neutraliza las impurezas del fósforo de tipo ácido que son perjudiciales. **Manganeso.-** Liga el azufre evitando los sulfuros y proporciona elasticidad a los depósitos.

Se utiliza este tipo de electrodos en aceros con alto contenido de carbono 0.25% aceros efervescentes y en construcción rígida.

**Oxido de Fierro.-** Este electrodo se caracteriza por su tipo de escoria líquida (propicia para soldar en vertical descendente ) y su alta velocidad de depósito y limpieza.

Posee un alto contenido de manganeso como agente reductor y liga impurezas con la asistencia de silicatos formadores de escoria.

**Polvo de Fierro.-** Este electrodo contiene un 50% de fierro en el revestimiento, logrando hacer depósitos de 2.5 veces el alma del electrodo. Este electrodo fue hecho para competir con los procesos semiautomáticos en la industria, el tipo de electrodos más usados son el 7018,7024, el primero en bajo hidrógeno y el segundo un parecido al 7014.

## **CLASIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS DE ACERO AL CARBÓN SEGÚN LA DESIGNACIÓN ISO**

El sistema ISO de designación de los elementos de acero de bajo carbono es aproximadamente similar, o sea, nos proporciona las mismas informaciones del AWS, pero de la siguiente manera:



---

Ejemplo:  $\text{E}51\ 4\ \text{B}120\ 26\ \text{H}$  (corresponde a la clase. AWS E7018)

E(Ref. "a") = la letra "E" encabeza al igual que la clasificación AWS. la designación del electrodo, y nos indica que el material de aporte es, electrodo ( véase el cuadro Características mecánicas.)

51(Ref. "b") = quiere decir que pertenece al grupo "4" de los electrodos "51". con limite a la rotura de  $510\ ?\ 610\ \text{N}/\text{Mm}^2$  (véase cuadro características mecánicas).

4(Ref. "c") = indica que pertenece al grupo "4" de los electrodos "51", con límite a la rotura de  $510\ ?\ 610\ \text{N}/\text{mm}^2$ , con un alargamiento mínimo de 20%, y una resistencia al impacto KV. min. de 352, a una temperatura de  $300\text{c}$ . (véase cuadro Características mecánicas).

B(Ref. "d") = se refiere a que este electrodo es del tipo con revestimiento básico (bajo hidrógeno) (véase cuadro Características mecánicas),

120 = se refiere al rendimiento del electrodo en %, en este caso el revestimiento produce aproximadamente un 120%. La designación del porcentaje del rendimiento se aplica para los electrodos con rendimiento se aplica para los electrodos con rendimiento del 110% en adelante.

26(Ref. "E" y "F") = estos números nos proporcionan las características de aplicación referente a la posición de soldadura, tipo de corriente y polaridad, en la siguiente forma:

2(Ref. "e") = se refiere a las posiciones de soldadura, en este caso el "2" nos indica que es apto para 5 posiciones excepto la posición e,

## PROCESO GMAW

### Introducción.

En el proceso GMAW (arco metálico protegido con gas) el micro alambre es protegido con gas Helio y  $\text{CO}_2$ , el micro alambre contiene las propiedades específicas que se le quiera adicionar a la soldadura protegida por los gases. En el procesos de fusión la temperatura que aporta el arco al metal base y al de aporte quedan en estado líquido logrando un intercambio molecular entre los metales que intervienen. Aquí explicaremos poco a poco todo lo necesario para poder

---

comprender mejor este proceso y saber como funciona el mismo, con el fin de una aplicación.

## TRANSFERENCIA.

Se llama transferencia a la forma en que se deposita al material de aporte sobre el metal base:

### Transferencia por corto circuito.

En soldadura de arco de corto circuito, se utiliza intensidades de corriente bajas que producen poca de acumulación de material de soldadura y rápido enfriamiento. Este tipo de aplicación se indica generalmente para soldadura de uniones delgadas, trabajando con intensidad de corriente muy baja, menor es el calor que se aporta a la unión y menor será la distorsión.

Se llama transferencia globular cuando se usa una fuente de poder de corriente directa con el alambre de electrodo conectado al polo positiva, y se hace uso de una densidad de corriente relativamente baja sin importar el tipo de gas de protección, durante este tipo de transferencia el metal de aporte se deposita en forma globular o gotas grandes.

### Transferencia por spray

Este tipo de transferencia se obtiene por medio de una protección de gas de argón o helio no inferior al 80%, el método de transferencia por spray, tiene una columna de arco muy fina y el material de aporte derretido se transfiere a través de arco en forma de gotas muy finas. El diámetro de estas gotas es más o menos igual al diámetro del alambre electrodo.

## EQUIPO BÁSICO.

Bajo esta denominación se estudian los dispositivos o equipos que deben llevar los trabajadores cuando los riesgos a los cuales ellos están expuestos no pueden ser o tenerse sin importancia. Existen varios tipos de equipos de protección según la parte del cuerpo que se quiera proteger estos son: protección en los ojos, la cabeza, la cara,



el oído, las manos y las vías respiratorias. Es importante recalcar que no basta seleccionar el equipo adecuado a determinado trabajo para proteger al obrero sino que lo más importante es utilizar ese equipo cuando sea necesario. Es decir el sentido de supervivencia del empleado debe hacerse presente en todo momento y en cualquier lugar.

Un ejemplo de el equipo básico necesario es:

- Generador o transformador, Carrete micro alambre.
- Maneral.
- Careta.
- Guantes.
- Mandil y bata.
- Polainas.
- Electrodo

En el proceso GMAW, los materiales que se usan como alambre electrodo influyen en la calidad del cordón de soldadura y determinan las propiedades químico-mecánicas del material depositado.

El alambre electrodo, en este proceso normalmente tiene las mismas características en la composición química de los materiales de aporte que se usan en otros procesos de soldadura con alambres sólidos, los alambres electrodos de acero al carbón están recubiertos por una ligera capa de cobre, que los protege de óxido y permite mejor contacto eléctrico al pasar por el tubo de contacto del maneral de soldadura.

El alambre electrodo no siempre deben tener las mismas características del material base, los electrodos para este proceso son de diámetro mucho menor de los que se emplean en el proceso de arco eléctrico manual con electrodo revestido.

## **FACTORES QUE INTERVIENEN AL SOLDAR CON EL PROCESO GMAW.**

---

En el proceso GMAW como todos los procesos de soldadura, la aplicación de un cordón de soldadura está sujeta a factores que se deban respetar, porque influyen en forma directa en la calidad de la soldadura. Los componentes de estas condiciones son:

Selección del gas de protección adecuado: El uso de protección, o una mezcla, es un factor determinante en soldadura, siendo que el uso de determinado gas o de una combinación de gases influyen en la penetración y geometría de un cordón de soldadura.

Corriente apropiada: de acuerdo con el tipo de trabajo la corriente se disminuirá o se aumentará; es decir, para espesores de material delgado, menor amperaje. mientras que para materiales de grueso espesor se usará amperajes más altos. Como en todos los procesos de soldadura, el amperaje se elige con base en:

1. Tipo de unión.
2. Espesor de metal base.
3. Tipo de material base.
4. Posición de junta.
5. Diámetro del alambre electrodo.

Selección correcta del alambre: El diámetro del electrodo y su composición determinan el rango correcto del amperaje. La combinación de estos factores es muy importantes, ya que junto con el tipo de unión, espesor de la misma y posición de soldadura, influyen en la calidad y costo del metal depositado.

Extensión del alambre: se puede considerar que la extensión del alambre electrodo es la longitud existente durante la soldadura entre la terminal del tubo de contacto y la punta del alambre electrodo en derretimiento. En soldadura es muy importante tener una correcta extensión.

---

**Voltaje de arco correcto:** La longitud del arco es directamente proporcional al voltaje. Los factores que afectan la operación del arco, es el proceso de soldadura eléctrica manual, también afecta el arco en el proceso de soldadura GMAW porque el voltaje es el potencial eléctrico existente entre la pieza de trabajo y la punta de alambre electrodo durante el derretimiento.

**Ángulo de boquilla:** el ángulo correcto de la boquilla de soldadura GMAW, se refiere a la posición que debe mantener el maneral respecto a la unión. Estas posiciones constan de dos ángulos: El ángulo transversal, y el ángulo longitudinal. El ángulo transversal es la relación entre las boquilla y la unión de soldadura en un ángulo perpendicular a la dirección de avance.

**Velocidad de avance:** Es la velocidad de aportación de una soldadura a lo largo de una unión. Un aumento o disminución de la velocidad de avance, modifica el grado de penetración, ancho del cordón y su forma geométrica.

## TIG

### Introducción



La soldadura ha hecho que cada día el Operario se convierta en un experto especialista que debe tener en cuenta algunos de los, problemas principales de la metalurgia para que el cuadro del progreso en esta especialidad le ofrezca un panorama en toda su extensión.



Los grandes laboratorios de las Universidades, Centros de Investigación Científica y Comisariados de Energía Atómica están desempeñando su papel, y grande ha sido el trabajo realizado para que se hiciera su aplicación práctica con los buenos resultados obtenidos, luego tome muy en cuenta el lector la necesidad del método, ya que todos los consejos que aquí encontrará son imposibles de conocerse basándose únicamente en lo que se puede conocer en la vida corriente. Sin duda entre todas las ciencias la metalurgia es la que mejor se presta a que se le haga comprender y apreciar ya que encuentra sus raíces en la concepción que nos hemos formado de la materia.

Los objetos metálicas nos rodean; la plumilla de nuestra estilográfica, el filamento de la bombilla eléctrica, el radiador, la moneda, toda la mecánica de nuestro coche, el avión, los utensilios; las construcciones de metal forman parte de nuestra vida cotidiana. No podemos imaginar lo que sería una civilización que ignorase los metales. Simplemente el poderío de una nación se expresa en proporción a la producción de su industria metalúrgica, y dada su importancia todos los países consideran sus minerales como promesas de gran prosperidad.

Uno de los más grandes descubrimientos es el de la fusión del metal y el progreso ha ido de la mano con los métodos cuya evolución ha sido lógica. No pretendemos suponer cómo han ocurrido las cosas, ni entrar en detalle cómo lo hacían los primeros metalúrgicos, sino simplemente mencionar cómo la investigación desde el punto de vista de la historia de las técnicas nos hace observar que la operación metalúrgica va creando aleaciones muy variadas dándoles a cada una características que determinan su aplicación especial para cumplir con determinada tarea.

Para lograr la fusión de los metales y sus aleaciones, se hizo necesaria la conquista de las altas temperaturas y su aplicación exacta al metal que ha de calentarse, los problemas a resolver son innumerables pues estos, de no ser bien llevados, pueden echar a perder la pieza. Con este método se están resolviendo todos los problemas de la térmica, evitando una fusión mal mezclada y a la vez oxidada. En el proceso nos limitamos a evocar la que en la teoría Atómica se relaciona directamente con las propiedades de los metales y de las aleaciones.- Estas propiedades son las del "Cortejo Electrónico".

## **FUNDAMENTOS Y TEORIA DE SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON ELECTRODO DE TUNGSTENO Y GAS INERTE**

El desarrollo de la soldadura mediante el proceso "TIG" hace que sean las soldaduras más limpias y puras comparadas con otros métodos, consecuentemente el proceso "TIG" ha hecho una significativa contribución al desarrollo de la industria de la soldadura. El proceso "TIG" es actualmente empleado por la industria en la fabricación de una amplia variedad de productos.

*Descripción General.* La soldadura mediante el proceso "TIG" efectúa la unión del metal por medio del calentamiento que produce el Arco Eléctrico. Una terminal es generalmente un electrodo de Tungsteno y la otra es la pieza a soldar que se va a trabajar. El Arco Eléctrico es protegido de la contaminación de la atmósfera, mediante la pantalla de un gas inerte. El Electrodo de Tungsteno es una varilla de color gris de metal muy duro, denso y difícilmente fusible: puede contener una adición del 1% al 2% de Thorio, estos aumentos le aportan capacidad y mejoran sus cualidades, sin embargo los electrodos de Tungsteno puro son recomendables para la soldadura de aluminio, esto es por que la punta se derrite a formar una bola, de manera que esta permite aumentar la estabilidad del Arco. El Tungsteno fue seleccionado como material del electrodo por su característico alto punto de fusión (6000°F). El Arco Eléctrico es una fuente intensa de calor, que es conducida por un gas caliente llamado plasma, este plasma es gas ionizado, contiene casi igual número de electrones y de iones. Los electrones mantienen la mayor parte de la conducción de corriente y fluyen del cátodo o terminal negativa al anodo o terminal positiva. Los iones fluyen en la dirección opuesta, de la terminal positiva a la terminal negativa; esas partículas iónicas están cargadas positivamente y son átomos que han perdido uno a más de sus electrones orbitales.

## **METALES EN LOS QUE ES NECESARIO USAR EL PROCESO "TIG" PARA SOLDAR AUN A ALTOS COSTOS.**

Por lo que toca a los metales que a continuación citamos según su importancia, tenemos al aluminio en sus especificaciones americanas que son el 1100, 3003, 3004, 5050, 5052, 5154, 5254, 5083, 5084, 5456, 6061, etc.; cuyo uso cada día se diversifica como metal que es considerado del futuro, destacando principalmente en la arquitectura moderna, lo encontramos también en instalaciones de la industria Química en sus tuberías y depósitos, lo tenemos también en grandes techados, maquinaria diversa, monoblocks y partes para motores de combustión, en la Industria de Refrigeración, Industria de Envases en General, etc. Teniendo su principal característica de liviano. También es indispensable la aplicación del proceso "TIG" en

---

el soldado de aleaciones de aluminio con el magnesio y con el antimonio; pues encontramos muchas partes de estos metales en la industria Automotriz, Industria Fabricante de Aparatos Domésticos, Cerrajería, etc., en cuyo caso casi siempre se emplea con buenos resultados para su reparación y mantenimiento.

## ACERO INOXIDABLE

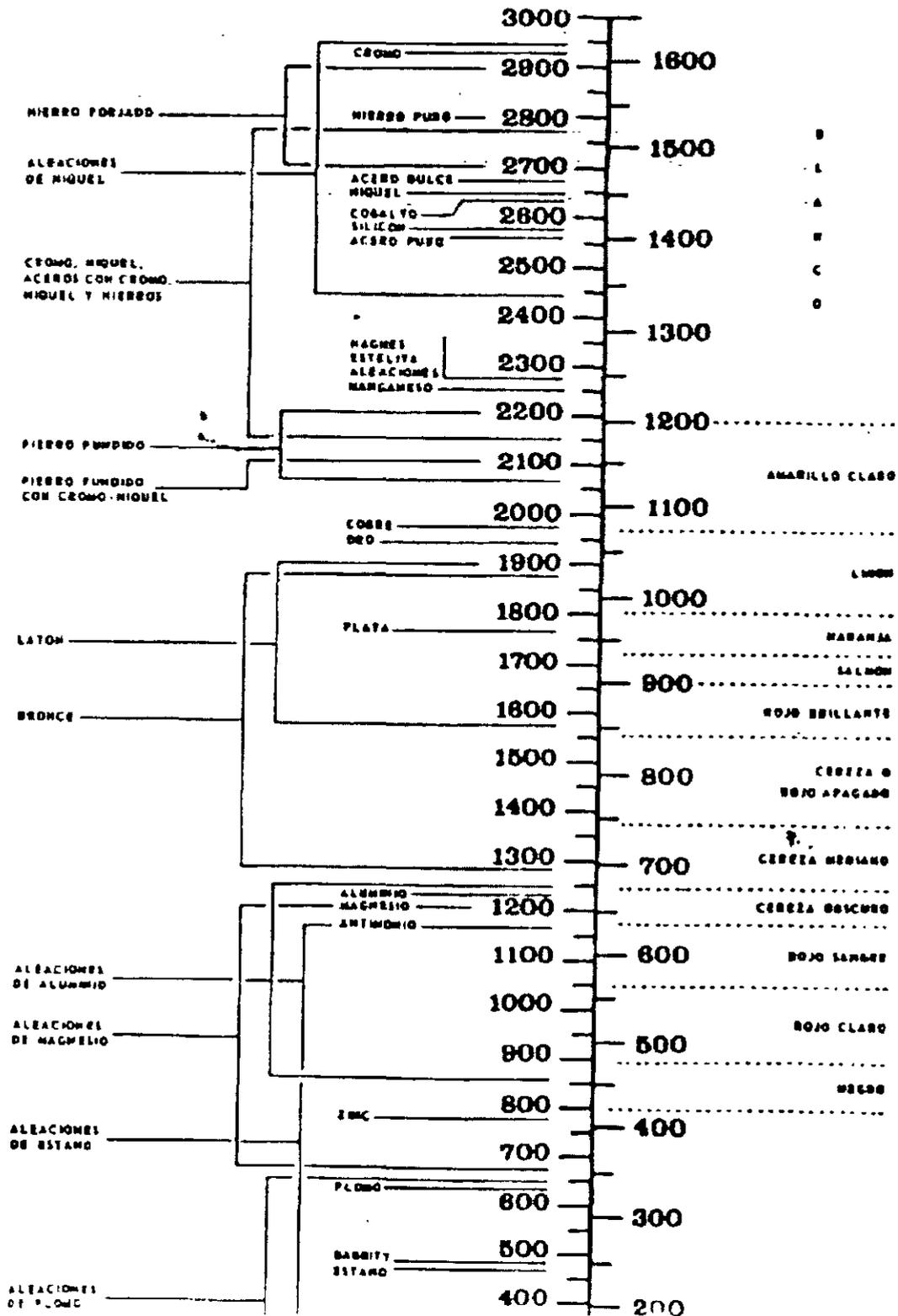
Es asombroso el tributo que los países industriales han tenido que pagar a la corrosión y entonces el uso de este metal cada día es mayor y necesario para la protección de objetos o materiales que pueden ser estropeados debido a este ataque que producen las condiciones climáticas principalmente, así como una gran variedad de elementos químicos, sobre todo los ácidos húmicos.

## COBRE

Se trata de uno de los metales más antiguos descubiertos por el hombre, siendo de los más preciados por ser de los que se pueden poner en forma por el mayor número de procedimientos posibles, que pueden fundirse, son maleables en caliente, en frío, que no se agrietan, no hacen escamas, que dejándose moldear a voluntad, vuelven a encontrar una vez acabados, las mejores propiedades elásticas. También aleaciones metálicas tomando en cuenta que ésta es una mezcla obtenida por fusión, las cuales resultan del deseo de mejorar las propiedades del metal puro. Siendo de uso más común el proceso "TIG" en Bronce, latón, Aluminio con Magnesio, Antimonio, que se encuentran sobre todo en partes de fundición, en este caso el proceso "TIG" es más indicado para reparaciones de mantenimiento. En el método de soldar por medio del proceso "TIG" también es muy necesario saber el punto auténtico de los metales y cuya tabla en grados proporcionamos a continuación, debido a que de este dato partiremos para tener la base que nos da la idea del equipo que vamos a requerir en un momento dado de acuerdo al espesor del material. Consulte la tabla descrita a continuación.



## PUNTOS DE FUSION DE METALES Y ALEACIONES DE IMPORTANCIA GRADOS F. CENTIGRADOS ESCALA DE COLORES



Esta tabla no solo enlista 105 Puntos de fusión de varias aleaciones y metales sino también sirve para convertir grados centígrados a grados Fahrenheit y viceversa. Además, en el extremo derecho de la escala da las designaciones de color comúnmente usadas al juzgar las temperaturas de los metales calientes por su color.

## PUNTOS DE FUSION

*PUNTOS DE FUSION.* Para los soldadores debe resultar útil esta tabla porque contiene información básica para el trabajo de metales a altas temperaturas refiriéndose a ella; por ejemplo, nos muestra porqué el aluminio y sus aleaciones, por su bajo punto de fusión, dan poca o ninguna indicación cambiando de color cuando se acercan a la temperatura de soldar. Por otro lado, el alto punto de fusión del hierro forjado nos explica porqué mucho más calor se requiere para soldar este material que el calor necesario para soldar el fierro fundido.

## ESCALA DE TEMPERATURA POR EL CALOR

*ESCALA DE TEMPERATURA POR EL CALOR* Otro uso de esta tabla es la valoración de la temperatura por el color; por ejemplo, las instrucciones recibidas piden que la pieza se precaliente a 1,100°F antes de soldar, si no se tiene a mano un termocople u otro medio para determinar con precisión las temperaturas elevadas, al referirse a la carta se verá que a los 1100°F la pieza debe tener un color rojo sangre. Con una poca de experiencia, el ojo puede hacer estimaciones bastante aproximadas a la realidad. A este respecto, hay que hacer la aclaración que la escala de colores para observaciones deberá usarse en un lugar bastante oscuro y sin usar anteojos de soldador; conforme aumente la luz los grupos de color de la escala se aplicarán a temperaturas más altas.

## DATOS PARA CONVERSION

Finalmente, la tabla es un medio fácil para convertir grados Farenheit a centígrados y viceversa. Suponiendo que se esta familiarizado con la escala Fahrenheit y las instrucciones nos piden que la pieza se tiemple a 900°C, al ver la tabla inmediatamente se verá que equivale aproximadamente a 1,650°F.



---

## EQUIPO PARA SOLDAR CON EL PROCESO "TIG".

Se describirá brevemente las máquinas soldadoras que se emplean y sus razones especiales en cuanto a las distintas corrientes eléctricas que nos deben suministrar como fuentes de poder.

Se considera como una máquina soldadora para proceso "TIG" la que reúne en un sólo paquete o gabinete, un transformador de corriente alterna que esté tan bien construido que proporcione desde 5 amps. hasta 500 amps., que son los rangos ideales para soldar desde laminilla hasta placa gruesa.

### CORRIENTE ALTERNA

Los términos positivos y negativos pierden su significado en la corriente alterna, así como las conexiones en soldadura son simplemente llamadas electrodos y trabajo: las normas en transformadores de soldadura de corriente alterna, tienen una variación de voltaje entre 70 y 80 Volts de circuito abierto en el Arco. Dichas soldadores tienen una unidad de alta frecuencia de voltaje alto, que se necesita sobre puesto al voltaje de soldadura para la estabilización del Arco, sobre todo en el soldado del Aluminio. Este paquete también contiene un banco rectificador de la corriente alterna, para que nos proporcione esta máquina corriente continua, a dicha corriente si puede cambiársele su polaridad.

En polaridad directa los electrones mantienen la mayor parte de la conducción de la corriente y fluyen del cátodo a terminal negativa a el anodo o terminal positiva. Los iones fluyen en la dirección opuesta de la terminal positiva a la terminal negativa; esas partículas iónicas están cargadas positivamente y son átomos que han perdido uno o más de sus electrones orbitales. La polaridad directa en el proceso de soldadura "TIG" prácticamente se utiliza en todos los metales, con la excepción de los que forman óxidos como el Aluminio.

La polaridad invertida consiste en cambiar el viaje de la corriente mediante las conexiones exactamente opuestas a las de la polaridad directa, quedando el electrodo conectado a la terminal positiva y el trabajo conectado a la terminal negativa.

El paquete también trae un juego de válvulas solenoides actuadas con un switch de control remoto que también conecta la alta frecuencia, pero al actuar los solenoides

abren o cierran el paso del agua por el sistema de enfriamiento del equipo y del gas Argón o Helio.

Dicho switch de control remoto hace que al actuar conecto un control de tiempo para suministrar un postflujo al criterio del soldador, en cuyo tiempo sigue fluyendo el agua y el gas, pues esta es necesario para enfriar el equipo y todo su sistema.

Ya que hemos descrito en una forma somera como debe ser la fuente de poder ideal para el proceso "TIG", cabe hacer la observación de que si no se cuenta con ella, se puede adaptar cualquier otra soldadora que aunque no sea tan completa, nos pueda dar la corriente que se ajuste a sus necesidades y para ello, solo acondicionará una válvula economizadora de gas y agua al sistema del equipo.

Continuando con la descripción del equipo que para el proceso se requiere, también le toca al regulador de Argón con flujometro que lo mencionemos, ya que es el aparato que de acuerdo con las tablas que en éste método encontrará, servirá como gula para dar el flujo de gas Argón adecuado en litros por hora, cabe también la aclaración que en el caso de no contar con un regulador de estos, puede adaptarse con buenos resultados uno de oxigenoterapia.

Hablando de este aparato necesario en el equipo, se impone decir, como llamamos en la descripción del proceso, que el gas Argón y el gas Helio, son los únicos gases protectores del Arco Eléctrico para usarse en la soldadura del proceso "TIG", solos o combinados.

La diferencia básica entre estos dos gases, es su peso atómico y el voltaje del Arco. El Argón es un gas monoatómico, teniendo un Peso atómico de 40 UMA.

El Gas Helio es también gas monoatómico y tiene un peso atómico de 4 UMA, el voltaje del Arco del gas Argón es considerablemente menor que el del gas Helio, por ejemplo: si una longitud constante del Arco de 1/16" (1.6 mm) de pulgada es apropiado, el voltaje del Arco de gas Argón puede ser alrededor de 11 Volts, donde el Arco de voltaje de Gas Helio puede ser de 17 Volts a 300 amps., esto motiva un arco de gas Argón de 3300 vatios y un arco de gas Helio de 5100 vatios, luego el gas Helio es un gas calientísimo para usarse.

Para obtener 5100 vatios con gas Argón, puede requerir una alzada de 465 amps., sin embargo esta corriente ha aumentado el poder de la fuerza del Arco y causa socavado.

El gas Argón produce un Arco más estable que el gas Helio. En la soldadura con el proceso "TIG", la estabilidad del Arco está críticamente a fin de la densidad del

---

ambiente atmosférico, el gas Argón tiene mucha más alta densidad que el gas Helio, por un factor de casi 10 a 1. (Ver en la última página las tablas en relación con su peso, volumen, estado líquido y gaseoso).

Continuando con equipo, viene un importante aditamento indispensable para soldar con este proceso que es el maneral, cuyo papel es el de sujetar el electrodo de Tungsteno, conducirle la corriente nominal y conducir el flujo de gas Argón, para formarle una pantalla protectora al momento de establecer el Arco Eléctrico; el sistema de enfriamiento del agua deberá de ser muy adecuado ya que es exclusivamente para enfriar la cámara de distribución del maneral que estando en condiciones normales de trabajo, se encontrará en extremas condiciones de altas temperaturas, lo mismo que enfriará el cable de corriente eléctrica que esta llegando al Arco. En lugares en que la presión del agua es deficiente, considerando que ésta tarea deberá tener 1 kilogramo de presión en la conexión de salida, es decir donde termina de pasar por la manguera del cable de corriente o en trabajos de obra en el campo donde encontramos casi siempre que estan tratando e soldar en las alturas, o donde el agua escasea; se impone el uso de un recirculador del agua, que a la vez cierre el circuito, la enfríe y mande al sistema, a la presión adecuada.

Recomendamos en estos equipos las boquillas metálicas refractarias debido a que las de cerámica no soportan el uso rudo, ni la cambios bruscos de temperatura.

## **PRECAUCIONES PARA FACILITAR EL USO DEL PROCESO "TIG "**

Para facilitar el uso del proceso de soldadura, el operario debe contar con una área especial, si este método ha de emplearse en producción en serie se aconseja, si el tamaño de las piezas de soldadura lo permiten, se tenga una mesa de trabajo bastante cómoda en cuanto a la postura del operario. De serie posible debe trabajar sentado, ya que el apoyo se refleja en el pulso del operario el cual es definitivo para el buen acabado de la soldadura; hay que evitar también las corrientes de aire, pues dificultan la operación al llevarse el gas. aislar la luz del Arco con biombos o divisiones del resto del taller, el operario al igual que todas las personas que tengan que observar el proceso usarán careta y los cristales oscuros que la misma usen deben ser de la sombra más oscura que las mismas condiciones del local permitan, usará guantes, peto o delantal de cuero, para que se entienda, deberá protegerse al máximo de los rayos que la luz del Arco despido y las radiaciones de alta frecuencia así como para evitar alguna quemadura tanto en la vista, como en alguna otra parte del cuerpo. En el

---

caso de que por falta de precaución se tuviera un accidente, deberá atenderse de inmediato, sobre todo cualquier malestar en los ojos consúltese al médico.

## **TECNICA PARA EL USO DEL PROCESO DE SOLDADURA "TIG "**

### **RECOMENDACIONES**

*Esfera de aplicación.* Debe tomarse nota de que, aunque ciertas recomendaciones son aplicables a la soldadura automática con gas inerte y Arco de Tungsteno están propuestas para la soldadura manual de material hasta de 1/2 pulgada (12.7 mm.).

*Equipo.* Los manerales para soldar pueden ser enfriados con aire o con agua y estos pueden usar boquillas de cerámica o de metal. El tipo enfriado por aire normalmente se emplea para baja corriente, para calibres livianos con ciclos de trabajos cortos. Para corrientes soldadoras de más de 130 amps., debe usarse un maneral enfriado por agua. Para corrientes soldadoras de más de 200 Amps., o cuando se uso continuamente por largos periodos, debe usarse un maneral con boquilla metálica y enfriado por agua a presión.

Los electrodos de tungsteno pueden ser del tipo sencillo o del tipo activado, a juicio del usuario, recordando que debe usarse de acuerdo con la teoría.

El equipo eléctrico requiere muy poco mantenimiento; Pero el maneral y sus conexiones, los reguladores del gas y los switches requieren una inspección metódica buscando deterioros. Deben seguirse las instrucciones de los fabricantes. Hay que tener cuidado de que no haya en las tuberías de agua y de gas averías debidas a quemaduras o causas mecánicas. Todas las conexiones en la línea de gas deben estar escrupulosamente limpias y estas así como los tubos no deben tener humedad ni grasa.

Los electrodos de Tungsteno no deben tener contaminación en sus condiciones y no debe ser excesiva la salpicadura interna. El tamaño de la boquilla usada debe proporcionar una pantalla adecuada de gas a la soldadura.

Los electrodos de Tungsteno no deben tener contaminación en su superficie antes de que se empiece a soldar, y si se contaminan el soldar deben pasarse por un momento sobre material de desperdicio para quitar la contaminación; si con esta no es suficiente debe sacarse el electrodo y esmerilar la punta.



Los cilindros con gas Argón no deben usarse cuando tengan una presión de menos de 1.5 Kgs. por cm<sup>2</sup> porque hay peligro de contaminación atmosférica

## INFORMACION REQUERIDA PARA EJECUTAR UN TRABAJO DE SOLDADURA CON EL PROCESO "TIG"

- Los dibujos, diagramas o planes de trabajo.
- Especificación del metal original.
- Localizaciones, tamaños largos y detalles.

*Esto es:* Forma de junta, ángulo entre caras de fusión, abertura entre caras de fusión, abertura entre partes, etc. De todas las soldaduras pueden usarse símbolos para las formas normales de soldadura, pero deberán darse detalles de cualquier soldadura fuera de lo normal.

- Especificación de la varilla o del alambre de relleno, cuando se utilice.
- Cuando sea necesario hay que referirse al proceso de soldadura.
- Cuando se requieran, dar detalles de cualquier alivio de tensión.

### PREPARACION CONJUNTA

#### *Ensamble para soldar.*

**Para conservar el alineamiento y abertura de lo que se está soldando, las partes deben fijarse por medios mecánicos o por punteo.**

Cuando sea práctico deben usarse guías y manipuladores, para que la soldadura pueda efectuarse en las mejores y mas apropiada condiciones, y para asegurarse que todas las juntas para soldarse este accesibles al operador. Si no se usa una guía, los

bordes deben conservarse alineados durante el ensamble, antes de soldarse, con puntos de soldadura espaciados a intervalos regulares a lo largo de la junta. Para material hasta de 1/8" (3.2 mm) de grueso de la junta, los puntos de soldadura deben fundir el metal en todo su espesor y de preferencia deben estar espaciados entre 2 y 3 pulgadas (51 a 76 mm) en material más grueso el espaciamiento puede ser mayor.

Cuando se puntea material de más de 3/16" (4.8 mm.) los puntos deben fundir enteramente la cara y lados de la "V" a una profundidad de por lo menos dos terceras partes del grueso del metal. En este caso los puntos deben picarse quitándolos antes de hacer la soldadura final.

### ***Acondicionamiento de las caras de fusión.***

Las caras de fusión deben estar libres de grasa, tierra, humedad y excesiva capa de óxido antes de soldarse. Esto usualmente se logra desengrasando o bañando en ácido diluido o ambas cosas seguidas de una fuerte cepillada. Si el metal original está pintado, anodizado o cromado y hay que soldarlo, los bordes junto a la soldadura y el lugar de la tierra (terminal de corriente) deben limpiarse concienzudamente.

### ***Condiciones del tiempo.***

No deben soldarse superficies húmedas como resultado de condensación, lluvia, etc. En tiempo inclemente y especialmente con vientos fuertes, la zona de soldar y el trabajo deben estar debidamente protegidos, las corrientes de aire pueden romper la pantalla de gas y con ello resultar soldaduras porosas o cubiertas de óxido. Pueden usarse biombos sencillos cerca de la superficie preparada. Deben tomarse precauciones para evitar la condensación de los pasajes del gas inerte por que ésto podría causar soldaduras porosas.

### ***Pre calentamiento.***

Aunque generalmente no es necesario el pre calentamiento, puede necesitarse cuando vaya a soldarse material grueso o cuando no son del mismo grueso las dos partes que se van a soldar; en este caso el pre calentamiento debe aplicarse a la parte más gruesa. La temperatura del pre calentamiento debe ser suficiente para asegurar una buena

---

fusión entre la soldadura y el metal original. En cuanto a corrientes señaladas y velocidades de flujo ya que hay una relación para lograr una soldadura limpia, dándole tamaños de varillas de relleno, su medida apropiada así como la del electrodo de Tungsteno.

### ***Formación del Arco.***

Para evitar el chisporroteo de Tungsteno en el trabajo debe formarse el arco ya sea en una pieza del mismo material que se va a soldar o sobre un bloque de carbón, y el electrodo debe ponerse a temperatura de trabajo antes de iniciar las soldadura.

## **GAS ARGON**

### ***Calidad.***

Solo debe usarse Argón de calidad para soldar y la cantidad de impurezas no debe exceder de una parte en 200 (500 partes por un millón) por volumen, en trabajos al aire libre debe aumentarse un poco el flujo.

### ***Prueba De Inspección.***

Las soldaduras que no tengan la calidad especificada deberán ser quitadas, nuevamente ejecutadas y vueltas a inspeccionarse.

HELIO							
PESO DEL LIQUIDO O GAS		VOLUMEN DE LIQUIDO A PUNTO DE EBULLICION NORMAL				VOLUMEN DE GAS A 700F	
LIBRAS	KILOGRAMOS	PIES 3	LITROS	CUARTOS	GALONES	PIES 3	METROS 3
1.000	0.454	0.1282	3.631	3.837	0.959	96.72	2.739
2.205	1.000	0.2827	8.006	8.460	2.115	213.23	6.038
7.798	3.537	1.0000	28.316	29.922	7.481	754.2	21.357
0.275	0.125	0.0353	1.000	1.057	0.264	26.63	0.754
0.261	0.118	0.0334	0.946	1.000	0.250	25.21	0.714
1.042	0.473	0.1337	3.785	4.000	1.000	100.82	2.855
1.034	0.469	0.1326	3.7541	9.967	0.992	100.00	2.832
0.365	0.166	0.0468	1.326	1.401	0.350	35.31	1.000

ARGON							
PESO DEL LIQUIDO O GAS		VOLUMEN DE LIQUIDO A PUNTO DE EBULLICION NORMAL				VOLUMEN DE GAS A 700F	
LIBRAS	KILOGRAMOS	PIES 3	LITROS	CUARTOS	GALONES	PIES 3	METROS 3
1.000	0.454	0.0115	0.326	0.344	0.086	9.67	0.274
2.205	1.000	0.0253	0.718	0.758	0.190	21.32	0.604
86.98	39.453	1.0000	28.316	29.922	7.481	841.2	23.320
3.072	1.393	0.0353	1.000	1.057	0.264	29.71	0.841
2.907	1.319	0.0334	0.946	1.000	0.250	28.11	0.796
11.628	5.274	0.1337	3.785	4.000	1.000	112.45	3.184
10.340	4.690	0.1189	3.366	3.557	0.889	100.00	2.832
3.652	1.656	0.0420	1.189	1.256	0.314	35.31	1.000

---

## SOLDADURA BAJO EL AGUA

*La soldadura bajo el agua se inició durante la primera guerra mundial, cuando la marina inglesa hizo reparaciones temporales a sus barcos de guerra. Estas reparaciones consistían en soldar alrededor de los remaches con fuga de los cascos de los buques.*

*El advenimiento de los electrodos recubiertos hizo posible soldar alrededor de los remaches con fugas de los cascos de los buques, también hizo posible soldar bajo el agua y producir soldaduras aproximadamente con 80% de resistencia y 40% de ductilidades de las soldaduras ejecutadas al aire. La soldadura bajo el agua al principio estaba restringida a operaciones de salvamento y a trabajos de reparación de urgencia y las limitaciones a profundidades menores de 10m. En la soldadura bajo el agua se han hecho avances considerables en años recientes. La soldadura bajo el agua se puede subdividir en dos categorías principales: la soldadura en ambiente húmedo y soldadura en ambiente seco. La soldadura en ambiente húmedo se usa principalmente para reparaciones de emergencia u operaciones de salvamento en agua relativamente superficial.*

### Soldadura en ambiente húmedo.

*La calidad deficiente de estas soldaduras se debe al problema de la transferencia de calor, la visibilidad del soldador y la presencia de hidrógeno en la atmósfera del arco. Cuando el metal base y la zona del arco están completamente rodeados de agua, no hay en la unión acumulación de calor y aumento de la temperatura del metal base. La alta temperatura, se reduce la calidad del metal de soldadura. La zona del arco está compuesta por una alta concentración de vapor de agua. La atmósfera del arco, de hidrógeno y oxígeno del vapor de agua, queda adsorbida en el metal fundido de la soldadura y contribuye a la porosidad y a la fractura por hidrogeno.*

*Además, las soldaduras que trabajan bajo el agua están limitados en su capacidad para ver manipular el arco de soldar. Bajo condiciones ideales, las soldaduras producidas, en ambientes húmedo con electrodos cubiertos, son marginales. Pueden usarse durante cortos periodos, pero se deben sustituir con soldaduras de buena calidad tan rápidamente como sea posible. Los adelantos en los electrodos para*

*soldar bajo el agua están mejorando la calidad de las soldadura en ambiente húmedo. Se han hecho esfuerzos para producir una burbuja de gas dentro de la que se pueda hacer la soldadura. Esta técnica no ha podido asegurar soldaduras de buena calidad con electrodos cubiertos en ambiente húmedo.*

*La fuente de poder siempre debe ser una máquina de corriente directa, con una capacidad de 300 o 400 A. A menudo se usan máquinas de soldar de motor generador para trabajos bajo el agua y en ambiente húmedo. Se debe conectar el bastidor o tierra de la máquina de soldar con el barco. El circuito de soldadura debe incluir un interruptor de positivo, generalmente un interruptor de cuchillas, que se maneja desde la superficie bajo el mando del buzón-soldador. El intrruptor de cuchillas en el circuito del electrodo debe ser capaz de cortar la totalidad de la corriente del soldar. Se necesita por razones de seguridad. La corriente de soldar debe conectarse al porta electrodo sólo cuando el soldador esté soldando. Se usa corriente directa con electrodos negativo (polaridad directa). Se emplean portaelctrodos para soldar bajo el agua tiene cavidad para dos tamaños de electrodos, generalmente de 4.8mm (3/16"). Los tipos de electrodos que normalmente se usan cumplen con la clasificación AWS E6012, y deben ser impermeables.*

*> Esto se hace envolviendo con cinta impermeable o sumergiéndolos en una mezcla de silicón de sodio u otro material impermeable. Hay a la venta electrodos para soldar bajo el agua.*

*El conductor para soldar y la tierra deben ser por lo menos cables 2/0, y el aislamiento debe ser perfecto. Si la longitud total del cable rebasa los 100m, deben colocarse dos en paralelo. Con los conductores en paralelo hasta el porta electrodo, el último metro puede ser de cable sencillo. Todas la conexiones deben estar aisladas cuidadosamente para que el agua no pueda llegar a hacer contacto con las paredes metálicas. Si se fuga el aislamiento, el agua de mar hará corriente con el metal conductor y parte de la corriente se fugará y no estará disponible en el arco. Además, habrá una rápido deterioro del cable de cobre en la fuga. El cable de tierra debe conectarse a la pieza de trabajo que se vaya a soldar a una distancia menor de 1m del punto donde se suelda; este soplete está completamente aislado y usa abrazadera para sujetar el electrodo. Incluye una válvula de oxígeno y las conexiones para fijar el cable de soldar y una manguera de oxígeno. Está equipado para manejar electrodo tubular hasta de 7.9mm (5/16") en este proceso se inicia el arco del modo normal y él oxígeno se alimenta a través del agujero central del electrodo para dar la sección de corte. Se emplean las mismas conexiones eléctricas que ya se mencionaron.*

---

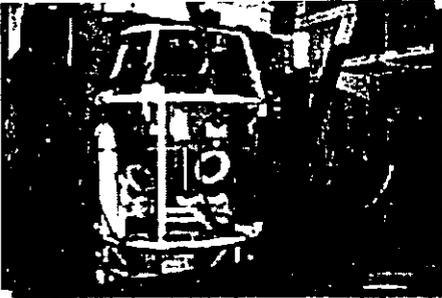
***El manual técnico de la Marina Norteamericana "Underwater Cutting and Welding" proporciona información completa sobre el corte y la soldadura bajo el agua con electrodos cubiertos.***

***La necesidad de producir soldaduras de alta calidad bajo el agua ha ido en aumento a medida que el petróleo y gas se encuentran en aguas profundas. La mayoría de las exploración en alta mar, la perforación y la producción se hacen hasta hace poco en aguas que tenían una profundidad de 10 a 16 metros. Cuando hay que reparar una tubería, se levanta a la superficie, se repara y se baja de nuevo hasta el fondo del océano. La exploración, la perforación y la producción se están trasladando a aguas más profundas, hasta los 300m. Se deben hacer modificaciones y trabajar en el fondo del océano. Se dañan más tuberías (Submarinas en el fondo) y hay la necesidad de hacer conexiones en las tuberías submarinas en el fondo del océano. Las reparaciones y las conexiones deben tener soldaduras de alta calidad para evitar la posibilidad de fugas o de que se vierta el petróleo. Actualmente este tipo de trabajos se lleva a cabo a profundidades de 61 a 182m.***

## **Soldadura en ambiente seco.**

***El progreso de la soldadura en seco, o sea en un ambiente seco bajo el agua, hace posibles producir uniones soldadas de alta calidad que cumplen los requisitos de reglamentos y de rayos X. Se están usando varios procesos de soldadura para soldar en seco:***

***El arco metálico con protección, el arco metálico con gas y el arco con núcleo de fundente, el arco de tungsteno con gas, el arco de plasma rara vez se usan el arco de metal con pantalla para soldar en seco, debido a la gran cantidad de humos que se producen. Cuando se usan electrodos cubiertos deben emplearse sistemas extensivos de movimiento, filtración y refrigeración del aire. El proceso de soldadura por arco de tungsteno con gas se usa para producir soldaduras que cumplan con los requisitos de calidad de la norma API 1104. se usan a profundidades de más de 91 metros. El proceso por arco de tungsteno con gas relativamente lento, pero es aceptable porque la operación de soldaduras es una pequeña parte de toda la reparación en general.***



*Se están llevando a cabo esfuerzos para lograr mayores adelantos en el proceso de plasma para trabajos en aguas profundas.*

*Se han utilizado con éxito la soldadura por arco metálico con gas en seco, a profundidades tan grandes como 51 metros. Hay dos tipos básicos de soldaduras submarina en seco. La soldadura hiperbárica, emplea una cámara de soldar o hábitat. El hábitat, o gran cámara de soldadura, proporciona al soldador-buzo todo el equipo necesario para soldar y para los trabajos relacionados en un ambiente seco. La cámara de soldar se hace de tal modo que se puede sellar a la parte por soldador. Como la mayor parte de este trabajo es un tubo, se hacen las adaptaciones para sellar el hábitat al tubo.*

*El fondo de la cámara está expuesto al agua y se cubre con una rejilla. La presión de la atmósfera dentro de la cámara es igual a la presión del agua a la profundidad de operación.*

*El equipo comprende teléfono para recibir llamadas (teléfono en dos sentidos), cámara de video para observación continua, atmósfera respirable para el buzo-soldador (que puede ser distinta de la atmósfera para soldar), energía para hacer trabajar las herramientas y para la soldadura, y el suministro de gas para la atmósfera de soldar. Los hábitat generalmente tienen un sistema de acondicionamiento de la atmósfera en la cámara. Es importante el filtrado porque se libera vapor metálico durante la soldadura. Se emplea el aire acondicionado por que se genera calor en la soldadura. Para la soldadura con arco metálico con gas generalmente la fuente de poder está en la superficie. Se baja los cables de soldar hasta el hábitat para conducir la corriente de soldar al arco. El alambre de electrodo y el alimentador de alambre, así como la unidad de control están dentro del hábitat, se debe proteger el alimentador de alambre de las condiciones de alta presión y mucha humedad en la*

---

*cámara. El alambre de electrodo también se debe proteger de la humedad.*

*El gas para respirar y para soldar se "diseña" para que resista presiones altas. La presión en el hábitat aumenta a una atmósfera, o 1.03 Kg/cm<sup>2</sup>, 024.7 lbs/plg (psi) por cada metros de profundidad, en agua de mar. La presión del agua se debe igual con la atmósfera dentro del hábitat. La alta presión causa problemas a la cuadrilla y la soldadura. Con la soldadura con arco metálico con pantalla el problema hace que sea necesario eliminar y filtrar generalmente muy poco humo, pero el gas inerte que sea usa para la soldadura descompensa la atmósfera rapirable. La atmósfera respirable del trabajo. Se usa gas premezclado y el contenido de oxígeno depende de la*

*La soldadura por arco metálico con gas dentro de un hábitat impone problemas específicos. En aguas superficiales soldadas en el hábitat es esencialmente igual que soldar en la superficie. Cuando se suelda a profundidades de 35m, la presión es de unas 4 atmósferas (unos 4 kg/cm<sup>2</sup> manométricos). La calidad del metal de soldadura es esencialmente la misma que la de las soldaduras en la superficie; sin embargo, aumenta el voltaje de soldadura y penetración del cordón de soldadura. Al aumentar la profundidad, la presión atmosférica es mayor y el arco quedará más estrecho, lo que conduce a un mayor voltaje en el arco que hace más difícil al manejo del charco de soldadura. A profundidades mayores a 25 metros, el charco de soldadura es más difícil de controlar y se genera una mayor cantidad de humo. Se necesitan fuentes de poder especiales.*

## SOLDADURA EN AMBIENTE HÚMEDO Y SECO

# MANUAL DEL DIPLOMADO EN ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO





## PROBLEMAS TÉCNICOS RELACIONADOS A LA PROFUNDIDAD.

### Problemas técnicos.

Al incrementar la profundidad de operación de los efectos de la presión en los procesos de unión son de gran importancia.

Un arco de soldadura es una descarga eléctrica sostenida a alta temperatura, una columna de conductividad eléctrica que es producido por una corriente relativa y bajo voltaje.

Al aumentar la profundidad la presión hidrostática aumenta entonces se requiere de un mayor voltaje para mantener la longitud del arco constante.



---

**PROCESOS DE ARCO.** Estos incluyen procesos como SMAW, GTAW, GMA, arco sumergido, arco de plasma, etc.

**SOLDADURA DE TRAVESAÑO.** El operador simplemente jala el travesaño a la pistola, se presiona contra la pieza de trabajo y se jala el gatillo.

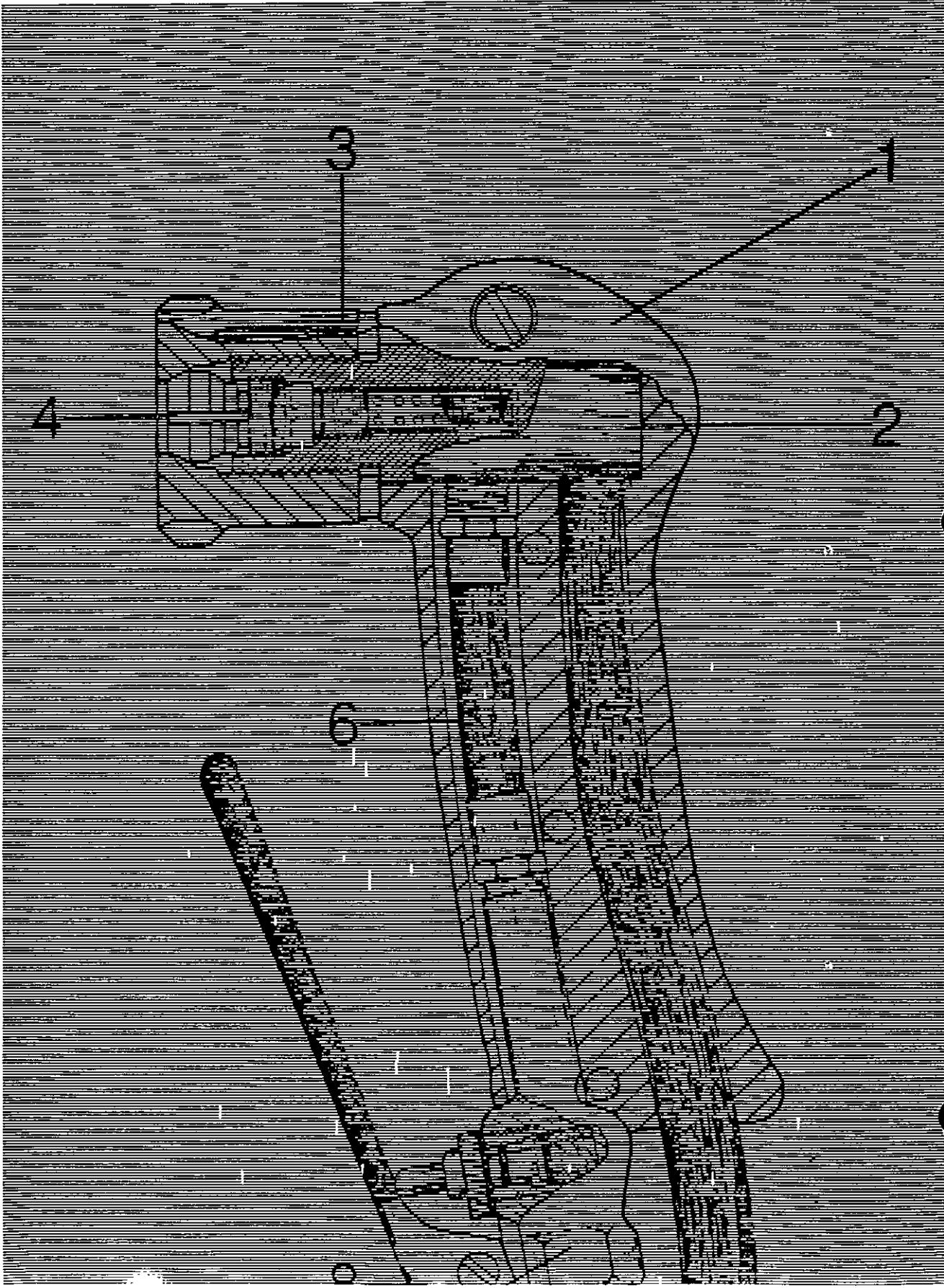
### DISCUSIONES DE ALGUNAS MATERIAS RELACIONADAS A LA SOLDADURA.

**SIMULADOR DE PROFUNDIDAD.** Para asegurarse que la soldadura hecha en un hábitat seco tiene propiedades metalúrgicas y mecánicas satisfactorias varios procesos de soldadura necesitan ser probados bajo condiciones que simulan las de bajo el agua.

**EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA.** En los primeros años había pocas diferencias en los procesos que se utilizaban a profundidades de menos de 18 metros. En el proceso SMAW se usaban a electrodos con poco hidrógeno. El proceso GTAW se usa exclusivamente por la raíz para el paso del primer llenado también.

Los procesos automáticos y semiautomáticos se desarrollan eficientemente en la alineación y llenado de las juntas.

# MANUAL DEL DIPLOMADO EN ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO



**LISTA DE PARTES DE LA ANTORCHA**

1. ENSAMBLE DE ASA
2. ENSABLE DE LA CABEZA DE LA ANTORCHA
3. ENSAMBLE DE "COLLET NUT "
4. ENSAMBLE DEL "COLLET"
5. COLLETS (\*STANDARD)
6. ENSAMBLE DEL "COUPLER"
7. ENSAMBLE DE VALVULA DE CONTROL
8. ENSAMBLE DEL BRAZO DE LA VALVULA DE CONTROL

**ACCIDENTES COMUNES DEL BUCEO.**

*De acuerdo a las estadísticas, los accidentes más frecuentes ocurridos en el buceo son ocasionados por el mismo buzo, por ignorancia o exceso de confianza. Por este motivo, consideramos que la forma más efectiva de prevenir o evitar estos accidentes, es mediante su conocimiento, es decir, las causas que lo producen, los efectos que lo ocasionan y la forma de disminuir o contrarrestar sus efectos de alguna persona que los haya sufrido.*

*En forma general estos accidentes pueden clasificarse en dos grupos:*

**1.- Por causas mecánicas:**

- a). Squeeze.
- b). Enfisema.
- c). Neumotax.
- d). Aeroembolia.

**2.- Por causas físicas:**

- a). Narcosis nitrógena.
- b). Bends o enfermedad de caisson.
- c). Por envenenamiento por bióxido de carbono o por oxígeno.
- d). Envebecimiento por monóxido de carbono.

---

## **CAUSAS MECANICAS.**

### **Squeeze:**

**Se le conoce también como barotrauma o golpe de ventosa, y es causado por una diferencia de presiones (interna y externa) en una cavidad de paredes rígidas. Al no poder igualar estas presiones, ocasionan dolor y alteración en las membranas que recubren las paredes de la cavidad. Por lo que podemos encontrar:**

- **1. Squeeze de visor:** *Se debe que ha medida que el buzo desciende aumenta la presión hidrostática (exterior) mientras que la existente dentro del visor (interior) se mantiene constante, ocasionando un vacío sobre la cara del buzo, que cuando llega a ser excesivo, produce ruptura de vasos capilares en la conjuntiva del ojo, y en los casos extremos hemorragia conjuntival. Lo mismo puede suceder con la piel de la cara. La manera de evitar este accidente es exhalar aire por las narices a medida que el buzo desciende, cada vez que siente una ligera compresión del visor en la cara, y sin esperar a que esta compresión sea excesiva. Con esta práctica se van igualando gradualmente las presiones internas y externas a medida de que aumenta la profundidad.*
- **2.- Enfisema mediastinal:**

*En este caso el aire se va depositar en el Mediastino, área donde se encuentra el corazón y grandes vasos como arteria aorta, arteria pulmonar, venas cavas. Este aire ocasiona un desplazamiento de estos órganos, produciéndose dificultad para respirar (disnea) o hambre de aire, uñas y labios de color azulado (cianosis distal), dolor retroesternal (interior del esternón) de meidna intencidad, etc.*

- **3.- Enfisema subcutáneo:**

*Cuando el aire se va a alojar debajo de la piel, principalmente en la región apical de los pulmones (arriba de la clavícula y cuello), causando dolor a la altura de los hombros y la piel afectada presenta un sonido acartonado al tocarlo (crepitación). Estos accidentes se pueden evitar no reteniendo la respiración durante el ascenso.*

- 4.- **Neomotórax:**  
*Se debe una ruptura al veolar masiva produciendo ruptura de la pleura y como consecuencia colapso pulmonar. Los sintomas que presenta este accidente son difilcutad para respirar mas acentuada en el enfisema, dolor retroestinal muy intenso, donde el buzo puede quedar el chocx, expectoración muco-sanguinolenta y tinta su azuloso de mucosa y partes distales del cuerpo. La manera de evitar este accidente es respirando normalmente y sin retener el aire durante el ascenso.*
  
- 5.- **Aeroembolia:**  
*Son burbujas de aire que se encuentran circulando, dentro del sistema circulatorio, debido a que cuando se producen, el aire que escapa alcanza un vaso y es transportado por la sangre produciendo énbolos; cuando la permanencia bajo el agua es muy prolongada y ni hay descomprensión adecuada, el nitrógeno absorbido por nuestro organismo que proviene del aire que respiramos del tanque se encuentra disuelto en el sistema circulatorio por su coeficiente de difucion tan bajo, y al ascender y no elimirlo en forma correcta se vuelve a transformar en gas y presenta burbujas. ya producido los énbolos circulan por el torrente circulatorio detenidos en las arterias de poco calibre produciendo un trombo aereo e interrumpiendo la circulacion de dicha area y ocasionando muerte de los tejidos de la zona afectada, que en caso de ser el cerebro produce lesiones irreversibles sus sintomas son: vertigo, transtornos visuales, dolor en el pecho, expectoración espumosa y sanguinolenta, marcha tambaleante, paralisis parcial, inconciencia, y dificultades en el aparato respiratorio. La forma de evitar de evitar este accidente es similar a las anteriores.*

## CAUSAS FISICAS

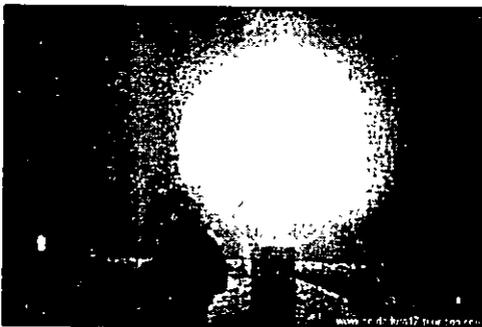
- 1.- **Narcosis Nitrogénica:** *Es causada por el exceso de nitrogéno en la sangre, aunque realmente se desconoce el gas que lo produce, Hanss Keller, soltiene la teoría de que la saturación disular de bioxido de carbono es importante en este accidente. Se manifiesta a partir de los cuarenta metros de profundidad, háciendose más ostensible a medida que aumenta este, aunque se dice que desaparece al estar a menos de cuarenta metros comienza a desaparecer y nunca produce efectos posteriores. Esta afecta el sistema nervioso central. Bajo sus efectos, el buzo se vuelve torpe inhabil tiene dificultad para concentrarse, sus reflejos son lentos, olvida que se encuentra dentro del agua, se torna un individuo depresivo maiatrico. no existe tratamiento, excepto el ascender a una profundidar menor, desapareciendo de esta forma*

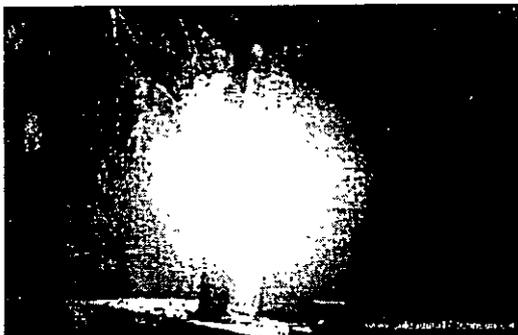
---

*los efectos rápidamente y sin dejar huella.*

- **2.- Enfermedad de Caisson o Benbs:**  
*Se debe al nitrógeno acumulado en los tejidos, a causa del bajo coeficiente de difusión de dicho gas y a medida que aumenta la presión exterior, también será mayor la presión parcial del nitrógeno contenido en el aire que respiramos. Se acumula principalmente en el área espinal y áreas que tienen una escasa circulación. La mayor o menor concentración de N. en el organismo se debe a la profundidad alcanzada y al tiempo de permanencia en el fondo. Si la profundidad también es muy grande la concentración de N. será, también más elevada. Las burbujas de gas así formadas se acumulan en órganos que contienen gran cantidad de grasas como es la columna vertebral, médula espinal y articulaciones. Los síntomas son: inflamación en estructuras afectadas, sensación de quemadura, hormigueo, entumecimiento, dolor intenso en huesos y articulaciones que se vuelven más intensos conforme pasa el tiempo. El tratamiento indicado en la recomendación en cámara hiperbárica.*
- **3. Envenenamiento por dióxido de carbono (black out):**  
*Puede ocasionarse por insuficiente ventilación pulmonar debido al aumento de la densidad de este gas a grandes profundidades. El dióxido de carbono también causa inconsciencia en el buzo, se debe a que el dióxido de carbono es estimulante del centro respiratorio pero en exceso produce la anestesia de este centro. Los síntomas principales son mareo, vértigo y pérdida de la conciencia si la duración es considerable llega a producir daños cerebrales irreversibles.*
- **4.- Envenenamiento por monóxido de carbono:**  
*No es un componente natural del aire, sino un resultado de la combustión de materiales orgánicos como gasolina, diesel o aceite. Este gas penetra en el tanque por falta de lubricación en la compresora o por la toma de aire que no está purificada no hay signos de intoxicación sino hasta que el buzo cae en la inconsciencia y las uñas, piel y labios se tornan rojizos. El tratamiento indicado es la administración de oxígeno pudiendo quedar algunas molestias temporales como dolor de cabeza o náuseas. Después de haber detallado los accidentes que pueden sucederle a los que practican el buceo, quizás alguien piense dedicarse a otra actividad que represente menos peligro.*

*Esta acitividades de soldadura subacuatica, fueron tomadas en el cecyt 7 "Cuauhtemoc" De la Ciudad de México, con motivo de la segunda semana de la soldadura industrial, el evento conto con mucha participación de los estudiantes, tanto de gente de fuera que deseava apoyar. Estas actividades se desarrollaron en la alberca del cecyt*



**SISTEMA AUTOMATICO PARA SOLDADURA POR PUNTO.****AUTORES:**

Jacinto	Contreras	Llamas
José	Rafaél	García
Fernando	Ladislao	Ramirez
Angelberto	Rosales	Mayorga

**ASESORES:**

Ing. Roberto	Cardenas	Rodriguez
Ing. Carlos	Gonzalez	Regalado

**RESUMEN.**

El diseño que se tiene en desarrollo consta de dos partes; una se trata de una enderezadora y cortadora de alambre de diferentes calibres y medidas y la otra se refiere a la parte de control de mecanismos, interfaces y proceso de soldado de la pieza a fabricar.

La idea de desarrollar este proyecto, surgió con el fin de aumentar la producción, reducir la cantidad de operadores a solo uno y garantizar mayor seguridad de dicho operador.

Básicamente consiste en fabricar rejillas rectangulares de alambre que servirán como materia prima para armar jaulas avícolas. Consiste en controlar la máquina punteadora desde la PC, en la que se tendrá el programa que gobernará tanto el proceso de soldado, así como todo el hardware del sistema.

**INTRODUCCION**

El control automático ha jugado un papel vital en el avance de la ciencia y de la tecnología. Además de su extrema importancia en áreas como Ingeniería militar, Aeronáutica, Robótica y otras, el control automático se ha vuelto parte integral e importante de los procesos industriales y de manufactura modernos. Por

ejemplo, el control automático resulta esencial en el control numérico de las máquinas en la industria. También resulta esencial en operaciones industriales como el control de presión, temperatura, humedad, viscosidad, etc. y brinda medios para lograr el funcionamiento óptimo de sistemas dinámicos, mejorar la productividad, liberarse de la monotonía de muchas operaciones manuales rutinarias y repetitivas.

El diseño que estamos desarrollando se refiere a la automatización de una punteadora que es manual en principio. Dado que en la actualidad el aumento y la eficiencia en la producción se ha hecho de primer nivel, en la mayoría de los procesos industriales se ha enfatizado por la automatización, dado que disminuye el número de operadores en las máquinas y por consecuencia bajan los costos de la producción.

Con el gran desarrollo de la tecnología en diversas áreas como la electrónica, comunicaciones, computación, informática, etc. y con la gran variedad de dispositivos electrónicos y de control, la automatización en diversas áreas se ha hecho mas versátil y accesible.

Los dispositivos mas utilizados en automatización y control, son microprocesadores, microcontroladores y dispositivos lógicos programables (PLC's, PAL's, GAL's, PLD's, etc.). Los hay de diferentes marcas y capacidades, siendo este último término el factor en el que el diseñador se basa para decidir que dispositivo utilizar de acuerdo a sus necesidades y en base a los costos que se originan.

---

### **FUNDAMENTACION.**

La cortadora y enderezadora de alambre es accionada por un pistón neumático el cual es controlado por medio de un microcontrolador. La punteadora funciona de tal forma que una vez colocados los alambres sobre la estructura que define la forma y el tamaño de la pieza, es controlado el proceso de soldado en los diferentes puntos x,y desde la PC a través del microcontrolador. El movimiento en x,y de la estructura que define la pieza, es accionado por dos motores a pasos, uno para el movimiento en x y otro para el movimiento en y. La máquina punteadora se alimenta con 220 Vac y maneja una potencia de 15 KVA. Los motores a pasos se alimentan con 12 Volts y los pulsos que reciben del microcontrolador son amplificados por una interfase de potencia.

---

### **TEORIA BASICA UTILIZADA:**

#### **DEFINICIONES:**

**CONTROL:** Control significa medir el valor de la variable controlada del sistema y aplicar al sistema la variable manipulada para corregir o eliminar la desviación del valor medido, respecto al valor deseado.



**SISTEMA:** Un sistema es una combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen determinado objetivo.

**SISTEMA DE CONTROL:** En los sistemas de control de procesos se usan con frecuencia controles programados o dispositivos que puedan ser fácilmente programados. Lo que a menudo se utiliza por su facilidad y versatilidad de programación son los microcontroladores y PLC's.

El proyecto consiste básicamente de dos partes estructurales:

**-PARTE ELECTROMECHANICA:** Consiste en el desarrollo e implementación de estructuras mecánicas e interfaces electrónicas para el acoplamiento de los distintos elementos que conformarán el sistema en general.

**-PARTE DE PROGRAMACION:** Consiste en el desarrollo de los programas que determinan la secuencia de operaciones y movimientos; son el medio mediante el cual se controlan los dispositivos.

---

## PARTE ELECTROMECHANICA

**INTERFASES DE POTENCIA:**

Es un circuito que proporciona ganancia de corriente, esto es que amplifica los pulsos que provienen del puerto del microcontrolador que son de entre 15 y 20 mA y que llegan a cada una de las fases de los motores a pasos que demandan un consumo de corriente de hasta 500 mA.

### SECUENCIA DE LOS MOTORES A PASOS:

Paso	Bobinas	Binario	DEC	HEX
Bobina 1:	Rojo/Blanco	1 0 1 0	10	A
Bobina 2:	Rojo	0 1 0 1	9	9
Bobina 4:	Verde/Blanco	0 1 1 0	6	6

Comun

1:

Negro

Comun 2: Blanco

---

## PARTE DE PROGRAMACION



---

**CARACTERISTICAS DEL MICROCONTROLADOR 8031**

El Microcontrolador 8031 pertenece a la familia de procesadores de INTEL; es un dispositivo que en su estructura interna consta de:

- CPU de 8 bits.
- Procesador booleano(operacion sobre bits).
- 4 puertos de 8 bits.
- 128 bytes de memoria RAM para usuario y 256 bytes incluyendo el SFR.
- Espacio de memoria de 64 Kbytes para programa externo.
- Espacio de memoria de 64 Kbytes para datos externos.
- Comunicacion asincrona full-duplex.
- 5 fuentes de interrupciones con niveles de prioridad.
- 2 interrupciones externas.
- 2 interrupciones de los timers.
- Una interrupcion de la comunicacion serie.
- Oscilador interno.

**FORMATO DE PROGRAMACION:**

```
TITLE "MOTOR.ASM"  
INCLUDE "DEFAULT.51"  
ORG 800H
```

**PROGRAMACION EN LENGUAJEC:**

Se utilizara este lenguaje de programación debido a la capacidad que tiene de manejar dispositivos, procedimientos y fácil comunicación con los periféricos de un sistema. Se diseñara un programa que haga posible la comuicación por el puerto serial de la PC para desde ahí manipular el sistema de control del proyecto.

---

**DESCRIPCION DEL PROYECTO :**

Hasta el momento se han desarrollado algunos programas de corrimiento para probar los motores a pasos y se han hecho algunas pruebas con ellos para determinar la precisión y torque que manejan, con el fin de adaptar los mecanismos y la precisión en el diseño de los mismos En cuanto a los dispositivos neumáticos a utilizar, se utilizara un pistón de doble efecto el cual maneja una presion máxima de 15 Bar. Se ha estado tambien diseñando las etapas de potencia, y haciendo algunas pruebas elementales en el manejo de los motores, dado que los motores manejan hasta 500 mA y los pulsos entregados por un microcontrolador son apenas de 15 a 20 mA. Al final se agrega un programa de ejemplo y el diagrama esquemático de una interfase para motores.



---

**CONCLUSIONES:**

El control de sistemas en nuestros días es uno de los medios más eficientes en el desarrollo de la productividad, ya que implica un mecanismo de obtención de buenos resultados y en consecuencia se reducen los costos de producción. Los resultados esperados del desarrollo de este proyecto son aumentar la producción, disminuir los costos de mano de obra, proporcionar al operador condiciones de trabajo más óptimas y más seguras y proporcionar la facilidad de tener una base de datos de lo que se está produciendo.

---

**RECOMENDACIONES:**

Consideramos pertinente se haga una buena evaluación de nuestro proyecto y se tomen las consideraciones adecuadas sobre la revisión de los diferentes puntos desarrollados. Agradecemos de antemano la colaboración de nuestros asesores y diferentes personas que nos apoyan para la realización de este proyecto final.

---

**BIBLIOGRAFIA****1.- INGENIERIA DE CONTROL MODERNO**

*Katsuhiko Ogata*  
*Ed. Prentice Hall.*

**2.- INTRODUCCION A LOS MICROCONTROLADORES**

*Jose Adolfo Gonzalez Vazquez*  
*Ed. Mc. Graw Hill.*

**3.- PROGRAMACION EN TURBO C**

*Borland, Inc.*  
*Ed. Mc. Graw Hill.*

**4.- ELECTRONICA TEORIA DE CIRCUITOS**

*Robert Boylestad*  
*Ed. Prentice Hall.*

## *Análisis de Vibraciones Mecánicas con Propósito de Diagnóstico*

<b>OBJETIVO:</b>	<p>Realizar el diagnóstico de fallas en máquinas rotatorias, así como ofrecer asesoría en la implantación de programas de monitoreo de maquinaria en plantas industriales.</p> <p>Diagnosticar así problemas de desbalanceo, desalineación en rotores, ventiladores industriales, motobombas y otros sistemas rotatorios, así como fallas en chumaceras y sistemas de engranajes. El diagnóstico se realiza utilizando el análisis espectral.</p>
<b>INSTRUMENTAL:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Censores de aceleración</li><li>• Analizador dinámico de señales</li><li>• Generador de señales</li><li>• Osciloscopio</li><li>• Computadoras personales</li><li>• Laboratorio de electrónica</li><li>• Sistema de cómputo en red</li></ul>
<b>REQUERIMIENTOS PARA LA OBTENCIÓN DELSERVICIO:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Visitas de los especialistas del ININ a las instalaciones</li><li>• Manuales técnicos del equipo</li><li>• Descripción del problema</li><li>• Historia del mantenimiento del sistema a diagnosticar</li></ul>
<b>APLICACIONES:</b>	Todos los procesos que empleen maquinaria sujeta a vibraciones mecánicas.
<b>ÁREAS DE INTERÉS:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Industria eléctrica</li><li>• Industria petroquímica</li><li>• Industria del papel</li><li>• Industria del cemento</li><li>• Industria automotriz</li></ul>
<b>VENTAJAS:</b>	Contar con un equipo especializado de diseñadores de dispositivos electrónicos y especialistas en programación de aplicaciones de control, con solo proveer los suministros necesarios para la elaboración de la aplicación.

---

**CONTENIDO**

INTRODUCCION.....	3
Vibración debida a desbalance.....	4
Vibración debida a falta de alineamiento.....	4
Vibración debida a excentricidad de Elementos Rodantes Defectuosos.....	5
Vibración debida a rodamientos de Chumacera defectuosas.....	6
Lubricación Inadecuada.....	8
Vibración debida a Aflojamiento Mecánico.....	8
Vibración debida a las Bandas de Accionamiento.....	8
Vibración debida a problemas de Engranaje.....	9
Vibración debida a Fallas Eléctricas.....	10

---

## INTRODUCCION

La razón principal para analizar y diagnosticar el estado de una máquina es determinar las medidas necesarias para corregir la condición de vibración – reducir el nivel de las fuerzas vibratorias no deseadas y no necesarias. De manera que, al estudiar los datos, el interés principal deberá ser la identificación de las amplitudes predominantes de la vibración, la determinación de las causas, y la corrección del problema que ellas representan.

El siguiente material muestra los diferentes causas de vibración y sus consecuencias, lo cual nos ayudara enormemente para interpretar los datos que podamos obtener , determinado así el tipo de vibración que se presenta y buscar así la debida corrección de las mismas.

### Vibración debida a Desbalance

El desbalance de la maquinara es una de las causas más comunes de la vibración. En muchos casos, los datos arrojados por un estado de desbalance indican:

1. La frecuencia de vibración se manifiesta a 1x las rpm de la pieza desbalanceada.
2. La amplitud es proporcional a la cantidad de desbalance.
3. La amplitud de la vibración es normalmente mayor en el sentido de medición radial, horizontal o vertical (en las maquinas con ejes horizontales).
4. El análisis de fase indica lecturas de fase estables.
5. La fase se desplazará 90° si se desplaza el captador 90°.

**Nota:** el desbalance de un rotor saliente a menudo tiene como resultado una gran amplitud de la vibración en sentido axial, al mismo tiempo que en sentido radial.

### Vibración debida a falta de alineamiento

En la mayoría de los casos los datos derivados de una condición de falta de alineamiento indican lo siguiente:

1. La frecuencia de vibración es de 1x rpm; también 2x y 3x rpm en los casos de una grave falta de alineamiento.
2. La amplitud de la vibración es proporcional a la falta de alineamiento  
La amplitud de la vibración puede ser alta también en sentido axial, además de radial.
3. El análisis de fase muestra lecturas de fase inestables.
4. La falta de alineamiento, aun con acoplamientos flexibles, produce fuerzas tanto radiales como axiales que, a su vez, producen vibraciones radiales y axiales.

**Nota:** Uno de los indicios más importantes de problemas debidos a falta de alineamiento y a ejes torcidos es la presencia de una elevada vibración en ambos sentidos, radial y axial. En general,

cada vez que la amplitud de la vibración axial sea mayor que la mitad de la lectura radial más alta, hay un buen motivo de sospechar la existencia de un problema de alineamiento o eje torcido.

**Los tres tipos básicos de falta de alineamiento en el acoplamiento son:** angular, en paralelo y una combinación de ambos.

**Una falta de alineamiento angular** sujeta principalmente los ejes de las maquinas accionadora y accionada a vibración axial igual a la velocidad de rotación (rpm) del eje.

**La falta de alineamiento en paralelo** produce principalmente vibración radial con una frecuencia igual al doble de la velocidad de rotación del eje.

### **Vibración debida a Excentricidad**

La excentricidad es otra de las causas comunes de vibración en la maquinaria rotativa. Excentricidad en este caso no significa "ovalización", sino que la línea central del eje no es la misma que la línea central del rotor – el centro de rotación verdadero difiere de la línea central geométrica.

La excentricidad es en realidad una fuente común de desbalances, y se debe a un mayor peso de un lado del centro de rotación que del otro.

Una manera de diferenciar entre desbalance y excentricidad en este tipo de motor es medir la vibración con filtro afuera mientras el motor está funcionando bajo corriente. Luego, se desconecta el motor, observando el cambio de la amplitud de vibración. Si la amplitud se reduce gradualmente mientras el motor sigue girando por inercia, es muy probable que el problema sea debido a desbalance. Si, en cambio, la amplitud de vibración desaparece en el momento mismo en que el motor es desconectado, el problema es seguramente de naturaleza eléctrica, y es muy posible que se deba a excentricidad del inducido.

La excentricidad en rodetes o rotores de ventiladores, sopladores, bombas y compresores puede también crear fuerzas vibratorias. En esos casos las fuerzas son el resultado de fuerzas aerodinámicas e hidráulicas desiguales que actúan contra el rotor.

### **De Elementos Rodantes Defectuosos**

Defectos en las pistas, en las bolas o en los rodillos de rodamientos de elementos rodantes ocasionan vibración de alta frecuencia; y, lo que es mas, la frecuencia no es necesariamente un múltiplo integral de la velocidad de rotación del eje. La amplitud de la vibración dependerá de la gravedad de la falla del rodamiento.

**Nota:** la vibración generada por el rodamiento normalmente no es transmitida a otros puntos de la máquina. Por lo tanto, el rodamiento defectuoso es generalmente el que se encuentra más cerca del punto donde ocurre el mayor nivel de vibración de este tipo.

#### **Falla de Rodamientos – Otras causas**

Los rodamientos no fallan prematuramente a menos que alguna otra fuerza actúe sobre ellos; y tales fuerzas son generalmente las mismas que ocasionan vibración.

#### **Causas comunes de fallas en los rodamientos de elementos rodantes:**

- Carga excesiva
- Falta de alineamiento
- Defectos de asientos del eje y/o de las perforaciones en el alojamiento
- Montaje defectuoso
- Ajuste incorrecto
- Lubricación inadecuada o incorrecta
- Sellado deficiente
- Falsa brinelación (Deformación bajo carga)
- Corriente eléctrica

### **Vibración debida a rodamientos de Chumacera defectuosos**

Elevados niveles de vibración, ocasionados por rodamientos de chumacera defectuosos, son generalmente el resultado de una holgura excesiva (causada por desgaste debido a una acción de barrido o por erosión química), aflojamientos mecánicos (metal blanco suelto en el alojamiento), o problemas de lubricación.

#### **a) a) Holgura excesiva de los rodamientos**

Un rodamiento de chumacera con holgura excesiva hace que un defecto de relativamente menor importancia, tal como un leve desbalance o una pequeña falta de alineamiento, u otra fuente de fuerzas vibratorias, se transformen como resultado de aflojamientos mecánicos o en golpes repetidos (machacado).

**En tales casos el rodamiento en si no es lo que crea la vibración;** pero la amplitud de la misma seria mucho menor si la holgura de los rodamientos fuera correcta.

A menudo se puede detectar un rodamiento de chumacera desgastado por "barrido" efectuando una comparación de las amplitudes de vibración horizontal y vertical. *Las maquinas que están montadas firmemente sobre una estructura o cimentación rígidas* revelaran, en condiciones normales, una amplitud de vibración ligeramente más alta en sentido horizontal.

#### **b) b) Torbellino de aceite**

Este tipo de vibración ocurre solamente en maquinas equipadas con rodamientos de chumacera lubricados a presión, y que funcionan a velocidades relativamente altas – normalmente por encima de la segunda velocidad critica del motor.

La vibración debida a torbellinos de aceite a menudo es muy pronunciada, pero se reconoce fácilmente por su *frecuencia fuera de lo común*. Dicha frecuencia es apenas menor de la mitad de la velocidad de rotación (en rpm) del eje – generalmente en el orden del 46 al 48% de las rpm del eje.

El problema de los torbellinos de aceite normalmente se atribuye a diseño incorrecto del rodamiento, desgaste excesivo del rodamiento, un aumento de la presión del lubricante o un cambio de la viscosidad del aceite.

**Se pueden hacer correcciones temporales** modificando la temperatura del aceite (viscosidad), introduciendo un leve desbalance o una falta de alineamiento de manera de aumentar la carga sobre el eje, o rascando y/o ranurando los costados del rodamiento, para desbaratar la "cuña" de lubricante. Desde luego, **una solución más duradera es** reemplazar el rodamiento con uno que haya sido diseñado correctamente de acuerdo a las condiciones operativas de la maquina, o con uno que esté diseñado para reducir la posibilidad de formación de torbellinos de aceite.

*Los rodamientos con ranuras axiales* usan las ranuras para aumentar la resistencia a la formación de torbellinos de aceite en tres puntos espaciados uniformemente. Este tipo de configuración está limitado a las aplicaciones más pequeñas, tales como turbinas de gas livianas y turbocargadores

*Los rodamientos de chumacera de lóbulos* brindan estabilidad contra los torbellinos de aceite al proporcionar tres puntos de concentración de la película de aceite bajo presión, que sirven para centrar al eje.

Los rodamientos de riñón basculante son comúnmente utilizados para las maquinas industriales más grandes, que funcionan a velocidades más altas.

Hay dos causas comunes de vibración que pueden inducir un torbellino de aceite en un rodamiento de chumacera:

1- **Vibración proveniente de maquinaria ubicada en las cercanías:** Puede ser transmitida al rodamiento de chumacera a través de estructuras rígidas, tales como tuberías y cimentaciones. A este fenómeno se le conoce como *Torbellino Inducido por el Exterior*.

2- **Vibración ocasionada por otros elementos de las maquina misma.**

Toda vez que se detecta la vibración característica del torbellino de aceite se deberá realizar una completa investigación de las vibraciones en toda la instalación, incluyendo las fuentes de vibración circunvecina, la estructuras de cimentación y las tuberías relacionadas. Se podrá así quizás descubrir una causa externa de los problemas de torbellino de aceite.

### c) Torbellinos de Histéresis

Este tipo de vibración es similar a la vibración ocasionada por el torbellino de aceite, pero ocurre a frecuencias diferentes, cuando el rotor gira entre la primera y la segunda velocidad critica.

Un rotor que funcione por encima de la velocidad critica tiende a flexionarse, o asquearse, en sentido opuesto del punto pesado de desbalance. La amortiguación interna debida a histéresis, o sea la amortiguación de fricción, normalmente limita la deflexión a niveles aceptables. Sin embargo, cuando acontece un torbellino por histéresis, las fuerzas amortiguadoras se encuentran en realidad en fase con la deflexión, y por lo tanto, acrecentan la deflexión del motor.

Cuando dicho rotor está funcionando por encima de la primera velocidad critica pero por debajo de la segunda, el torbellino por histéresis ocurre a una frecuencia exactamente igual a la primera velocidad critica del rotor.

**Nota:** La frecuencia de formación del torbellino de aceite es levemente menor de la mitad de la velocidad de rotación del rotor.

La vibración ocasionada por un torbellino por histéresis tendrá la misma características que las ocasionadas por un torbellino de aceite cuando la maquina funcione a velocidades superiores a la segunda velocidad crítica del eje. Es decir, que una severa vibración se producirá a una frecuencia levemente menor que 0.5x las rpm del rotor.

**El torbellino por histéresis es controlado** normalmente por la acción de amortiguación provista por los rodamientos de chumacera en si. Sin embargo, cuando la amortiguación estacionaria es baja en comparación con la amortiguación interna del rotor, es probable que se presenten problemas. La solución usual para este problema es aumentar la amortiguación estacionaria de los rodamientos y de la estructura de soporte de los mismos, lo que puede lograrse instalando un rodamiento de riñón basculante o de algún rodamiento de diseño especial. En algunos casos el problema puede ser solucionado reduciendo la amortiguación dada por el rotor – sencillamente, cambiando un acoplamiento de engranajes con una versión sin fricción; por ejemplo, con un acoplamiento de disco flexible.

### **Lubricación Inadecuada**

Una inadecuada lubricación, incluyendo la falta de lubricación y el uso de lubricantes incorrectos, puede ocasionar problemas de vibración en un rodamiento de chumacera. En semejantes casos la lubricación inadecuada causa excesiva fricción entre el rodamiento estacionario y el eje rotante, y dicha fricción induce vibración en el rodamiento y en las demás piezas relacionadas. Este tipo de vibración se llama “**dry whip**”, o sea **látigo seco**, y es muy parecido al pasar de un dedo mojado sobre un cristal seco.

La frecuencia de la vibración debida al látigo seco generalmente es muy alta y produce el sonido chillón característicos de los rodamientos que están funcionando en seco. No es muy probable que dicha frecuencia sea algún múltiplo integral de las rpm del eje, de manera que no es de esperarse ningún patrón significativo bajo la luz estroboscópica. En este respecto, la vibración ocasionada por el látigo seco es similar a la vibración creada por un rodamiento antifricción en mal estado.

Toda vez que se sospeche que un látigo seco sea la causa de la vibración se deberá inspeccionar el lubricante, el sistema de lubricación y la holgura del rodamiento.

### **Vibración debida a Aflojamiento Mecánico**

El aflojamiento mecánico y la acción de golpeo (machacado) resultante producen vibración a una frecuencia que a menudo es 2x, y también múltiplos más elevados, de las rpm. La vibración puede ser resultado de pernos de montaje sueltos, de holgura excesiva en los rodamientos, o de fisuras en la estructura o en el pedestal de soporte.

La vibración característica de un aflojamiento mecánico es *generada por alguna otra fuerza de excitación*, como un desbalance o una falta de alineamiento. Sin embargo, el aflojamiento mecánico empeora la situación, transformando cantidades relativamente pequeñas de desbalance o falta de alineamiento en amplitudes de vibración excesivamente altas. Corresponde por lo tanto decir que el aflojamiento mecánico permite que se den mayores vibraciones de las que ocurrirían de por sí, derivadas de otros problemas.



**Nota:** Un aflojamiento mecánico excesivo es muy probable que sea la causa primaria de los problemas cuando la amplitud de la vibración 2x las rpm es más de la mitad de la amplitud a la velocidad de rotación, 1x las rpm.

### **Vibración debida a las Bandas de Accionamiento**

Las bandas de accionamiento del tipo en "V" gozan de mucha popularidad para la transmisión del movimiento puesto que tienen una alta capacidad de absorción de golpes, choques y vibraciones

Los problemas de vibración asociados con las bandas en "V" son clasificados generalmente por

- Reacción de la banda a otras fuerzas, originadas por el equipo presente, que causan alteraciones.
- Vibraciones creadas por problemas de la banda en sí.

Las bandas en "V" son consideradas a menudo como fuente de vibración porque es tan fácil ver las bandas que saltan y se sacuden entre poleas. Por lo general, el reemplazo de las bandas es a menudo una de las primeras tentativas de corrección de los problemas de vibración.

Sin embargo es muy posible que la banda esté sencillamente reaccionando a otras fuer.zas presentes en la maquina. *En tales casos las banda es solamente un indicador de que hay problemas de vibración y no representan la causa misma.*

La frecuencia de vibración de las bandas es el factor clave en la determinación de la naturaleza del problema. Si la banda está sencillamente reaccionando a otras fuerza de alteración, tales como desbalance o excentricidad en las poleas, la frecuencia de vibración de la banda será muy probablemente igual a la frecuencia alterante. Esto significa que la pieza de la maquina que realmente está causando el problema aparecerá estacionaria bajo la luz estroboscópica del analizador.

**Nota:** Si es defecto de la banda la frecuencia de vibración será un múltipla integral –1,2,3 ó 4 – de las rpm de la banda. El múltiplo verificado dependerá de la naturaleza del problema y de la cantidad de poleas, sea de accionamiento como locas, presentes en el sistema.

Es fácil determinar las rpm de una banda de la siguiente manera:

**Rpm de la banda** =  $(3.14 \times \text{diám. de la polea} \times \text{rpm de la polea}) / \text{longitud de la banda}$ .

### **Vibración debida a Problemas de Engranaje**

La vibración que resulta de problemas de engranaje es de fácil identificación porque normalmente ocurre a *una frecuencia igual a la frecuencia de engrane de los engranajes* – es decir, la cantidad de dientes del engranaje multiplicada por las rpm del engranaje que falla.

Problemas comunes de los engranajes, que tienen como resultado vibración a la frecuencia de engrane, comprenden el desgaste excesivo de los dientes, inexactitud de los dientes, fallas de lubricación y materias extrañas atrapadas entre los dientes.

No todos los problemas de engranajes generan frecuencias de vibración iguales a las frecuencias de engrane. *Si un engranaje tiene un solo diente roto o deformado, por ejemplo, el resultado puede*

ser una frecuencia de vibración de 1x las rpm. Mirando la forma de onda de esa vibración en un osciloscopio conectado con un analizador, la presencia de señales de impulso permitirá distinguir entre este problema y las demás averías que también generan frecuencias de vibración de 1.. las rpm. Desde luego, *si hay más de un diente deformado*, la frecuencia de vibración es multiplicada por una cantidad correspondiente

La amplitud y frecuencia de vibración debida a los engranajes pueden también parecer erráticas a veces. Dicho tipo de vibración errática ocurre normalmente cuando un conjunto de engranajes está funcionando en condiciones de carga muy liviana. En tales condiciones la carga puede desplazarse repetidamente de un engranaje a otro de modo irregular.

Nota: Los problemas de rodamientos son predominantes en el punto de falla de los mismos, mientras que los problemas de engranajes pueden ser detectados en dos o más puntos de la maquina

### **Vibración debida a Fallas Eléctricas**

Esté tipo de vibración es normalmente el resultado de fuerzas magnéticas desiguales que actúan sobre el rotor o sobre el estator. Dichas fuerzas desiguales pueden ser debidas a:

- Rotor que no es redondo
- Chumaceras del inducido que son excéntricas
- Falta de alineamiento entre el rotor y el estator; entrehierro no uniforme
- Perforación elíptica del estator
- Devanados abiertos o en corto circuito
- Hierro del rotor en corto circuito

En líneas generales, la frecuencia de vibración resultante de los problemas de índole eléctrica será 1x las rpm, y por tanto se parecerá a desbalance. Una manera sencilla de hacer la prueba para verificar la presencia eventual de vibración eléctrica es observar el cambio de la amplitud de la vibración total (filtro fuera) en el instante en el cual se desconecta la corriente de esa unidad. *Si la vibración desaparece en el mismo instante en que se desconecta la corriente*, el problema con toda posibilidad será eléctrico. *Si solo decrece gradualmente*, el problema será de naturaleza mecánica.

Las vibraciones ocasionadas por los problemas eléctricos responden generalmente a la cantidad de carga colocada en el motor. A medida que se modifica la carga, la amplitud y/o las lecturas de fase pueden indicar cambios significativos. Esto explica por qué los motores eléctricos que han sido probados y balanceados en condiciones sin carga muestran cambios drásticos de los niveles de vibración cuando vuelven a ser puestos en servicio.

### **TECNOLOGIA AVANZADA PARA MANTENIMIENTO** **Mantenimiento Predictivo**

- Análisis de Vibraciones
- Termografía Infrarroja
- Ultrasonido
- Alineamiento de Maquinaria con Rayo Laser
- Ferrografía

---

---

## **Análisis de Vibraciones**

### **Monitoreo Continuo de Vibraciones**

- DLI DCX On-Line
- Vib-On-Line

### **Instrumentos para Calibración**

- PR-2

### **Servicio de Entrenamiento en Planta para Manejo del Sistema Predict DLI**

### **Medición de Vibraciones**

- Vibrotip
- Vibscanner
- Software TipTrend

## Termografía Infrarroja

**Indigo!**



### Cámaras Portátiles para Termografía Industrial

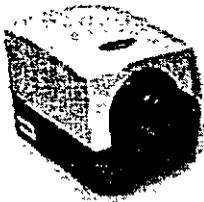
- TVS-620 - Termografía portátil de alta resolución
- IR50 - Termografía a costo accesible
- Thermocorder - Video y termografía en uno (para Omega y Alpha).

### Investigación y Termografía de Alta Resolución

- Cámaras Infrarrojas Merlin - Low Mid y High
- Phoenix - Alta resolución

### Vigilancia, Seguridad y Monitoreo de Procesos

- Alpha
- Omega



### Pruebas No Destructivas

- ThermoSoniX - Detección de Fisuras

### Software para Análisis de Imágenes

- Thermonitor
- Thermagram
- Talon



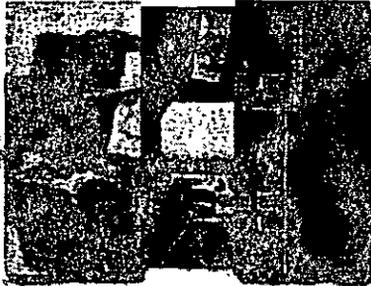
### Termografía Aplicada a Hornos

- ThermoScope SKL



### Termómetros Infrarrojos

- Línea de Termómetros Raytek

**Kits para mantenimiento predictivo**

- Kit 1: Ultrasonido-Vibraciones-RMP-Temperatura
- Kit 2: Ultrasonido-Vibraciones-RMP-Temperatura
- Kit 3: Alineamiento con láser-Vibraciones-RMP-Temperatura
- Kit Avanzado: Ultrasonido-Vibraciones-RMP-Temperatura
- Kit Profesional: Ultrasonido-Vibraciones-Temperatura-Alineamiento con láser